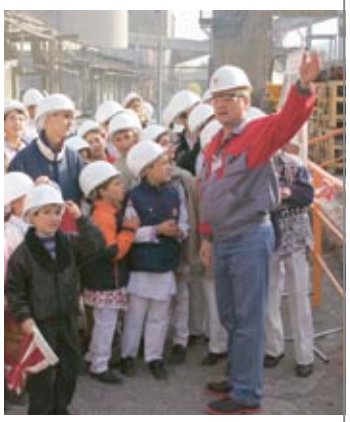
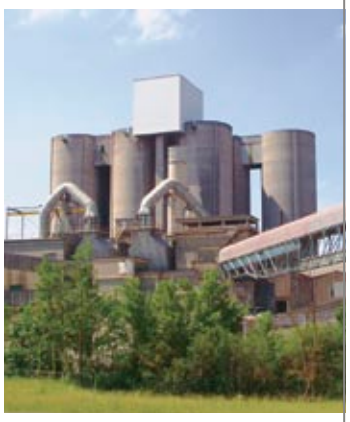
Holcim

gtz





Guía para el Co-Procesamiento de Residuos en la Producción de Cemento

Cooperación Público-Privada GTZ-Holcim

Nota Importante

Esta guía va dirigida a los grupos de interés y a los responsables de tomar decisiones en los sectores público y privado, comprometidos con la gestión integral de residuos y la producción de cemento. El documento ofrece principios que sirven de guía y da una orientación general respecto a las condiciones en las que puede aplicarse el co-procesamiento. Éste hace recomendaciones y proporciona algunas experiencias específicas del país, pero no puede ni debe usarse como modelo. Cada persona, entidad jurídica o país comprometido con el co-procesamiento de residuos debe desarrollar sus propias normas basadas en tratados internacionales y condiciones nacionales y locales y debe compaginarlas con su marco legal. Esta guía no será obligatoria legalmente ni se interpretará como una obligación, representación o garantía por parte de los autores o el remitente o como cualquier recomendación legal, comercial, técnica o de otro tipo.

A pesar de que se ha tenido todo el cuidado razonable para asegurar que la información contenida en esta guía sea precisa, ni Holcim Group Support Ltd ni Deutsche Gesellschaft für Technische Zusammenarbeit GmbH GTZ ni cualquiera de sus respectivas afiliadas, directores, funcionarios, empleados, asesores, consejeros y/o contratistas acepta ninguna responsabilidad u obligación por cualquier error u omisión o cualquier otra circunstancia en relación con esta guía. La información tampoco implica una opinión o aprobación por parte de esas entidades o personas.

Para todos los fines, la relación legal entre las entidades jurídicas, individuos u otras personas mencionadas en esta guía (cada **persona física, moral o entidad**) y entre ellas será como la de personas independientes y nada en esta guía, ya sea persona o cualquier filial de una persona moral o entidad o un miembro de cualquier grupo de personas, se considerará, en cualquier forma o para cualquier propósito, un apoderado de cualquiera de las otras personas o de cualquier afiliada de cualquiera de las otras personas o de cualquier miembro de cualquier grupo de personas en la dirección del negocio de dicha persona, ni se considerará como la creación de una sociedad de personas, entidad o coinversión entre esas personas.

Copyright © 2006 Holcim Group Support Ltd y
Deutsche Gesellschaft für Technische Zusammenarbeit (GTZ) GmbH
Todos los derechos reservados.

Respecto a esta Guía

Uno de los objetivos principales de esta Guía es ayudar a hacer más eficiente la gestión integral de residuos al ofrecer información objetiva acerca del co-procesamiento de residuos en la industria del cemento. Este informe ambicioso se basa en diálogos y sesiones intensivas de trabajo.

Expertos de **Holcim** y **GTZ** prepararon esta Guía. Una variedad de expertos externos de los sectores público y privado, así como de la industria cementera y de organizaciones que trabajan en la cooperación para el desarrollo internacional, brindaron apoyo y asesoría. El Instituto de Ingeniería Ambiental (IEC, por sus siglas en inglés) de la **Universidad de Ciencias Aplicadas del Noroeste de Suiza (FHNW) coordinó la elaboración del documento.**

El Equipo que dirige esta iniciativa desea expresar su más sincero agradecimiento a los expertos de Holcim y GTZ que colaboraron y a todos los que participaron compartiendo su tiempo, información y discernimiento.

Participantes de la puesta en marcha del proyecto en septiembre de 2003 en Bonn, Alemania

Para mayor información, póngase en contacto en: www.coprocem.com

Deutsche Gesellschaft für Technische Zusammenarbeit GmbH (GTZ)
D. Ziegler, W. Schimpf
C.P. 5180
65726 Eschborn
Alemania
Tel. +49 6196 79 0
Fax +49 6196 79 11 15
umwelt-infrastruktur@gtz.de
www.gtz.de

Holcim Group Support Ltd
B. Dubach, J-P. Degré
Hagenholzstr. 85
8050 Zürich
Suiza
Tel. +41 58 858 82 30
Fax +41 58 858 82 34
environment@holcim.com
www.holcim.com

Fachhochschule Nordwestschweiz FHNW
D. Mutz
Gründenstrasse 40
4132 Muttenz
Suiza
Tel. +41 61 467 42 42
Fax +41 467 44 60
info@coprocem.com
www.fhnw.ch

Introducción

Esta Guía es el resultado de una iniciativa conjunta de la Deutsche Gesellschaft für Technische Zusammenarbeit GmbH (GTZ) y Holcim Group Support Ltd (Holcim) para fomentar el co-procesamiento de residuos en hornos rotatorios de cemento; es decir, el uso de residuos junto con otros materiales en hornos rotatorios para producir cemento. Holcim *(→ www.holcim.com)* es un proveedor líder de cemento y agregados a escala mundial, así como de actividades de valor agregado como concreto y asfalto premezclados, incluyendo servicios. GTZ *(→ www.gtz.de)* es una compañía de propiedad del gobierno alemán que tiene como objetivo la cooperación internacional para el desarrollo sostenible y que realiza actividades en todo el mundo. Los resultados y recomendaciones se basan en experiencias procedentes de países desarrollados e industrializados, así como de los sectores públicos y privados.

La Guía también se basa en iniciativas de organizaciones bilaterales o multilaterales para mejorar la gestión de residuos a escala local y nacional; asimismo, en intentos de la industria cementera por reducir el impacto ambiental negativo de la producción de cemento.

Hemos puesto especial atención al trabajo de la Iniciativa de Sostenibilidad de Cemento (CSI, por sus siglas en inglés) del Consejo Mundial de Empresas para el Desarrollo Sostenible (WBCSD, por sus siglas en inglés), que busca opciones para mejorar el rendimiento ambiental y aumentar la responsabilidad que la empresa tiene con la sociedad.

El uso del co-procesamiento de residuos en la producción de cemento ayudará a lograr los objetivos establecidos en la Agenda 21 de la "Cumbre de la Tierra", celebrada en Río de Janeiro (1992), en la Declaración de Johannesburgo sobre Desarrollo Sostenible (2002) y las Metas del Milenio.

Hemos preparado la Guía tomando en consideración todos los convenios internacionales relacionados, como las Convenciones de Estocolmo y Basilea, así como la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (Protocolo de Kyoto).

Evitar la generación de residuos y minimizar sus cantidades son las mejores maneras de tratar los problemas mundiales en materia de residuos en la actualidad. Cuando sea posible, hay que dar prioridad a los conceptos de eficiencia de recursos, producción más limpia (CP, por sus siglas en inglés), reciclaje y reutilización. El co-procesamiento de residuos no se contrapone con la jerarquía de residuos, puesto que puede clasificarse como tecnología para recuperación de energía y materiales.

Esta Guía se basa en un enfoque que tiene como objetivo reducir los problemas existentes respecto a los residuos en los países en vías de desarrollo y al mismo tiempo fomentar el uso de residuos como fuente alternativa de energía primaria y materias primas vírgenes en hornos rotatorios de cemento.

Una colaboración y cooperación estrechas entre los sectores público y privado son la clave para obtener el máximo beneficio del co-procesamiento de residuos en hornos rotatorios de cemento. Se encuentran disponibles técnicas innovadoras y conocimientos técnicos que el sector privado se encargará de desarrollar más ampliamente, mientras que el sector público debe asegurarse de que se mantengan las normas ambientales y se apliquen y cumplan los reglamentos de salud y seguridad.

Hay un consenso general en que el co-procesamiento de residuos en hornos rotatorios de cemento requiere:

- → La observación y el cumplimiento de todas las leyes y reglamentos aplicables (en algunas jurisdicciones la legislación en relación con el procesamiento de residuos todavía tiene que implementarse o está en proceso de ser modificada en línea con los avances técnicos y reglamentarios)
- → Personal de las instalaciones y los inspectores/supervisores del gobierno informados y con experiencia en combustión de residuos, incluyendo residuos peligrosos
- → Un cumplimiento adecuado del marco legal para todas las actividades de gestión de residuos, junto con la supervisión de las autoridades y el cumplimiento estricto de los reglamentos
- → Establecer la preparación para una emergencia local y programas de respuesta, además de cualquier programa nacional
- → Programas de salud y seguridad para el personal que puede estar en contacto con residuos peligrosos
- → Un enfoque de "responsabilidad corporativa" de parte de los sectores público y privado por igual
- → Transparencia en cuanto a información y comunicaciones.

Por consiguiente, el manejo ético, la buena reglamentación y la responsabilidad social son requisitos previos para implementar la Guía con éxito.

ÍNDICE

1.0 Resumen Ejecutivo 1

2.0 Introducción 3

3.0 Propósito, grupos objetivo y límites de la Guía 5

4.0 Definiciones y principios generales de co-procesamiento 7

5.0 Características principales del co-procesamiento en la industria cementera 11
5.1 Fabricación de cemento 11
5.2 Co-procesamiento en la industria cementera 13
5.2.1 El proceso y su aplicación 13
5.2.2 Co-procesamiento y gestión de residuos 14
5.2.3 Preprocesamiento: de residuos a AFR 16
5.2.4 Financiamiento de servicios de residuos y el principio del que contamina paga 16
5.3 Requisitos para la implementación del co-procesamiento 17
5.3.1 Retos institucionales para el co-procesamiento 17
5.3.2 Áreas para la formación de capacidades 17
5.3.3 Implementación del desarrollo de capacidades 18
5.3.4 Implementación de la Guía 19

6.0 Requerimientos para el co-procesamiento en hornos rotatorios de cemento 21
6.1 Aspectos legales 21
6.1.1 Principios 21
6.1.2 Marco jurídico 21
6.1.3 Marco institucional 22
6.1.4 Control de emisiones y selección de residuos: Se requieren normas que se puedan hacer cumplir 22
6.1.5 Proceso de obtención de permisos para el co-procesamiento 24
6.1.6 Pruebas de referencia- pruebas de combustión 26
6.2 Aspectos ambientales de la producción de cemento y preprocesamiento de AFR 27
6.2.1 Principios 27
6.2.2 Emisiones importantes 27
6.2.3 Generación de emisiones y técnicas de reducción 29
6.2.4 Monitoreo y reporte de emisiones 30
6.2.5 Impacto ambiental de contaminantes en productos 31
6.2.6 Lixiviación de contaminantes incorporados del concreto 31
6.2.7 Comentarios especiales con respecto a las dioxinas y los furanos 32
6.2.8 Operación de horno rotatorio y desviación alterna de polvos 33
6.3 Asuntos operativos 34
6.3.1 Principios 34
6.3.2 Fuentes de residuos y de AFR 35
6.3.3 Transporte, manejo y almacenamiento de materiales 35
6.3.4 Aspectos operativos 36
6.3.5 Sistema de control de calidad 37
6.3.6 Verificación y auditoría 38

Índice

6.4 Salud y seguridad en el trabajo (OH&S) 39
6.4.1 Principios 39
6.4.2 Bases de un sistema de salud y seguridad en el trabajo 40
6.4.3 Organigrama de seguridad y vigilancia 42
6.4.4 Plan de respuesta en caso de derrame 43
6.4.5 Planes de respuesta a emergencias 43
6.5 Comunicación y responsabilidad social 43
6.5.1 Principios y requerimientos 43
6.5.2 La importancia de la comunicación 44
6.5.3 Un planteamiento sistemático respecto a la comunicación 44

Índice de estudios de casos ..... i-ixx
Caso 1 Selección de puntos de alimentación adecuados – El ejemplo de Lägerdorf, Holcim Alemania i
Caso 2 Un concepto integral de la gestión de residuos – El ejemplo de Cartago, Costa Rica iii
Caso 3 Preprocesamiento de residuos – El ejemplo de Energis, Holcim Group, en Albox, España v
Caso 4 Aspectos del permiso – El ejemplo de Renania del Norte Westfalia, Alemania vii
Caso 5 Verificación e informe de emisiones EMR– Las experiencias en Holcim ix
Caso 6 Preprocesamiento de residuos – El ejemplo de Ecoltec, México xi
Caso 7 Pruebas de combustión con monitoreo de PCDD/PCDF – Los ejemplos de Las Filipinas xiii
Caso 8 Laboratorio de control de calidad de AFR – El ejemplo de Resotec, Brasil xv
Caso 9 Recuperación de residuos de Erika – El ejemplo del apoyo de Holcim en la limpieza del derrame del buque petrolero, Francia xvii
Caso 10 Mesas de asesoría a la Comunidad: El ejemplo de Energis en Albox, España xix

Índice de anexos A1-A53
Anexo 1 Bibliografía, Literatura y vínculos en Internet A2
Anexo 2 Residuos usados para AFR en Europa y Japón A5
Anexo 3 Desarrollo del uso de combustibles alternativos en la industria cementera alemana A7
Anexo 4 Índice de contactos e información A8
Anexo 5 Lista de residuos adecuados para el co-procesamiento A10
Anexo 6 Ejemplo de un Diagrama de Aceptación-Rechazo A18
Anexo 7 Valores límite para residuos y AFR A19
Anexo 8 Justificación para la exclusión de ciertos residuos del co-procesamiento A22
Anexo 9 Modelo de permiso A25
Anexo 10 Formato de la solicitud A30
Anexo 11 Proceso de otorgamiento de permisos A34
Anexo 12 Información de pruebas de combustión A35
Anexo 13 EPER – El Registro Europeo de Emisiones Contaminantes para la industria cementera A37
Anexo 14 Rango de emisiones y técnicas de reducción A38
Anexo 15 Valores límite de emisión total para residuos de co-procesamiento de hornos rotatorios de cemento A41
Anexo 16 Resumen del informe del WBCSD/PNUMA sobre COPs A42
Anexo 17 Plantilla para archivos maestros para registro de residuos usados comúnmente A45
Anexo 18 Diagrama de control de calidad de AFR A49
Anexo 19 Análisis de la situación – cómo hacerlo A50

Abreviaturas generales y de sustancias químicas & Glosario A51

Glosario A53

1.0 Resumen Ejecutivo

Se han co-procesado con éxito diferentes tipos de residuos como materias primas y combustibles alternativos (AFR) en hornos rotatorios de cemento en Europa, Japón, Estados Unidos, Canadá y Australia desde el inicio de la década de los setenta.

Esta Guía tiene como propósito reunir las enseñanzas de esa experiencia y ofrecerlas, en especial, a los países en vías de desarrollo que necesitan mejorar la forma de manejar los residuos. Algunos países en vías de desarrollo necesitarán ayuda para desarrollar esa capacidad antes de emprender programas de AFR.

La Guía, dirigida para toda la industria cementera y todos sus interesados, procede de una cooperación público-privada entre **Deutsche Gesellschaft für Technische Zusammenarbeit GmbH (GTZ)** *(→ www.gtz.de)* y **Holcim Group Support Ltd.** *(→ www.holcim.com)*. Estos resultados y recomendaciones se basan en experiencias de países industrializados y en vías de desarrollo, así como de los sectores público y privado. También se basan en iniciativas de organizaciones bilaterales y multilaterales para mejorar la gestión de residuos a escala local y nacional, así como en intentos de la industria cementera por reducir la degradación ambiental que resulta de la producción de cemento. Reflejan leyes y convenios internacionales.

El uso de AFR puede disminuir el impacto ambiental de los residuos, ayudar a disponer de manera segura los residuos peligrosos, disminuir las emisiones de contaminantes de efecto invernadero y los costos de gestión de residuos, así como ahorrar dinero en la industria cementera. Ayudará a lograr los objetivos establecidos en la Agenda 21 de la "Cumbre de la Tierra" celebrada en Río de Janeiro (1992), la Declaración de Johannesburgo sobre Desarrollo Sostenible (2002) y las Metas de Desarrollo del Milenio. Sin embargo, hay algunas reglas y principios básicos que deben cumplirse.

El uso de AFR debe respetar la jerarquía de residuos, integrarse a programas de gestión de residuos, estrategias de apoyo para la eficiencia de recursos y no entorpecer los esfuerzos para minimizar los residuos. Seguir ciertas reglas básicas garantiza que el uso de AFR no tenga impacto negativo en las emisiones de los hornos rotatorios de cemento. El co-procesamiento no debe dañar la calidad del cemento producido. Los países que están considerando utilizar el co-procesamiento necesitan marcos legales y reglamentarios. Las leyes nacionales deben definir los principios básicos conforme a los cuales se lleva a cabo el co-procesamiento y los requisitos y normas de co-procesamiento. Los supervisores y trabajadores deben realizar pruebas básicas con combustibles y materiales convencionales, de manera que puedan comparar los resultados de los AFR con éstos. Algunos residuos nunca deben someterse a co-procesamiento: éstos oscilan entre la basura municipal no seleccionada y ciertos residuos de hospitales a explosivos y residuos radiactivos. Otros residuos necesitarán preprocesamiento antes de ser utilizados y en la idea de usar AFR debe tenerse en cuenta la necesidad de regular y manejar de manera eficaz estas plantas de preprocesamiento.

Seguir ciertas reglas básicas garantiza que el uso de AFR no cambie las emisiones de una chimenea de horno rotatorio de cemento. Éstas incluyen alimentar combustibles alternativos en las zonas más adecuadas del horno rotatorio y materiales que contienen mucho material volátil sólo en la zona de alta temperatura, así como evitar materiales que contengan contaminantes que los hornos rotatorios no pueden retener, como el mercurio. Las emisiones deben monitorearse (algunas, una vez al año, otras, continuamente). Las evaluaciones del impacto ambiental (EIA, por sus siglas en inglés) deben realizarse para confirmar el cumplimiento con las normas ambientales; las evaluaciones de los riesgos pueden identificar cualquier ineficacia en el sistema y los análisis de flujo de energía y flujo de material ayudan a optimizar el uso de recursos.

Los trabajadores de la fábrica de cemento que usan AFR deben asegurarse de su seguimiento desde la recepción hasta el tratamiento final. El transporte de residuos y AFR debe cumplir con los reglamentos. Las fábricas deben haber desarrollado, implementado y comunicado a sus empleados planes adecuados de emergencia y respuesta en caso de derrames. Para el arranque, paro y condiciones intermedias, deben documentarse y estar disponibles para los trabajadores de la fábrica estrategias para manejar AFR. Las fábricas necesitan sistemas de control de calidad bien planeados y en funcionamiento, así como protocolos de control y auditoría.

Pueden minimizarse los riesgos si se ubican adecuadamente las fábricas en cuanto al entorno ambiental, proximidad a poblaciones y poblados y al impacto de la logística y transporte. Las fábricas requieren buena infraestructura para dar soluciones técnicas a vapores, olores, polvo, infiltración en el suelo o en aguas

1.0 Resumen Ejecutivo

superficiales y para protección contra incendios. Todos los aspectos del uso de AFR deben estar bien documentados, ya que la documentación y la información son la base para la apertura y transparencia de las medidas de salud y seguridad dentro y fuera de la fábrica.

Los directivos y los empleados deben recibir capacitación en el manejo y procesamiento de AFR. La capacitación que reciban los trabajadores y subcontratistas nuevos para realizar operaciones peligrosas debe terminarse antes de empezar con el co-procesamiento. Debe efectuarse una certificación periódica de empleados y subcontratistas e incluirse una capacitación inductiva para todos los visitantes y servicios de terceros. Comprender los riesgos y cómo mitigarlos son las claves para la capacitación y el hecho de que las autoridades la reciban es la base para la credibilidad.

Introducir AFR requiere mantener una comunicación abierta con todos los interesados. Por ello, proporcione toda la información que los interesados necesitan para permitirles entender los propósitos del co-procesamiento, el contexto, las funciones de las partes involucradas y los procedimientos para tomar decisiones. Tener discusiones abiertas acerca de buenas y malas experiencias es parte de la transparencia que lleva a acciones correctivas. Tenga credibilidad y sea congruente, cultive un espíritu de diálogo abierto y respete las diferencias culturales.

En esta Guía, se han mantenido altas expectativas en cuanto a normas ambientales, sociales y de salud y seguridad, pero son realistas y pueden lograrse. Se necesitan objetivos ambiciosos para lograr metas (por ejemplo, las Metas de Desarrollo del Milenio). Sin embargo, uno no puede esperar que el sector público de cualquier país o que cada uno o todos los trabajadores de fábricas de cemento o que todas las compañías que manejan residuos en cualquier parte del mundo puedan implementar todas las normas propuestas inmediatamente. Para lograr las normas propuestas, se requiere un programa progresivo (escalonado) específico para un país o un plan de acción, que idealmente represente un consenso (que refleje la cooperación mejorada) entre los sectores público y privado.

Así como las poblaciones aumentan en los países en vías de desarrollo, sucede lo mismo con los problemas de gestión de residuos y la necesidad de más cemento y concreto para viviendas e infraestructura de desarrollo. El manejo adecuado del uso de residuos como combustibles y materias primas en hornos rotatorios de cemento puede ayudar a manejar los residuos mientras se contribuye al desarrollo sostenible del mundo.

2.0 Introducción

Los contaminantes de efecto invernadero y el calentamiento global, el uso eficiente de combustibles fósiles no renovables, los residuos peligrosos y la contaminación del agua y de los recursos del suelo son las principales preocupaciones ambientales y discusiones públicas. La competitividad de los costos, la competencia global y la rentabilidad son las preocupaciones de las empresas. El reto que enfrenta la sociedad de hoy en día es equilibrar la protección ambiental y los intereses económicos.

La industria cementera consume una cantidad significativa de recursos naturales y energía. También contribuye al desarrollo y modernización de las ciudades y a la infraestructura en todo el mundo. La industria cementera y sus asociaciones continuamente tratan de mejorar el rendimiento ambiental optimizando el uso de recursos naturales y reduciendo su consumo total de energía.

El consumo de cemento está aumentando, en especial en los países en vías de desarrollo y países en transición. La producción mundial de cemento en el año 2003 fue de 1.94 mil millones de toneladas (toneladas métricas), que se incrementó de 1.69 mil millones de toneladas en 2001 con un incremento constante de 3.6% anual calculado debido a la fuerte demanda en los países en vías de desarrollo y países en transición. El porcentaje de consumo en Europa es de 14.4%; en Estado Unidos, de 4.7%; en el resto del continente americano, de 6.6%; en Asia, de 67.5% (China, 41.9%); en África, de 4.1%, y en el resto del mundo de 2.7%. El consumo calculado de cemento en el año 2004 fue de 260 kg per cápita (Fuente: Cembureau[1]).

Cuando sea posible, debe usarse la mejor tecnología existente[2] (BAT) y por lo general pueden lograrse reducciones significativas en cuanto a consumo de energía. En los últimos 20 años, la industria cementera ha reducido su consumo de energía en alrededor de 30%, lo que equivale a ahorrar aproximadamente 11 millones de toneladas de carbón al año.

La sustitución de combustible fósil y materias primas vírgenes por residuos (Combustibles y Materias Primas Alternativos – AFR) reducirá más las emisiones totales de CO_2 que si las materias primas usadas hubieran sido quemadas o desechadas sin recuperación de energía.

La industria cementera presenta dos tendencias. Las compañías internacionales, cuya participación en el mercado va en aumento, generalmente adopta sus propias normas internas en todo el mundo, usando mejores tecnologías existentes cuando se construyen nuevas instalaciones. Desde un punto de vista técnico, todos los tipos de hornos rotatorios son adecuados para el co-procesamiento. Sin embargo, las tecnologías más antiguas, contaminantes y menos integradas se están eliminando gradualmente debido a la implementación de normas más estrictas y/o mejores prácticas voluntarias. Las fábricas cementeras más antiguas pueden carecer tanto de las mejores normas de tecnología disponibles como de las normas relacionadas con la ética de las empresas, derechos laborales, salud, seguridad y ambiente. La situación varía en diferentes países debido a la estructura del mercado cementero y al estado de la reglamentación.

La gestión ineficaz de los residuos constituye un reto para los países en vías de desarrollo y en transición. En la mayoría de esas naciones, los residuos se vierten en el alcantarillado, se entierran o queman en las instalaciones de la compañía, se descargan ilegalmente en lugares inadecuados o se llevan a confinamientos públicos que no cumplen con los requisitos para una disposición de residuos que sea saludable para el ambiente. Esto puede provocar contaminación del suelo, de los recursos hidráulicos y de la atmósfera, lo que lleva al deterioro sostenido de las condiciones de vida y de la salud de las poblaciones adyacentes. Las sustancias tóxicas y los compuestos persistentes se escapan al ambiente, se expanden en el aire en áreas grandes y puede entrar a la cadena alimentaria, afectando la salud animal y humana.

Varios factores pueden causar estos problemas:

→ No todos los países en vías de desarrollo tienen una estrategia integrada de gestión de residuos y sólo unos cuantos pueden ofrecer una infraestructura técnica adecuada para disponer residuos de una manera controlada y saludable para el ambiente

→ Aunque en muchos casos existen leyes relacionadas con el manejo controlado de residuos, con frecuencia no se aplican de manera adecuada.

1 Cembureau, con sede en Bruselas, es la organización representativa de la industria cementera en Europa y agrupa 25 miembros

2 Puede encontrarse información útil en cuanto a la BAT en los dos documentos siguientes:
- Cembureau, 1999. Best Available Technology for the cement industry
- Integrated Pollution Prevention and Control (IPPC) 2001. Documento de referencia en Best Available Technology in the Cement and Lime manufacturing industries

2.0 Introducción

→ La disposición descontrolada usualmente es la manera más barata de deshacerse de los residuos y quienes generan residuos por lo general no quieren pagar mucho para realizar una disposición adecuada.

→ Los responsables de implementar políticas rara vez ponen suficiente atención al tema de la gestión de residuos y posiblemente saben poco acerca de sus consecuencias en la salud del ser humano o del alto costo para solucionar los daños causados por la eliminación descontrolada de residuos.

Hay un consenso general sobre una necesidad urgente de mejorar la gestión de residuos, por lo que se están discutiendo diferentes soluciones. Evitar la generación de residuos, la producción más limpia, la responsabilidad del productor, el manejo de la cadena de suministro o el uso sostenible de los recursos naturales son sólo unas cuantas estrategias que se están promoviendo. A pesar del progreso tecnológico y de una creciente conciencia social y política, persiste el problema de flujos de residuos cada vez mayores. La "sociedad sin residuos" es una previsión respetable, pero que estamos lejos de llevarla a cabo.

La plantas de incineración modernas y los confinamientos seguros son opciones comunes para la disposición de residuos en los países pertenecientes a la OCDE (Organización de Cooperación y Desarrollo Económicos), pero que tienen una inversión y costos de operación altos y necesitan personal calificado. Un horno rotatorio de cemento eficiente puede proporcionar una opción de tratamiento/recuperación de mayor rentabilidad y saludable para el ambiente para una cantidad de residuos.

Se han usado con éxito diferentes tipos de residuos como AFR en hornos rotatorios de cemento o plantas similares en Europa, Japón, Estados Unidos, Canadá y Australia desde principios de la década de los ochenta *[→ ver **anexo 2**: Uso de combustibles alternativos en la industria cementera europea y japonesa].*

*→ La **Tabla 1*** da un panorama general de la sustitución de la energía por AFR en la industria cementera en los países seleccionados.

Los países industrializados han tenido más de 20 años de experiencias positivas con AFR *[→ ver **Anexo 3**: Desarrollo de AFR en Alemania]*. ¿Entonces por qué los residuos no están siendo usados rutinariamente como AFR en las fábricas de cemento de los países en vías de desarrollo y por qué el co-procesamiento no se ha promovido mejor como una forma benéfica para la ecología de recuperación de materiales y energía? Las razones principales son el conocimiento limitado del potencial de los AFR y de los requisitos legales e institucionales relacionados con el co-procesamiento, las restricciones políticas, los vacíos legales y las preocupaciones del público y las ONG sobre el daño ambiental y a la salud.

El co-procesamiento de residuos peligrosos en la producción de cemento se ha reconocido como un método de disposición saludable para el ambiente en el contexto de la Convención de Basilea[3]. Éste se refiere a la conveniencia del co-procesamiento de residuos peligrosos en la producción de residuos y a las condiciones a las que debe sujetarse.

Esta Guía pretende hacer que quienes toman las decisiones de las autoridades públicas, la industria del cemento y el público interesado tengan conciencia del co-procesamiento como una herramienta de gestión de residuos e incrementar la calidad de la discusión y de la toma de decisiones en cuanto a la gestión de los residuos.

Lugar	Porcentaje de energía térmica sustituida por AFR	Año
Francia	32%	2003
Alemania	42%	2004
Noruega	45%	2003
Suiza	47%	2002
Estados Unidos	25%	2003

Tabla 1: Porcentaje de AFR en la demanda total de combustible en la industria cementera en los países seleccionados (Fuente: CEMBUREAU, SINTEF)

3 'Basel Convention Technical Guidelines on Incineration on Land', SBC, 1995 (párrafos 26-27)

– 'General technical Guidelines for the environmentally sound management of wastes consisting of, containing or contaminated with persistent organic pollutants', SBC, 2004 (sección G.2.c) –

3.0 Propósito, Grupos Objetivo y Límites de la Guía

Hemos tratado de hacer esta Guía válida para todos los países, independientemente de la ubicación o nivel de industrialización. Sin embargo, se enfoca principalmente en el uso de materiales de residuos como AFR en la producción de cemento en países en vías de desarrollo y en transición, ofreciendo, por consiguiente, un uso alternativo factible económicamente hablando y saludable la ecología de algunos materiales y residuos. Uno de nuestros objetivos principales es ayudar a reducir las deficiencias en cuanto a la gestión de residuos. Nuestra finalidad es ofrecer **información objetiva** acerca del co-procesamiento de residuos en la industria cementera. *[Se adjunta una lista amplia de literatura y vínculos de Internet como **Anexo 1**]*

Esta Guía pretende proporcionar a diferentes grupos destinatarios **información relevante** sobre (i) condiciones técnicas y legales, (ii) normas ambientales, de seguridad y salud y (iii) requisitos profesionales que se necesitan para garantizar que el co-procesamiento de residuos no tenga un impacto ambiental negativo o en la salud del ser humano.

La Guía ofrece un panorama general de las **estrategias** de comunicación y del compromiso y recomendaciones de los interesados para el marco legal que se necesita para guiar el proceso de obtención del permiso y los procedimientos de control y aplicación.

La Guía ofrece vínculos a organizaciones, instituciones y compañías activas en el campo del co-procesamiento y propone formas y medios para **crear esa capacidad** en todos los niveles a fin de asegurar la aplicación sana de la tecnología. También da referencias de convenios ambientales internacionales relevantes.

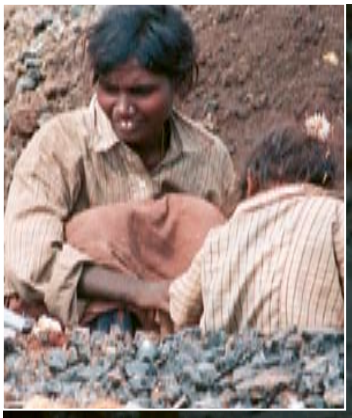
Además de estos objetivos esenciales, la Guía también tiene el propósito de ayudar a:

→ Promover el diálogo entre las autoridades públicas, las empresas privadas y la sociedad civil, lo que conduce a una discusión mejor informada entre varios grupos
→ Crear conciencia y conocimiento técnico, que puede tener efectos positivos en todo el sector de gestión de residuos
→ Mostrar que los residuos pueden ser un recurso alternativo para la recuperación de energía y material.

Los **temas** de la Guía incluyen la preparación de los AFR antes de alimentarlos en el horno rotatorio (preprocesamiento) y su uso como fuente de energía y materia prima en el horno mismo (co-procesamiento). También considera temas como almacenamiento, transporte y conciencia ambiental. La Guía no cubre temas extraídos de libros ni la reutilización de concreto.

La Guía va dirigida a los siguientes **grupos**:

→ Organizaciones gubernamentales e instituciones públicas
→ Comunidades locales
→ Organizaciones no gubernamentales
→ La industria cementera, sus asociaciones y federaciones, así como la industria del concreto
→ Trabajadores de las instalaciones donde se manejan residuos
→ Laboratorios interesados en el control de calidad de los residuos
→ Quienes generan residuos.



4.0 Definiciones y Principios Generales de Co-Procesamiento

Esta Guía usa las siguientes definiciones:

→ **Residuos:** La Directiva de Residuos en el Marco EC 75/442/EEC, Artículo 1, define residuo como "cualquier sustancia u objeto que (a) el propietario desecha o quiere o es necesario desechar o (b) tiene que tratarse para proteger la salud pública o el ambiente." El material de residuo puede ser sólido, líquido o pastoso. Cualquier material de residuo puede definirse por su origen (industria, agricultura, minería, etc.); en consecuencia, siempre debe establecerse una lista adecuada a nivel nacional para ayudar a crear un entendimiento común y a definir el marco legal. Cuando no se ha definido una lista específica, el Catálogo de Residuos EC podría servir como referencia.

→ **Residuos peligrosos y no peligrosos:** La Directiva EC 91/689/EC sobre Residuos Peligrosos define residuo peligroso tomando como referencia dos anexos que evalúan el nivel de peligro de un material (dañino, irritante, combustible...). Sin embargo, la legislación puede variar mucho entre países (excepto dentro de Estados Unidos), lo que lleva a diferencias para determinar si un residuo es peligroso o no. En países donde no existe una clasificación de residuos, se recomienda ya sea la Lista de Residuos de la Convención de Basilea[4] o el Catálogo de Residuos EC[5].

→ **Co-procesamiento:** Se refiere al uso de residuos en los procesos industriales, como cemento, cal o producción de acero y centrales eléctricas o cualquier otra planta de combustión grande. Aunque Estados Unidos llama a este proceso coincineración para los fines de esta Guía, co-procesamiento significa la sustitución del combustible primario y las materias primas por residuos. Es una recuperación de energía y material a partir de los residuos. El co-procesamiento se explica con mayor detalle en → *ver **capítulo 5***.

→ **AFR (Combustible y Materias Primas Alternativos):** Se refiere a materiales y residuos usados para el co-procesamiento. Estos residuos incluyen generalmente plásticos y papel/tarjetas de las actividades comerciales e industriales (por ejemplo, empacar residuos procedentes de la fabricación), neumáticos y aceites usados, residuos de biomasa (por ejemplo, paja, residuos de madera no tratada, lodos secos de aguas residuales), residuos de telas y de las operaciones de desmantelamiento de los autos (residuos de prensado de automóviles – ASR), residuos industriales peligrosos (por ejemplo, ciertos lodos industriales, serrín impregnado, solventes residuales), así como pesticidas obsoletos, medicamentos caducos, sustancias químicas y farmacéuticas.

→ **Preprocesamiento:** La transformación de los residuos en AFR requiere ciertas normas. Los AFR no siempre consisten en un flujo específico de residuos (como neumáticos y solventes), pero deben prepararse a partir de diferentes fuentes de residuos antes de usarse como combustible o materias primas en la fábrica de cemento. Se necesita el proceso de preparación para producir un flujo de AFR que cumpla con las especificaciones técnicas y administrativas de la producción de cemento y para garantizar que se satisfagan las normas ambientales.

4 http://www.basel.int/text/con-e-rev.pdf
5 http://www.vrom.nl/get.asp?file=/docs/milieu/eural_engelse_versie.pdf

4.0 Definiciones y Principios Generales de Co-Procesamiento

Deben seguirse los **principios generales** que se mencionan a continuación:

Principio I	**El co-procesamiento respeta la jerarquía de residuos:** → El co-procesamiento no entorpece los esfuerzos por minimizar los residuos y no se usarán residuos en los hornos rotatorios de cemento si se dispone de mejores maneras de recuperación ambiental y económicamente. → El co-procesamiento debe considerarse como una parte integral de la gestión de residuos moderna, ya que la gestión de residuos proporciona una opción de recuperación de recursos saludable para el ambiente. → El co-procesamiento cumple con los convenios ambientales internacionales; por ejemplo, el Convenio de Basilea y Estocolmo.
Principio II	**Deben evitarse las emisiones adicionales y el impacto negativo en la salud del ser humano:** → Prevenir o mantener a un mínimo absoluto los efectos negativos de la contaminación en el ambiente, así como los riesgos para la salud del ser humano. → Con base en las estadísticas, las emisiones atmosféricos no deben ser mayores que las de la producción de cemento con combustible tradicional.
Principio III	**La calidad del producto de cemento permanece sin modificación:** → El producto (clinker, cemento, concreto) no debe ser adulterado como si fuera un sitio de disposición final para metales pesados. → El producto no debe tener ningún impacto negativo en el ambiente, como se demuestra con pruebas de lixiviación. → La calidad del cemento permitirá la recuperación de final de ciclo.
Principio IV	**Las compañías comprometidas con el co-procesamiento deben estar capacitadas:** → Tener buenos registros de cumplimiento ambientales y de seguridad y proporcionar información relevante para el público y las autoridades adecuadas. → Tener personal, procesos y sistemas en el lugar que demuestren el compromiso con la protección ambiental, la salud y la seguridad. → Asegurarse de que todos los requisitos cumplen con las leyes, reglas y reglamentos aplicables. → Ser capaz de controlar los insumos y parámetros de procesos que se requieren para el co-procesamiento eficaz de residuos. → Asegurar buenas relaciones con el público y otros participantes en proyectos de gestión de residuos locales, nacionales e internacionales.
Principio V	**La implementación del co-procesamiento tiene que considerar circunstancias nacionales:** → Los requisitos y necesidades específicos del país deben reflejarse en los reglamentos y procedimientos. → Una implementación gradual tiene en cuenta la formación de la capacidad requerida y el establecimiento de acuerdos institucionales. → La introducción del co-procesamiento va junto con otros procesos de cambio en el sector de gestión de residuos de un país.

Se co-procesarán los residuos sólo si no hay una mejor manera económico y ambiental de prevenir y reciclar residuos. En la → ***figura 1*** *a la derecha*, se muestra la integración del co-procesamiento en la jerarquía de residuos.

La jerarquía de gestión de residuos se define de la siguiente manera:

→ **La prevención** de residuos es la solución ideal. Esto sólo puede lograrse por medio de una estricta política de productos que asegure que ciertos materiales no aparezcan como residuos

→ **Minimización** o reducción de residuos, en especial mediante la aplicación del concepto de producción más limpia o cambios en los hábitos del consumidor relacionados con el embalaje y envasado

→ **Recuperación** de residuos por medio de reciclado directo y reutilización de materiales primarios (por ejemplo, metal a metal o papel a papel). También incluye otras tecnologías como el compostaje o la digestión anaerobia

→ **Co-procesamiento** – recuperación de energía y materiales a partir de residuos como un sustituto para energía proveniente de fósiles y materias primas vírgenes

→ **Incineración** es principalmente una tecnología enfocada a los residuos para reducir volúmenes de éstos, así como el impacto potencialmente negativo del material de residuo y, hasta cierto punto, recuperar energía

→ **Pretratamiento físico-químico** es un procedimiento para estabilizar residuos antes de la eliminación final

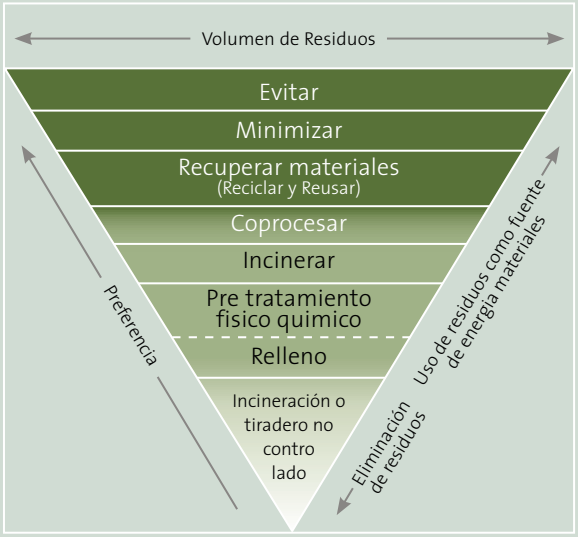


Figura 1: Jerarquía de gestión de residuos

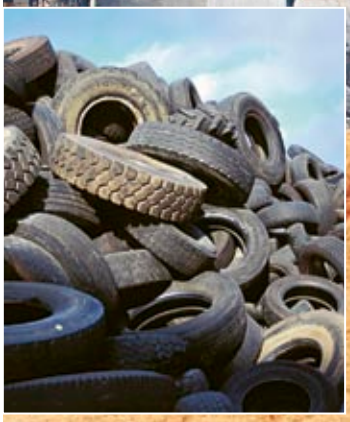
→ **Relleno controlado** es el método común para la disposición final de residuos no reciclables

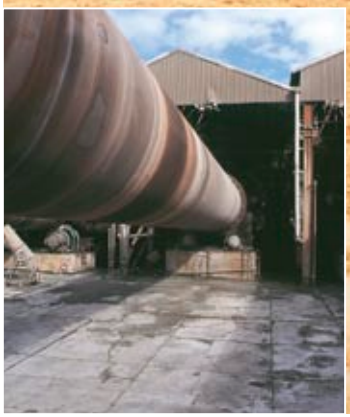
→ **Incineración o confinamiento no controlado**, acompañado con frecuencia por combustión al aire libre, todavía es el método más común de disposición de residuos en los países en vías de desarrollo, donde representa la principal amenaza para los recursos naturales y la salud del ser humano. Esta forma de disposición de residuos debe evitarse.

La jerarquía de residuos tiene que respetarse en cualquier opción de disposición de residuos, incluyendo en el co-procesamiento. Este último debe considerarse como un tratamiento alternativo dentro de un concepto integral de gestión de residuos. Cuando sea posible, deben prevenirse o usarse los residuos para generar energía y recuperar materiales. Desde el punto de vista ambiental y económico es la solución más apropiada para cualquier país. Sin embargo, puede tomar tiempo implementarla por completo en los países en vías de desarrollo.

El ecobalance o análisis de los ciclos de vida (LCA) es una herramienta que puede usarse para juzgar las ventajas de las diferentes soluciones de gestión de residuos. Proporciona información sobre impactos en el ambiente cuando se comparan diferentes opciones de reutilización, reciclaje y eliminación. El LCA permite a las autoridades gubernamentales encontrar las mejores alternativas para diferentes residuos, de manera que puedan desarrollar una estrategia de gestión de residuos que tome en consideración la situación ambiental local, los intereses sociales y las condiciones económicas. Los criterios para determinar la opción de tratamiento más adecuada variarán de un país a otro y dependerán mucho de la extensión de la industria y de la infraestructura determinada. El uso del LCA en el sistema de gestión ambiental, de conformidad con la serie ISO 14001, puede ayudar a las compañías a evaluar el potencial para el mejoramiento continuo y los pasos propuestos.

2ème Séminaire Alliance Stratégique Holcim/GTZ
gtz





5.0 Características Principales del Co-Procesamiento en la Industria Cementera

5.1 Fabricación de Cemento

La fabricación del cemento es un proceso de tratamiento intensivo de materiales. Después de extraer, triturar y homogeneizar materias primas, el siguiente paso en la fabricación del cemento es la calcinación de carbonato de calcio, seguido por la sinterización del óxido de calcio resultante con sílice, óxido de aluminio y óxido de hierro a altas temperaturas para formar clinker. Entonces se tritura o muele el clinker con sío y otros componentes para producir cemento. Los depósitos calcáreos naturales, como piedra caliza, marga o creta, proporcionan la fuente de carbonato de calcio. El sílice, óxido de hierro y óxido de aluminio se encuentran en varias menas y minerales, como arena, pizarra, arcilla y mineral de hierro. Sin embargo, los residuos del proceso se usan cada vez más como sustitutos para las materias primas naturales. Producir una tonelada de clinker requiere en promedio de 1.5 - 1.6 toneladas de materias primas. La mayor parte del material se pierde en el proceso como emisiones de dióxido de carbono al aire en la reacción de calcinación ($CaCO_3 \rightarrow CaO + CO_2$).

La producción de cemento también tiene altos requerimientos de energía, que por lo general contabilizan el 30 – 40% de los costos de producción (excluyendo los gastos de inversión). Tradicionalmente, el combustible primario ha sido carbón, pero también se usa una amplia gama de otros combustibles, incluyendo coque de petróleo, gas natural y aceite. Además de estos combustibles, se usan varios tipos de residuos como combustible. El clinker se calcina en un horno rotatorio que puede ser parte de un sistema de hornos rotatorios largos de proceso húmedo o seco, un sistema de hornos rotatorios (Lepol) precalentadores con rejilla de proceso semihúmedo o semiseco, un sistema de hornos rotatorios de precalentamiento por suspensión de proceso seco o un sistema de hornos rotatorios de precalentamiento/precalcinación[6]. La mejor técnica disponible para la producción de clinker de cemento es un horno rotatorio de proceso seco con precalentamiento por suspensión/precalcinación de etapas múltiples. Las fábricas de cemento modernas tienen un consumo de energía de 3,000 – 3,300 MJ por tonelada de clinker, mientras que el proceso húmedo con hornos rotatorios largos consume hasta 6,000 MJ por tonelada.

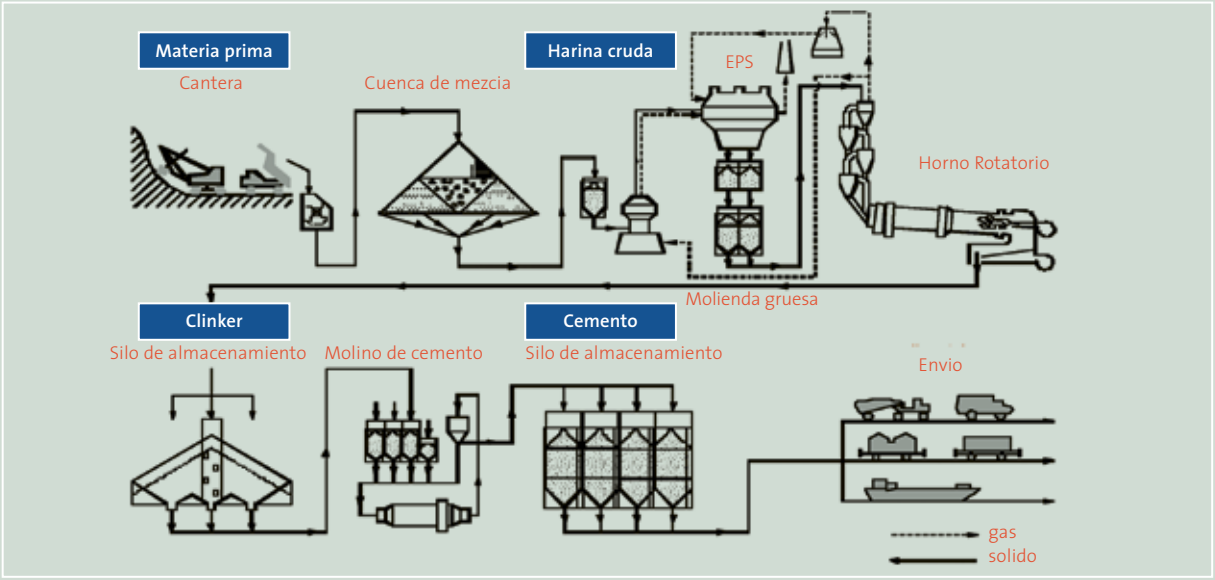


Figura 2: El proceso de producción de cemento (Fuente: VDZ)

6 En los capítulos 3.4 y 3.5 del documento CEMBUREAU BAT (2000) se proporciona una descripción detallada de diferentes tipos de hornos rotatorios. El documento puede descargarse en: http://www.cembureau.be/Documents/Publications/CEMBUREAU_BAT_Reference_Document_2000-03.pdf

5.0 Características Principales del Co-Procesamiento en la Industria Cementera

Las emisiones de las fábricas de cemento que provocan más preocupación son los óxidos de nitrógeno (NO_x), el dióxido de azufre (SO_2) y el polvo. Otras emisiones importantes que hay que considerar son los óxidos de carbono (CO, CO_2), los compuestos orgánicos volátiles (VOC), las dioxinas (PCDD), los furanos (PCDF) y los metales. Los valores de emisión dependen principalmente de los materiales de entrada (materias primas y combustible), el nivel de la temperatura y el contenido de oxígeno durante las etapas de combustión. Además, las emisiones de Los hornos rotatorios pueden verse influenciadas por la forma de la llama y la temperatura, la geometría de la cámara de combustión, la reactividad del combustible, la presencia de humedad, el tiempo de reacción disponible y el diseño del quemador.

Aunque la alta temperatura en el quemador principal es la razón fundamental para la formación de NO_x térmico, este calor también puede destruir por completo las sustancias orgánicas indeseables presentes en el material de entrada, lo cual es una gran ventaja ambiental.

Características	Temperatura y tiempo
Temperatura en el quemador principal	>1450°C: material >1800°C: temperatura de la llama
Tiempo de estancia en el quemador principal	>12-15 s y >1200°C >5-6 s y >1800°C
Temperatura en el precalcinador	>850°C: material >1000°C: temperatura de la llama
Tiempo de estancia en el precalcinador	>2 - 6 s y >800°C

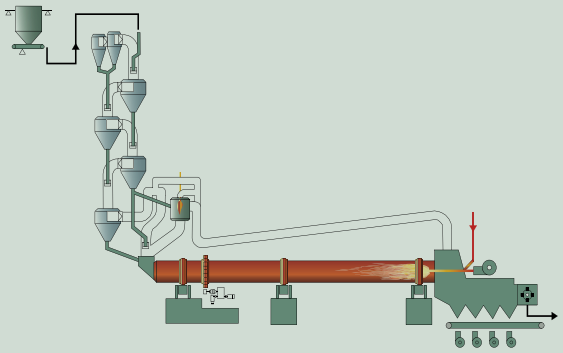


Tabla 2: Temperatura y tiempo de estancia durante la producción de cemento

El polvo se libera del proceso de producción de cemento ya sea como polvo de fuente de emisión (chimenea de horno rotatorio, chimenea de enfriador, chimeneas de molinos de cemento) o como emisiones fugitivas (polvo dispersado a partir de pilas de materiales, puntos de transferencia de materiales y transporte en carretera). La mayor parte del polvo es materia prima pura pulverizada. El segundo lugar en importancia lo ocupa el clinker y el polvo de molino de cemento. El proceso de producción de cemento no produce efluentes líquidos (con pocas excepciones locales). Toda el agua consumida (principalmente para propósitos de enfriamiento de gas) se libera a la atmósfera en forma de vapor de agua. La calidad del agua de la superficie podría verse deteriorada si aguas pluviales lavan a chorro grandes cantidades de polvo asentado fuera de una fábrica polvosa y las conduce directamente a aguas de pequeñas superficies adyacentes.

La optimización del proceso de combustión del clinker y el continuo desarrollo e introducción de técnicas de reducción (como filtros de polvo, desulfuración o reducción no catalítica selectiva) ha disminuido considerablemente ciertas emisiones de hornos rotatorios de cemento.

El proceso, las mejores tecnologías disponibles y los impactos ambientales están descritos completamente en el documento de referencia producido de acuerdo con el proceso de Prevención y Contaminación Integrado EC y la guía BAT-BEP sobre la Mejor Tecnología Disponible y la guía provisional sobre las mejores prácticas ambientales. Además, la Iniciativa Sostenible de Cemento del WBCSD ha dado alcance a la Guía de co-procesamiento que refleja un consenso en el sector privado.

7 http://eippcb.jrc.es
8 Por ejemplo, la guía BAT-BEP sobre las mejores prácticas ambientales relacionadas con el Artículo 5 y el Anexo C del Convenio de Estocolmo puede encontrarse en http://www.pops.int/documents/batbep_advance/default.htm

5.2 Co-procesamiento en la Industria Cementera

5.2.1 El proceso y su aplicación

El co-procesamiento se refiere al uso de residuos en procesos industriales, como cemento, cal, producción de acero, centrales eléctricas o cualquier planta de combustión grande. Significa la sustitución del combustible primario y las materias primas por residuos, lo que permite la recuperación de energía y de materiales a partir de residuos. Los materiales y residuos usados para el co-procesamiento se conocen como combustibles y materias primas alternativos (AFR).

Pueden usarse diferentes puntos de alimentación para insertar AFR en el proceso de producción de cemento. Los más comunes son:

→ Por el quemador principal en el extremo de salida del horno rotatorio
→ Por la chimenea interior de alimentación de la cámara de transición en el extremo de entrada del horno rotatorio (para combustible en grandes cantidades)
→ Por quemadores secundarios al tubo ascendente
→ Por quemadores de precalcinación al precalcinador
→ Por chimenea interior de alimentación al precalcinador (para combustible en grandes cantidades)
→ Por válvula de la zona media del horno rotatorio en caso de hornos largos de proceso húmedo o seco (para combustible en grandes cantidades).

*[→ Ver **Estudio de caso 1**: Selección de puntos de alimentación adecuados- El ejemplo de Lägerdorf, Holcim Alemania]*

Por lo general, las materias primas alternativas se suministran al sistema de hornos rotatorios de la misma forma que las materias primas tradicionales; por ejemplo, mediante el suministro de molienda cruda normal. Las materias primas alternativas que contienen componentes que pueden volatilizarse a baja temperaturas (por ejemplo, hidrocarburos) tienen que suministrarse en las zonas de altas temperaturas del sistema de hornos rotatorios.

El co-procesamiento tiene las siguientes características durante el proceso de producción:

→ Las condiciones alcalinas y el mezclado intensivo favorecen la absorción de los componentes volátiles de la fase gaseosa. Esta depuración interna del gas da como resultado emisiones bajas de componentes como SO_2 y HCl y, con excepción del mercurio y el talio, esto también aplica para la mayoría de los metales pesados
→ Las reacciones del clinker a 1450°C permiten la incorporación de cenizas y, en especial, el enlace químico de los metales al clinker
→ La sustitución directa del combustible primario por material de residuo de alto poder calorífico da como resultado una eficiencia mayor en la recuperación de energía en comparación con otras tecnologías de conversión de "residuos en energía".

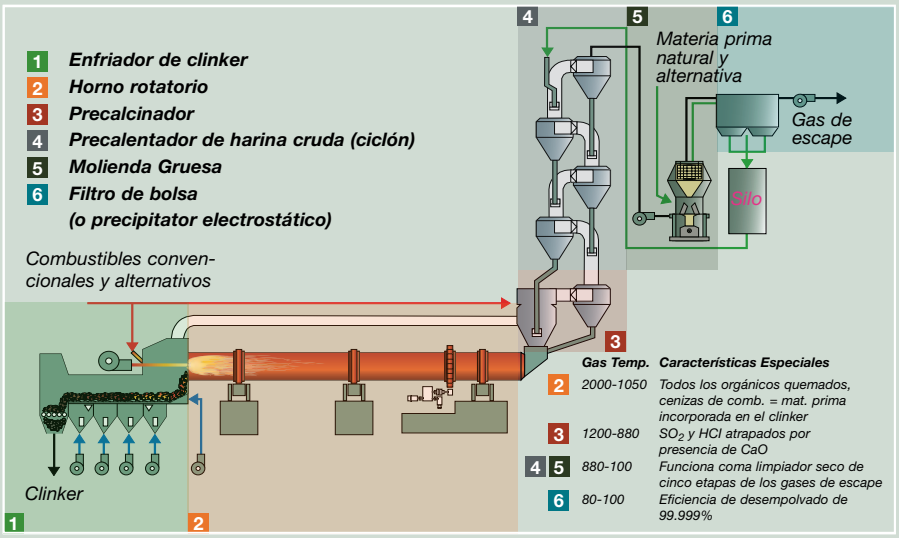


Figura 3: Proceso del clinker y características especiales (ejemplo: horno rotatorio de precalcinación)

5.0 Características Principales del Co-Procesamiento en la Industria Cementera

5.2.2 Co-procesamiento y gestión de residuos

El co-procesamiento de residuos en los hornos rotatorios de cemento ofrece ventajas para la industria cementera, así como para las autoridades responsables de la gestión de residuos. Los productores de cemento pueden ahorrar en combustible fósil y consumo de materias primas, lo que contribuye a una producción más eficiente ecológicamente hablando. Una de las ventajas que tienen las autoridades y las comunidades es que este método de recuperación de residuos usa una instalación existente, con lo que se elimina la necesidad de invertir en un incinerador nuevo o en un sitio de disposición final seguro.

El co-procesamiento debe considerarse, desde cualquier enfoque, para la gestión de residuos. Un enfoque de sistemas detallados que compara tecnologías de residuo individuales y que tiene en cuenta la interfase de los procesos combinados (recolección, almacenamiento, reciclaje y eliminación) ayudará a optimizar la gestión de residuos desde puntos de vista ambientales, sociales y económicos. Las herramientas que han de aplicarse a este enfoque son análisis de materiales y de flujo de energía, así como ecobalance.

*[→ Ver **Estudio de caso 2**: Un concepto integral de gestión de residuos – El ejemplo de Cartago, Costa Rica]*

Los residuos municipales son un material heterogéneo y, en los países en vías de desarrollo, consisten principalmente en sustancias orgánicas naturales (residuos de la cocina, cortes de verduras), sustancias inertes (arena, ceniza) y objetos que quedan después del consumo humano (materiales de empaque, bienes electrónicos). Con frecuencia los sectores formal (agrupaciones de recolectores) e informal (recolectores informales) seleccionan material reciclable valioso, como cartón, plástico duro, vidrio o metal. En algunos casos las sustancias orgánicas se usan para la producción de biogás (digestión anaerobia) o para compostaje. Lo que es válido para los residuos industriales también lo es para los residuos municipales: sólo los residuos clasificados con una composición conocida y poder calorífico definido son adecuado para el procesamiento como AFR. La selección tiene que basarse en la jerarquía de residuos y en el impacto social del reciclaje de residuos como generación de ingresos para la gente pobre de las ciudades. Cuando sea posible, el sector informal debe incorporarse a actividades de selección y recolección.

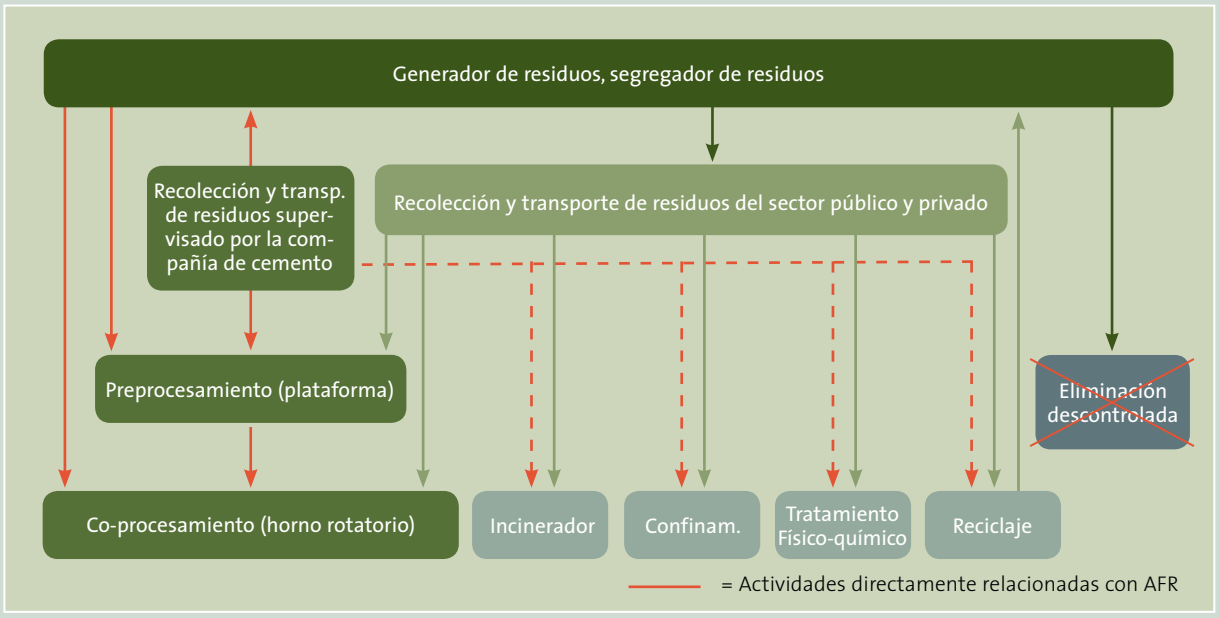


Figura 4: Tratamiento de residuos y co-procesamiento: La cadena de AFR

Componentes	Material de residuo	Fuentes industriales
Minerales arcillosos / Al_2O_3	→ Residuos de recubrimiento → Lodo de reciclaje de aluminio	→ Fundiciones → Industria del aluminio
Piedra caliza / $CaCO_3$	→ Cal industrial → Lodo de cal	→ Proceso de neutralización → Tratamiento de aguas residuales
Silicates / SiO_2	→ Arena para fundición → Suelo contaminado	→ Fundiciones → Recuperación del suelo
Óxido de hierro / Fe_2O_3	→ Pirita tostada → Lodo mecánico → Lodo rojo	→ Tratamiento de superficies metálicas → Industria metalúrgica → Tratamiento de aguas residuales industriales
Si-Al-Ca-Fe	→ Cenizas volátiles → Arena triturada	→ Incinerador → Fundiciones
Azufre	→ Sío de la desulfuración del gas → Sío químico	→ Incineración → Proceso de neutralización
Flúor	→ Lodo del filtro de CaF_2	→ Industria del aluminio

Tabla 3: Clasificación por grupo de materias primas alternativas (Fuente: VDZ)

Como las emisiones de hornos rotatorios de cemento son específicas del sitio, dependiendo de los procesos de producción y del material de entrada, por lo que un sistema de control y verificación de los residuos entrantes y para la optimización de los puntos de alimentación es un aspecto importante que hay que considerar.

El co-procesamiento no es sólo el uso de residuos en lugar de combustibles tradicionales, sino que también puede recuperar materias primas valiosas. → *La **Tabla 3*** anterior da algunos ejemplos de recuperación de materias primas a partir de diferentes residuos. Para mayor información sobre selección de residuos → *ver **capítulo 6.1.4.***

5.0 Características Principales del Co-Procesamiento en la Industria Cementera

5.2.3 Preprocesamiento: de residuos a AFR

Los residuos tienen diferentes formas y características. La transformación de residuos en AFR requiere ciertas normas. Algunos tipos de residuos no pueden usarse directamente como AFR, sino que deben someterse a un proceso de preparación. Este paso produce un producto del residuo con características definidas que cumple con las especificaciones técnicas de la producción de cemento y garantiza que se satisfagan las normas ambientales.

Las plantas de preprocesamiento de AFR usualmente almacenan materiales entrantes y contienen procesos de trituración, mezclado y homogeneización. Deben tener todos los permisos requeridos y sistemas de verificación; por ejemplo, para polvo, olor, VOC, agua y ruido.
*[→ Ver **Estudio de caso 3**: Preprocesamiento del material de residuo – El ejemplo de Energis, Holcim Group, en Albox, España]*

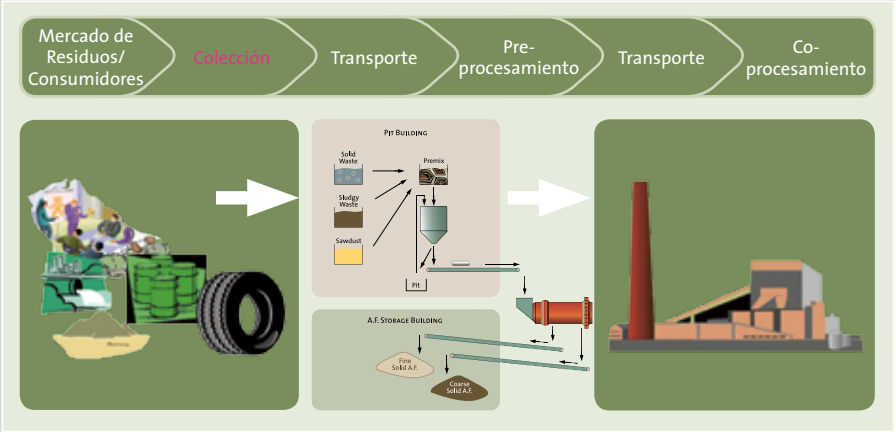


Figura 5: De residuo a AFR: operaciones de preprocesamiento

5.2.4 Financiamiento de servicios de residuos y el principio del que contamina paga

El principio del que contamina paga debe ser la base para el análisis económico y financiero del co-procesamiento. Esto significa que quienes generan residuos (por ejemplo, la industria) o quienes son responsables de su manejo (por ejemplo, el municipio) tienen que tener cuidado de que su manejo sea el mejor y que sea saludable para el ambiente. Los costos para esta tarea dependen de las diferentes opciones de tratamiento disponibles en el mercado, del valor energético o material de los residuos mismos, de las normas técnicas requeridas y de las directivas estipuladas de una política ambiental específica para un país.

Para la compañía cementera, el co-procesamiento significa costos adicionales de recolección, preprocesamiento, almacenamiento, alimentación de AFR al horno rotatorio y de control de calidad y emisión de informes. En general, estos costos se componen de costos de utilización (personal y equipo), amortización, intereses y riesgos del negocio. A medida que las estructuras de cadena de suministro y sistemas de verificación mejoran, los costos bajan. El valor de mercado del material de residuo (positivo o negativo) fluctúa y depende del precio del combustible fósil y de las materias primas vírgenes, de la competencia de mercado y de los costos de los tratamientos alternativos. Normalmente, los costos totales para el preprocesamiento y co-procesamiento de residuos son mayores que el ahorro de energía y materiales, de manera que tiene que imponerse una cuota para los residuos. Sólo en unos cuantos casos el material de residuo puede alcanzar un valor de mercado lucrativo. Esto sucede cuando el total de la producción y los costos de inversión para AFR es menor que el precio de mercado para la energía fósil y las materias primas.

Gran parte de la gestión de residuos inadecuada y de la contaminación ambiental viene de una determinación incorrecta de los precios de bienes y servicios. Para garantizar que la disposición de residuos no sólo se rija por criterios financieros, sino que también considere las preocupaciones ecológicas, deben aplicarse instrumentos basados en el mercado (MBI, por sus siglas en ingles), como impuestos ambientales, incentivos o esquemas de compensación. Los MBI tienen que ir de la mano con el cumplimiento estricto de las normas y con las multas.

5.3 Requisitos para la Implementación del co-procesamiento

5.3.1 Retos institucionales para el co-procesamiento

El co-procesamiento de AFR presenta retos para los trabajadores y supervisores de las fábricas de cemento. Los trabajadores necesitan entender y controlar todos los impactos que el co-procesamiento tendrá en el proceso de producción, en el producto final, en el ambiente y en la salud y seguridad de ellos mismos. Los supervisores deben entender todos estos aspectos para cumplir con su papel de controlar el impacto en el ambiente, en la salud y en la seguridad. Ambos deben entender las preocupaciones del público por los posibles efectos negativos del co-procesamiento y establecer procesos de comunicación eficaces para explicar sus actividades y evitar conflictos.

En algunos lugares los retos son más complejos. No en todos los países existe una legislación ambiental. En otros, posiblemente exista el marco reglamentario, pero no hay aplicación debido a la falta de capacidad de las personas, de conciencia y de recursos. La mayoría de los países en vías de desarrollo carecen de información sobre la metodología de análisis de las emisiones y sobre la evaluación de datos analíticos provenientes de la verificación continua de emisiones. Las estadísticas sobre residuos casi no existen y los sistemas de documentación para monitorear los residuos no se conocen. La falta de planes de gestión de residuos no permite una gestión de flujo de residuos óptima financiera y económicamente. Por consiguiente, se requiere crear la capacidad reglamentaria para que el órgano reglamentador garantice un co-procesamiento eficaz y saludable para el ambiente.

5.3.2 Áreas para la formación de capacidades

Estas son preguntas básicas cuando se considera el proceso de creación de la capacidad.

- → ¿El marco normativo ambiental existente es adecuado para el co-procesamiento?
- → ¿Hay reglamentos disponibles para un preprocesamiento de residuos seguro? ¿Las autoridades tienen suficientes capacidades reglamentarias?
- → ¿Existe un plan integral de gestión de residuos que incluya el uso optimizado de residuos para las circunstancias locales específicas? ¿Las políticas nacionales y locales para la gestión de residuos necesitan más desarrollo o actualización?
- → ¿Las autoridades y la industria entienden y usan el concepto de jerarquía de residuos?
- → ¿Las autoridades están capacitadas para autorizar, controlar y verificar el co-procesamiento? ¿Hasta que punto el órgano administrativo necesita apoyo respecto al permiso y proceso de verificación?
- → ¿Hay un sistema de control de calidad completo y eficaz en el lugar para el abastecimiento de residuos, entregas rutinarias, envío de productos de AFR y el producto final del sitio de co-procesamiento (clinker, cemento)? ¿La verificación sistemática, en combinación con auditorías periódicas de terceros realizadas por instituciones independientes, garantiza que las operaciones se efectúen de acuerdo con los permisos y otros requisitos internos o externos?
- → ¿La fábrica de cemento es capaz de cumplir con la necesidad de verificación? ¿Están disponibles el equipo y el personal capacitado que se requieren?
- → ¿Los laboratorios de pruebas independientes (compañías de servicio regionales o nacionales) están disponibles y tienen experiencia en el monitoreo y control de calidad de AFR y emisiones?
- → ¿La fábrica de cemento interesada en procesar AFR cumple con las normas ambientales nacionales al usar combustible y materias primas tradicionales?
- → ¿Están garantizados el manejo, almacenamiento y transporte adecuados de los residuos? ¿Hay acuerdos de cooperación entre las industrias generadoras de residuos y las fábricas de cemento que permitan la entrega óptima y el uso de residuos? ¿Los trabajadores de pretratamiento y las compañías transportadoras están autorizados y son confiables?
- → ¿Existen planes de respuesta a emergencias adecuados?
- → ¿Las normas de salud y seguridad en el trabajo están garantizadas? ¿La dirección y el personal de la industria cementera y de las compañías transportadoras están suficientemente capacitados en el manejo de materiales peligrosos?

5.3.3 Implementación del desarrollo de capacidades

El desarrollo de la capacidad reglamentaria en aspectos ambientales es el proceso de fortalecimiento de las habilidades de los individuos, organizaciones, compañías y sociedades para hacer uso eficaz de los recursos. En el contexto de esta Guía, el desarrollo de esta capacidad comprende primero que nada la transferencia de conocimientos, experiencias, habilidades y valores. Incluye el mejoramiento de los sistemas de manejo y la extensión de la red de datos. El cambio del manejo y la mediación en situaciones de conflicto son partes esenciales del desarrollo institucional.

Cuando los responsables de tomar decisiones a escala nacional y local deciden integrar el co-procesamiento a los sistemas de gestión de residuos, el marco legal e institucional debe adaptarse y quienes están interesados tanto en el gobierno como en las empresas necesitan un conocimiento profundo de las implicaciones de tal decisión. Los interesados correspondientes deben diseñar y acordar una estrategia completa para crear una capacidad reglamentaria en aspectos ambientales. La capacitación puede llevarse a cabo a través o en cooperación con organizaciones bilaterales y multilaterales (por ejemplo, los puntos principales para la nación de los convenios internacionales, como el de Basilea o Estocolmo). Un participante adicional en la capacitación podrían ser las asociaciones cementeras, los institutos de investigación especializados y las universidades. → *El **anexo 4*** proporciona fuentes de contacto e información.

Los objetivos de la estrategia de creación de esta capacidad podrían incluir información sobre aspectos legales, técnicos, sociales, ambientales y financieros de la gestión de residuos en general y del co-procesamiento en particular. El siguiente capítulo brinda un panorama general de las diferentes áreas en las que podrían requerirse la capacitación y el desarrollo de la capacidad en aspectos ambientales. Puesto que las condiciones varían de un país a otro, debe llegarse a un acuerdo en cuanto a una estrategia individual diseñada cuidadosamente para la creación de la capacidad, incluyendo un concepto de capacitación completo:

Las autoridades que realizan la supervisión y conceden el permiso deben concentrarse en sus funciones de coordinación y aplicación de las normas. Por lo tanto, éstas no tienen que proporcionar todo el conocimiento y la experiencia pertinentes, ya que pueden contar con expertos externos. Sin embargo, los funcionarios directamente responsables del permiso, control y procedimientos de aplicación deben tener un entendimiento profundo del co-procesamiento. Podría necesitarse capacitación respecto a:

→ La formulación de políticas de gestión de residuos
→ La formulación e interpretación de estadísticas sobre residuos
→ La autorización y control de co-procesamiento
→ La evaluación de nuevos materiales para el co-procesamiento y calificación de fuentes de residuos
→ El monitoreo de operación y transporte (metodologías de análisis de emisiones y evaluación de datos analíticos)
→ Control de la salud y seguridad de los trabajadores en el trabajo dentro de la fábrica de cemento y durante el transporte
→ La aplicación de los reglamentos y permisos nacionales
→ La comunicación sistemática con los interesados y el público

El personal de la industria cementera de varios departamentos (producción, calidad, AFR, jurídico, OH&S, etc.) pueden necesitar capacitación en cuanto a:

→ Control de residuos y AFR
→ La operación de instalaciones para preprocesamiento y co-procesamiento de acuerdo con reglamentos internos
→ La salud y seguridad en el trabajo
→ Las comunicaciones
→ El monitoreo interno de aspectos ambientales (emisión)
→ Técnicas de auditoría y protocolos de auditoría
→ Certificación periódica para empleados y subcontratistas

Se necesitan auditores externos confiables y bien capacitados, personal de compañías de servicio y expertos de los sectores público y privado que trabajen en el campo de la gestión de residuos para hacer el trabajo de co-procesamiento. Para garantizar la calidad y simplificar el trabajo de órganos administrativos, lo más importante es la certificación de las compañías transportadoras y reciclaje, de laboratorios de control interno y externo, así como de expertos individuales.

Los generadores de residuos y las compañías de pretratamiento y transporte estarán involucradas en la organización previa y en el pretratamiento antes de realizar la entrega en la fábrica de cemento. La eficiencia requiere la optimización del flujo de materiales, la separación de los residuos, preparativos para un manejo seguro de los materiales que ya están en la fuente de emisión e instalaciones para el transporte y almacenamiento. Los directivos y el personal deben capacitarse conforme a esto.

5.3.4 Implementación de la Guía

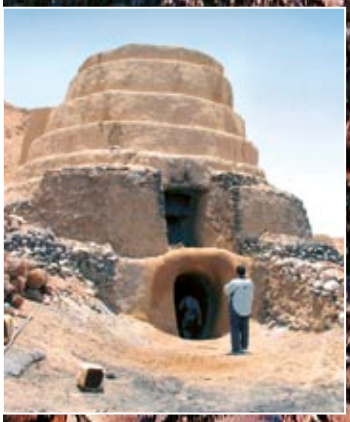
Esta Guía recomienda normas ambientales y sociales, así como requerimientos técnicos y legales. No se considerará como ley obligatoria (ver "noticia importante" en la página B). Su aplicación fomenta la amplia aceptación del co-procesamiento de residuos en fábricas de cemento. Para implementar estos principios propuestos, que aunque ambiciosos son realistas, es necesaria una introducción gradual dependiendo de las condiciones de la infraestructura en los diferentes países.

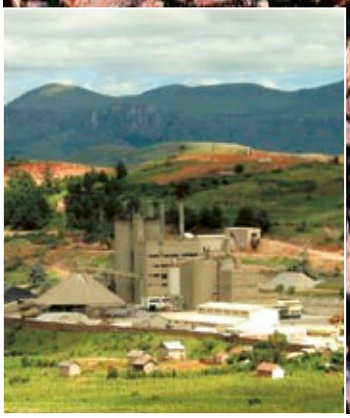
Tenemos que entender que el nivel de desarrollo económico, conciencia ambiental, prioridades políticas, buen ejercicio del poder o hábitos culturales influyen en la dinámica y el tiempo de modernización de la gestión de residuos en un país. La implementación del co-procesamiento debe verse como parte de este proceso de cambio y avanzará de manera diferente de un país a otro.

La Guía debe implementarse con base en un espíritu de cooperación entre los sectores público y privado. Como esto no sucederá de un día para otro, es necesario hacerlo de manera gradual, lo cual depende de las circunstancias políticas, sociales y legales, y se basa en progresos realistas y factibles.

La fuerza directriz para la introducción del co-procesamiento de acuerdo con esta Guía puede ser una asociación nacional cementera, una compañía de cemento individual o el sector público. Quienquiera que promueva esta actividad debe hacerlo de manera transparente y con un límite de tiempo obligatorio y definido.

FUEL
HUILE
ACIDE





6.0 Requerimientos para el Co-Procesamiento en Hornos Rotatorios de Cemento

6.1 Aspectos legales

6.1.1 Principios

Principio 1	**Se deberá establecer un marco legal y regulador adecuado:** → El co-procesamiento deberá integrarse a una legislación general respecto a la protección del ambiente y gestión de residuos antes de ser aceptado como una alternativa viable de la gestión de residuos. → Se necesitan reglamentaciones y normas legalmente obligatorias para garantizar el respaldo legal y un alto nivel de protección ambiental. → El cumplimiento de la ley es la clave para la instrumentación y mercadeo exitosos de AFR.
Principio 2	**Se debe definir un punto de partida para combustibles y materias primas tradicionales:** → Control y verificación de entradas, salidas y emisiones durante la operación de la fábrica de cemento con combustible virgen y materias primas vírgenes. → Evaluación de la situación ambiental determinada antes del inicio del co-procesamiento de residuos. → Uso de estos datos iniciales para definir los impactos potenciales de AFR en el ambiente, basándose en Evaluaciones de Impacto Ambiental (EIA, por sus siglas en inglés) estandarizadas.
Principio 3	**Todas las autoridades correspondientes deberán participar en el proceso de otorgamiento de permisos:** → Debe crearse credibilidad sobre la base de una comunicación abierta, congruente y continua con las autoridades. → Debe considerarse y ver la manera de aplicar la Mejor Tecnología Disponible (BAT). → El trabajador de la fábrica de cemento deberá proporcionar la información necesaria para que las autoridades evalúen la posibilidad del co-procesamiento. → Instalación de mesas de asesoría en la comunidad en una etapa temprana en los que se incluyan a las autoridades para facilitar el intercambio de información, opiniones y conocimiento.

6.1.2 Marco jurídico

Las leyes nacionales deben definir los principios fundamentales bajo los cuales se realiza el co-procesamiento. Luego deben definir requerimientos y normas concretas para el co-procesamiento. Sin reglamentaciones legalmente obligatorias, las autoridades no podrán controlar el cumplimiento ni podrán hacer cumplir la protección ambiental.

El marco reglamentario debe reflejar las capacidades reales de las autoridades ambientales. Las normas complejas son difíciles de manejar para los supervisores, especialmente en los países en vías de desarrollo. El establecimiento de criterios definidos con claridad que sean fáciles de evaluar y de aplicar es más apropiado.

Para integrar el co-procesamiento en las políticas y leyes nacionales sobre residuos, los órganos reglamentarios, la industria cementera y otros interesados deberán proporcionar información específica del país y los sectores para las instituciones nacionales que se encargan de formular leyes y reglamentos.

Si no existe un marco jurídico específico que reglamente el co-procesamiento, la empresa cementera interesada en el uso de AFR deberá preparar toda la documentación necesaria antes de iniciar cualquier actividad de co-procesamiento o preprocesamiento de residuos y solicitar un permiso de acuerdo con las leyes generales ambientales vigentes, en colaboración estrecha con las autoridades y basando la aplicación en buenas prácticas existentes. Se deberá considerar el intercambio de experiencias e información sobre mejores prácticas en el ámbito regional e internacional.

6.0 Requerimientos para el Co-Procesamiento en Hornos Rotatorios de Cemento

6.1.3 Marco institucional

La experiencia de países que permiten el co-procesamiento de residuos muestra claramente que es mejor si las funciones de concesión de permisos, supervisión y control están todas concentradas en un solo órgano administrativo.

La falta de conciencia o de recursos en lo que respecta al control y verificación a menudo genera una inadecuada vigilancia del cumplimiento de la ley. Es por ello que puede ser necesario crear la capacidad de reglamentación en esos órganos reguladores y administrativos *[→ ver **capítulo 5.3**]* para asegurar un tratamiento saludable para el ambiente de todos los residuos generados y de un eficiente co-procesamiento.

Los funcionarios públicos responsables de la concesión de permisos, control y supervisión deberán tener una preparación técnica y conocimiento jurídico adecuados. Sin embargo, las autoridades no necesariamente tienen que proporcionar todo el conocimiento y experiencia pertinentes, sino que pueden recurrir a especialistas externos. Un requisito básico para el proceso es la disponibilidad de empresas y expertos calificados y confiables.

6.1.4 Control de emisiones y selección de residuos: Se requieren normas que se puedan hacer cumplir

El marco regulador debe proporcionar reglas que sean fáciles de hacer cumplir. Las normas nacionales sobre emisiones deben aplicarse por las autoridades correspondientes e instrumentarse mediante permisos en cada caso. Dentro de las normas determinadas, las especificaciones técnicas para el co-procesamiento y los residuos que van a utilizarse puede variar de un país a otro o incluso de una fábrica de cemento a otra.

Debe prestarse especial atención a la instrumentación de un sistema confiable de control y verificación de emisiones, ya que ésta es una de las áreas más delicadas de la actividad del co-procesamiento. En muchos países, ya existen normas sobre emisiones industriales, pero no comprenden las emisiones de fábricas de cemento que usan AFR. → *El **capítulo 6.2.2*** ofrece un panorama detallado sobre el impacto ambiental y el control de emisiones.

A partir del catálogo de residuos de Estados Unidos, se ha preparado una lista de residuos adecuados para el co-procesamiento *[→ ver **Anexo 5**]*. Esta lista indica que el co-procesamiento es aplicable para una amplia gama de residuos y no se limita a un cierto tipo de materiales. Sin embargo, la decisión sobre el tipo de residuos que finalmente puede usarse en determinada fábrica no puede ser la misma en todo los casos; se debe basar en el proceso de producción de clinker, los compuestos de materia prima y combustible, los puntos de alimentación, el proceso de limpieza de gas, las reglamentaciones locales existentes en la actualidad, si es que las hay, y los problemas específicos de gestión de residuos *[→ ver también **capítulo 6.3.2**]*. Los trabajadores de las fábricas podrían usar el "Diagrama de Aceptación-Rechazo" en → *el **Anexo 6*** para decidir qué tipo de residuo es adecuado para co-procesamiento.

Como regla básica, los residuos aceptados como AFR deben dar un valor agregado al horno rotatorio de cemento.

→ poder calorífico de la parte orgánica.

→ valor material de la parte mineral.

En algunos casos los hornos rotatorios pueden utilizarse para la eliminación segura de residuos especiales tales como pesticidas obsoletos, bifenilos policlorados (PCB), o productos farmacéuticos caducos. Sin embargo, para este tipo de tratamiento, las autoridades reguladoras y los trabajadores de las fábricas de cemento deben concertar acuerdos y normas individuales en cada caso. Este tipo de actividad de disposición de residuos debe realizarse como un esfuerzo conjunto entre el sector público y el privado.

Como se documenta en los anexos 2 y 5, se puede usar una amplia gama de residuos como AFR. Los más comunes son papel sucio mezclado, cartón, plástico, textiles, material de embalaje, neumáticos, madera y residuos clasificados provenientes de casas, comercios, o industrias de producción y servicios. Existen productos de residuo líquidos tales como el aceite usado, solventes o pastas de carbón como productos finales del sector transporte o derivados de actividades industriales. Algunos residuos pueden entregarse como lotes individuales a la fábrica de cemento, mientras que otros deben preprocesarse para cumplir con las condiciones requeridas. En algunos casos (por ejemplo, basura municipal, residuos hospitalarios), el co-procesamiento sólo puede aplicarse después de fases de preprocesamiento tales como la separación, clasificación, inertización, neutralización, o tratamiento térmico. Un control

periódico de la calidad de los residuos recolectados y entregados ayudará a asegurar un uso uniforme de AFR en el horno rotatorio de cemento.

La calidad de lo que entra al horno determina la calidad de lo que sale de él. Por lo tanto, hay que poner atención a la selección de las materias primas y combustibles, sin importar si provienen de fuentes primarias o secundarias. Todos los recursos naturales empleados en la producción de cemento (materias primas y combustibles) contienen contaminantes tales como metales pesados, por lo que se recomienda un estudio inicial de emisiones previo al uso como AFR. Los datos que resulten de este estudio ayudarán a los trabajadores a entender el contenido de contaminantes de las entradas tradicionales y demostrarán más tarde si el uso de AFR ofrece una mejora del ambiente.

Los requerimientos del proceso, los objetivos de calidad del producto y las reglamentaciones sobre emisiones tienen que ver con la elección de parámetros químicos y físicos del posible residuo considerado para su uso. En la selección y uso de AFR, los objetivos son

- → cumplir con todos los requerimientos legales sobre contaminación, salud, seguridad y normas técnicas
- → garantizar que los residuos usados como AFR pasen por el tratamiento más favorable en comparación con otras tecnologías posibles
- → descartar efectos perjudiciales al producto o al proceso de producción
- → minimizar los costos financieros y económicos netos de la gestión de residuos.

En muchos países, los supervisores han elaborado listas de los valores contaminantes máximos permitidos para los residuos seleccionados que han de transferirse a AFR y para el mismo AFR preprocesado. → *El* ***Anexo 7*** ofrece un panorama general de dichos valores en diferentes países. No existe ningún valor umbral límite acordado, ya que se aplican diferentes criterios, dependiendo de la situación local. Dichos criterios incluyen:

- → políticas ambientales nacionales
- → importancia del impacto de la industria cementera en el contexto del desarrollo industrial regional
- → esfuerzos por hacer compaginar las leyes y normas ambientales suprarregionales
- → contaminantes en materias primas tradicionales
- → alternativas de tratamiento para los residuos disponibles
- → poder calorífico mínimo fijo
- → nivel de toxicidad de contaminantes en los residuos
- → requerimientos para la calidad del cemento

En todos los países donde se va a usar el co-procesamiento, deben prepararse dichas listas y revisarse periódicamente por autoridades nacionales o locales en colaboración con las asociaciones de productores de cemento. El objetivo de esto es definir los valores estándar apropiados para las circunstancias y requerimientos locales (en el ámbito nacional o en cada fábrica). Se debe poner especial atención a esta delicada tarea durante cualquier actividad de desarrollo de capacidades.

Los permisos para el co-procesamiento deberán definir el tipo de residuo que se autoriza para el co-procesamiento. La Directiva 2000/76/EC de Estados Unidos, por ejemplo, establece explícitamente en su artículo 4, párrafo 4 que "el permiso otorgado por la autoridad competente para una planta de incineración o coincineración deberá... mencionar explícitamente las categorías de residuos que pudieran ser tratadas". Los operadores del horno rotatorio deberán respetar estas disposiciones.

El objetivo principal del proceso de permiso y de control es asegurar que se usen sólo residuos adecuados y que las operaciones de AFR se realicen adecuadamente. Los supervisores y los operadores de hornos rotatorios deberán ser capaces de hacer un seguimiento del progreso de los residuos en su proceso de tratamiento, ya sea directamente de un generador de residuos o a través de empresas recolectoras y/o de pretratamiento. La calidad del material destinado para el co-procesamiento es crucial. Los datos sobre la calidad del material y los datos obtenidos de la verificación de las emisiones forman la base para abordar cuestiones científicas con interesados externos. Constituyen herramientas útiles para reducir la preocupación local y acabar con la idea de que las fábricas de cemento son incorrectamente utilizadas como basureros para la disposición no controlada de residuos.

9 La directiva EC puede encontrarse en: http://europa.eu.int/comm/environment/wasteinc/newdir/2000-76_en.pdf

6.0 Requerimientos para el Co-Procesamiento en Hornos Rotatorios de Cemento

	Enriquecimiento de contaminantes en el clinker	Valores de emisión	Salud y seguridad en el trabajo	Potencial del reciclaje	Confinamientos públicos como mejor opción	Impacto negativo por la operación del horno rotatorio
Residuos electrónicos	X	X		X		
Baterías completas	X	X		X		X
Residuos hospitalarios infecciosos y biológicamente activos			X			
Ácidos minerales y corrosivos		X	X			X
Explosivos	X		X			X
Asbestos			X		X	
Residuos radiactivos	X		X			
Residuos municipales no clasificados	X	X		X		X

Tabla 4: Lista de los residuos no adecuados para el co-procesamiento y las principales razones para excluirlos

A fin de evitar una sobrecarga de decisiones para cada caso, el otorgamiento de permisos debe hacerse por tipos de residuo; aunque hay excepciones *[→ ver **Tabla 4** a continuación].*

El co-procesamiento debe aplicarse sólo si se cumple con todas las precondiciones y requerimientos de los criterios ambientales, de salud y seguridad, socioeconómicos y operativos. En consecuencia, no todos los residuos son adecuados para el co-procesamiento. *→ La **Tabla 4** de la siguiente página* ofrece un panorama general de la justificación de por qué no recomendar ciertos residuos para el co-procesamiento en fábricas de cemento. *→ El **Anexo 8*** se dan más explicaciones sobre los criterios de exclusión.

Los trabajadores de las fábricas de cemento deben saber la cantidad y las características de los residuos disponibles antes de solicitar un permiso para co-procesamiento. Sin embargo, un canal de comunicación abierto y consultas periódicas entre los sectores público y privado ayudarán a reducir la posible fricción y malos entendidos y a desarrollar un proceso de concesión de permisos más adecuado para todos los interesados.

6.1.5 Proceso de obtención de permisos para el co-procesamiento

No se deben otorgar permisos genéricos para grupos heterogéneos de residuos porque es difícil hacer un seguimiento de estos residuos desde el generador hasta el horno rotatorio. Además, es difícil evaluar su impacto ambiental. Es importante conocer el origen de cada tipo de residuo y su composición con el fin de asegurar un co-procesamiento sin riesgos. Se deben firmar acuerdos con los recolectores o las empresas transportadoras para asegurar estos requerimientos.

Los permisos genéricos sólo deben otorgarse para residuos homogéneos que incluyen los que provienen de plantas preprocesadoras, por ejemplo:

- combustibles sustitutos sólidos (aserrín impregnado, combustibles derivados de residuos, borra)
- combustibles substitutos líquidos

y para tipos de residuos con una característica definida y una aplicación exitosa a largo plazo en fábricas de cemento (Ej. neumáticos).

Las plantas de preprocesamiento aceptan diferentes residuos adecuados para el co-procesamiento que debido a sus estados físicos no siempre pueden ser suministrados directamente a la planta. Por lo tanto, es necesario preparar, a partir de estos residuos, una sola

corriente de residuo en forma de combustible sustituto líquido o sólido que cumpla con las especificaciones administrativas y técnicas de las fábricas de cemento. De esta manera se asegura su seguimiento.

Los trabajadores de fábricas de cemento que co-procesan residuos son los principales responsables de todo el procedimiento, que incluye obtención de permisos y aseguramiento de calidad. Sus solicitudes deben incluir descripciones detalladas de todos los procesos pertinentes dentro de la fábrica, datos completos sobre todos los materiales destinados al co-procesamiento y un plan detallado de autoverificación. Estos documentos dan a las autoridades una idea de la calidad de los residuos y de las emisiones que deben esperarse. Las autoridades no deben aceptar documentos de solicitud incompletos.

Los trabajadores sólo pueden solicitar un permiso después de considerar los siguientes elementos:

→ el proceso del cemento (materia prima, combustibles fósiles, tipo de horno rotatorio, etc.)
→ las características del mercado de residuos
→ mercados de residuos cercanos para posibles envíos que van más allá de los límites locales.

Un proceso de obtención de permisos bien documentado debe proporcionar información detallada de las especificaciones de la fábrica *[→ ver el procedimiento de obtención de permisos anexo como un modelo en el **Anexo 9**]* y dar información sobre:

→ materias primas, combustibles, residuos y combustibles co-procesados, manejo y preparación
→ volúmenes esperados por flujo de residuo
→ puntos de alimentación en el proceso para cada flujo de residuos
→ criterios físico-químicos de cada flujo de residuos
→ principales aspectos del equipo que incluyen capacidad de la fábrica y condiciones de operación (Ej. temperatura y presión), cuando son de importancia para el potencial de contaminación
→ equipo de reducción de contaminantes: torre de lavado de gases, filtros, torre de absorción, precipitadores, etc.
→ puntos de liberación
→ productos intermedios, manejo, condicionamiento y almacenamiento de residuos
→ plan de inspección para residuos entrantes y AFR preprocesados
→ fuentes de agua y tratamiento utilizado para el agua de enfriamiento del proceso, agua efluente, etc., cuando sean de importancia para el potencial contaminante o emisión de contaminantes
→ descripción de la situación de emisiones: tecnología para evitar la contaminación, determinar contenidos y cantidades de emisiones
→ descripción de combustibles secundarios, generación, procesamiento, instalación usada, suministro y sistema de aseguramiento de calidad
→ investigación de los efectos perjudiciales futuros de los contaminantes en la esfera de influencia de la fábrica (la esfera de influencia es un área de evaluación dentro de un radio de 50 veces la altura de la chimenea)
  – reacciones químicas/físicas de las substancias emitidas
  – peligros potenciales, importancia toxicológica y ambiental
  – cargas y factores de protección en la esfera de influencia de la fábrica
  – carga de emisiones de componentes de importancia
  – rutas, períodos y circunferencias de los efectos que requieren protección
  – medidas adecuades para evitar los efectos ambientales de los contaminantes
  – los valores de emisión investigados en las áreas de evaluación son comparados con diversas referencias, valores límite y números de guía para los antecedentes; los contaminantes que han de considerarse en relación con la producción de cemento son polvo, NO_X, SO_2, VOC, metales pesados y PCDD y PCDF
→ mantenimiento de normas de salud y seguridad industrial en el trabajo
→ descripción de métodos para informar al público.

Cuando se llena la solicitud (hay una muestra de solicitud en el → **Anexo 10**), se debe pedir a las autoridades su revisión e instrucciones. Sin embargo, una comunicación continua con las autoridades puede evitar retrasos en el proceso de obtención de permisos *[→ para un diagrama de flujo del proceso de obtención de permisos, ver **Anexo 11**]*

Las funciones y responsabilidades de la empresa cementera que hace la solicitud incluyen:

→ hacer el primer contacto con la autoridad competente y la autoridad de consultoría legal
→ preparar los formularios de solicitud, solicitud de modificaciones de combustibles y materias primas con cambios importantes en el proceso

→ organización de debates sobre el procedimiento y la participación pública
→ una identificación, descripción y valoración por escrito de los efectos de la actividad que se planea.

Las funciones y responsabilidades de la autoridad que concede el permiso son:

→ revisar la solicitud y todos los formularios
→ involucrar a otras autoridades en el proceso de consulta (salud, transporte, economía)
→ participación pública: información pública, inspección pública de una solicitud, audiencia pública
→ evaluación ambiental
→ evaluación de riesgos con equipos interdisciplinarios
→ decisión final con la aprobación por parte de la autoridad competente (con estipulaciones adicionales, es decir, imposición, condición, límites de tiempo, reserva de revocación). *[→ ver **Estudio de Caso 4**: Aspectos del permiso- El ejemplo de Renania del Norte Westfalia, Alemania]*

6.1.6 Pruebas de referencia- pruebas de combustión

Las emisiones de los hornos rotatorios (con excepción del NO_X y algunos metales pesados) son producidos por componentes volátiles de las materias primas que se volatizan durante el precalentamiento de estos materiales (por ejemplo, en el precalentador de ciclón de un horno rotatorio de precalcinación). Los componentes volátiles casi nunca se distribuyen homogéneamente en un depósito (cantera) y, por lo tanto, sus cantidades fluctúan con los días y los años dependiendo de la parte de la cantera que está siendo explotada. Los procesos dinámicos de formación y reducción durante la circulación interna, así como los modos de operación del horno rotatorio, también afectan las emisiones.

Un pronóstico de cambio de emisión basado en conocimiento experto y, si se requieren, pruebas de expulsión y análisis químicos proporcionarían buena información. Sin embargo, muchas autoridades e interesados externos prefieren las mediciones de emisiones.

En caso de que se requiera una prueba de combustión, se deben aplicar las siguientes reglas y reglamentos para los procedimientos de prueba:

→ La prueba inicial se realiza en un período de cuatro a seis días sin el AFR en cuestión. Durante este tiempo:
  – se miden polvo, SO_2, NO_X, y VOC continuamente
  – se mide HCl, NH_3, benceno, PCDD/PCDF y metales pesados
→ La prueba de combustión es idéntica a la prueba de referencia, pero incluye el AFR.

Para el co-procesamiento de residuos altamente peligrosos (tales como pesticidas y residuos relacionados con PCB), se debe realizar una combustión de prueba para demostrar una eficiencia de destrucción y eliminación (DRE) y una eficiencia de destrucción (DE) de 99,9999%. En el → ***Anexo 12.*** se encuentra una descripción detallada de la combustión de prueba para la verificación de desempeño.

6.2 Aspectos Ambientales de la Producción de Cemento y Preprocesamiento de AFR

6.2.1 Principios

Principio 4	**Se deben acatar las reglas:** → El uso de AFR no tiene un impacto negativo en las emisiones de la chimenea de un horno rotatorio de cemento si se observan las siguientes reglas: – todos los combustibles alternativos deben suministrarse directamente en las zonas de altas temperaturas de un sistema de horno rotatorio (es decir, vía el quemador principal, la zona media del horno rotatorio, la cámara de transición, combustión secundaria (tubo ascendente), combustión del precalcinador) – lo mismo aplica en el caso de materiales alternativos con cantidades elevadas de materia volátil (sustancias orgánicas, azufre) – la concentración de contaminantes en materiales alternativos para los cuales el proceso delcemento tiene una capacidad insuficiente de retención (como Hg) debe ser limitada → Las líneas de producción de cemento deberán estar equipadas con un sistema capaz de suministrar polvo del filtro de operación directamente a los molinos de cemento.
Principio 5	**El control de emisiones es obligatoria:** → Las emisiones deben controlarse para demostrar: – el cumplimiento de las reglamentaciones y acuerdos nacionales – el cumplimiento de los reglamentos corporativos – la confiabilidad del control de calidad inicial de los materiales de ingreso en el proceso.
Principio 6	**Se requiere el preprocesamiento de residuos para ciertos flujos de residuos:** → Para una operación óptima, los hornos requieren flujos uniformes de materia prima y de combustible desde el punto de vista de calidad y cantidad. Esto sólo puede lograrse para ciertos tipos de residuos mediante el preprocesamiento de los mismos.
Principio 7	**Las evaluaciones de impacto ambiental (EIA) confirman el cumplimiento con las normas ambientales:** → Las evaluaciones de riesgo son una forma eficaz para identificar las debilidades en el sistema. → Los análisis del flujo de material y de energía ayudan a optimizar el uso de los recursos.

6.2.2 Emisiones importantes

Cada país debe establecer sus parámetros de contaminantes y sus valores base para emisiones industriales teniendo en cuenta el desarrollo económico e industrial en general. En Europa, por ejemplo, la Directiva Europea de Incineración de Residuos (2000/76/EC) y el Registro Europeo de Emisiones Contaminantes (EPER, 96/61/EC, → *ver* ***Anexo 13***) definen dichas emisiones. Este último comprende 50 contaminantes y proporciona valores umbral que deben informarse para emisiones hacia el aire y el agua (kg/año). En Europa ninguna emisión de hornos rotatorios de cemento hacia el suelo y agua debe alcanzar los valores base EPER. Estados Unidos tiene un registro similar.

Fábricas de cemento. Las emisiones al aire y las emisiones al aire del horno rotatorio que la Directiva Europea de Incineración de residuos y el EPER consideran de importancia incluyen:

→ Polvo[10], SO_2, NO_X (suma de NO y NO_2), CO, VOC
→ HCl, HF, NH_3, PCDDs/PCDFs, benceno
→ Hg, Tl, Cd y otros metales pesados.

La verificación e informe sobre emisiones debe incluir los componentes descritos en → ***Tabla 5*** *de la página 28.* Estos requerimientos para la verificación de emisiones a la atmósfera en fábricas de cemento son ambiguos pero se recomiendan como normas para los reglamentos sobre emisiones a la atmósfera.

10 Polvo total en el gas limpio, después de desempolvar el equipo. En el caso de las principales cubas del horno rotatorio, más del 95% del polvo de gas limpio tiene calidad PM10; es decir, es materia particulada (PM) menor a 10 micras.

6.0 Requerimientos para el Co-Procesamiento en Hornos Rotatorios de Cemento

El cálculo e informe sobre contaminantes de efecto invernadero (emisiones de CO_2) se realiza de acuerdo con el protocolo de CO_2 de Cemento del WBCSD[11].

Debido a la naturaleza volátil del mercurio, se debe prestar especial atención al contenido de mercurio en el material empleado para la producción de clinker (materias primas y combustible convencionales o alternativos) y a los procedimientos de operación.

Componente	Frecuencia de verificación
Polvo, SO_2, NO_X, CO, VOC	Continua
HCl, NH_3, Benceno, Hg, metales pesados, Dioxinas, Furanos (PCDDs/PCDFs)	Al menos una vez al año

Tabla 5: Frecuencia de la verificación de emisiones para componentes importantes

MERCURIO

El mercurio (Hg) es bioacumulativo, un riesgo para la salud, y es altamente tóxico para los humanos en todas sus formas químicas. Es un elemento comparativamente raro, con un promedio de concentración en la corteza terrestre de sólo 0.00005%. Se encuentra tanto en forma natural y como en forma de contaminante introducido en el ambiente. Debido a su naturaleza volátil y a su presencia en combustibles fósiles empleados en muchos procesos industriales, el mercurio es liberado hacia la atmósfera a partir de una amplia gama de fuentes de emisión antropogénicas.

También se encuentra en casi todos las materias primas del cemento y tipos de carbón mineral. El mercurio puede introducirse en el proceso del cemento vía materias primas y combustibles fósiles en diferentes cantidades. Una fuente adicional de mercurio en el horno rotatorio puede ser el co-procesamiento de residuos con contenido de este elemento, por ejemplo, pesticidas, lodos, etc. Debido a su naturaleza física, el mercurio no queda capturado en la matriz del clinker. Forma compuestos gaseosos que no son retenidos en el área del horno rotatorio y del precalentador. En cambio, los compuestos gaseosos se condensan en partículas de materias primas en el área de molienda gruesa y del colector de polvo durante la operación de compuestos (molino en funcionamiento). Así, el mercurio se acumula en el ciclo de material externo durante la operación de compuesto y escapa hacia la atmósfera durante las fases de operación directa (molino fuera de servicio). Las emisiones de mercurio pueden minimizarse implementando una derivación externa, suministrando el polvo del filtro de operación directa a los molinos de cemento. Para reducir las emisiones de mercurio, también puede ser necesario limitar el ingreso de mercurio en el sistema de hornos rotatorios vía materiales de alimentación (materias primas y combustibles convencionales y alternativos).

La Directiva de Incineración de Residuos de la Unión Europea 2000/76/EC, al igual que la regla USA MACT para la incineración de residuos peligrosos, limitan las emisiones de mercurio a 0.05 mg/Nm³ un valor base límite que debe ser respetado por todos los trabajadores de fábricas de cemento. Los hornos rotatorios de cemento no tienen ningún problema para cumplir con este límite bajo condiciones normales. Esto también es cierto si se usan combustibles alternativos en lugar de combustibles fósiles. El uso responsable de AFR incluye pruebas de materiales críticos entrantes para determinar sus contenidos de Hg y evitar su uso si el contenido de Hg es elevado. Los ecobalances realizados en Alemania para comparar las diferencias ecológicas entre el co-procesamiento y otras formas de tratamiento de residuos revelaron que sólo el mercurio tiene que considerarse como un elemento "riesgoso" para el co-procesamiento.

11 Informe sobre Contabilidad e Informe de CO_2 para la industria cementera. http://www.wbcsd.org/web/publications/cemento-tf1.pdf

Plantas de preprocesamiento de AFR

En el documento guía del EPER, se mencionan las siguientes emisiones potenciales hacia la atmósfera para actividades de gestión de residuos:
CH_4, CO, CO_2, NH_3, NO_X, SO_X, As, Cd, Cr, Cu, Hg, Ni, Pb, Zn, HCB, PCDDs/PCDFs, TCM, TCE, PAH, HCl, HF, VOC y polvo.

Es improbable que las emisiones normales hacia el aire, suelo y agua de plantas de preprocesamiento de AFR alcancen valores umbral límite de EPER para cualquiera de los contaminantes. No obstante, la verificación y el informe de emisiones debe realizarse de acuerdo con las reglamentaciones localmente aplicables.

6.2.3 Generación de emisiones y técnicas de reducción

Fábricas de cemento

Emisiones a la atmósfera: En el → ***Anexo 14.*** se pueden encontrar las causas de emisiones a la atmósfera a partir de la producción de cemento, escalas de emisión y técnicas adecuadas de reducción. Debido a que no hay un cambio significativo en las emisiones con co-procesamiento de tecnología de punta, el Anexo también aplica para el co-procesamiento.
Agua y suelo: Las fábricas de cemento, por regla general, no emiten agua industrialmente contaminada. Producen residuos líquidos domésticos procedentes de varias secciones de la fábrica. Estos efluentes se descargan a las instalaciones de tratamiento de aguas residuales públicas o de la fábrica. El impacto sobre el suelo puede originarse de emisiones fugitivas de polvo y normalmente se limitan al área de la fábrica (y de la cantera). Los depósitos de polvo pueden impedir el crecimiento de la vegetación.
Ruido: Generado normalmente por los ventiladores y compresores, reductores de velocidad, molinos de bolas, enfriadores planetarios y el tránsito. Las medidas preventivas son de rutina e incluyen barreras contra ruido, insonorización y ubicación, o, lo que sería ideal, ubicar las fábricas de cemento lejos de asentamientos humanos. La salud y la seguridad de empleados y residentes normalmente requieren de una combinación de todas estas medidas de reducción.

Plantas de preprocesamiento de AFR

Emisiones a la atmósfera: Las emisiones a la atmósfera de una planta de preprocesamiento de AFR dependerán de los residuos tratados y de los procesos empleados. Se deben esperar emisiones de polvo y VOC, y se deben implementar técnicas de reducción adecuadas. Las técnicas de reducción comunes para VOC incluyen trampa de nitrógeno, tratamiento biológico, tratamiento térmico y con carbón activado. El uso de filtros de bolsa normalmente permite reducir el polvo.
Agua y suelo: Las emisiones hacia agua y suelo de un planta de preprocesamiento de AFR dependerá de los tipos de residuos tratados y de los procesos empleados. Se deben implementar técnicas de reducción adecuadas. Según el grado y naturaleza de los agentes contaminantes y la salida (agua superficial, tratamiento de agua en el sitio, recolección industrial, o estación urbana), se pueden emplear diferentes técnicas de reducción solas o en combinación:
- → uso de separadores de hidrocarburos/aceites/lodos
- → carbón activado (debe ser suficiente para agua con bajos niveles de contaminación)
- → tratamiento físico-químico
- → tratamiento biológico
- → tratamiento térmico (para aguas altamente contaminadas).

Los productos derivados de dichos procedimientos (carbón activado usado, lodos, hidrocarburos, aceites, etc.) pueden ser reintroducidos en el proceso de producción de cemento para recuperación/eliminación o dirigidos a plantas de tratamiento externas.
Olor y ruido: El procesamiento con AFR puede resultar una fuente importante de olor, pero los efectos dependerán de los tipos de residuos tratados y de los procesos empleados. Se deben implementar técnicas de reducción adecuadas. Las técnicas de reducción comunes para el olor incluyen trampa de nitrógeno, tratamiento biológico, carbón activado y tratamiento térmico. Las medidas preventivas para el ruido son las mismas mencionadas en el punto 3.

6.0 Requerimientos para el Co-Procesamiento en Hornos Rotatorios de Cemento

6.2.4 Monitoreo y reporte de emisiones

Fábricas de cemento

Emisiones a la atmósfera: Se deben medir los siguientes parámetros en todas las plantas (ver Directiva EC-2000-76-EC; los valores umbral límite para estos parámetros se mencionan en → *ver* ***Anexo 15***):

- → **continuamente: polvo, SO_2, NO_X, y VOC**
- → **por lo menos una vez al año: HCl, NH_3, benceno, PCDD/PCDF y furanos, Hg y otros metales pesados.**

Se deben emplear monitores en línea confiables para tener mediciones continuas. Para las mediciones una vez al año, las empresas deben contratar compañías de servicio nacionales o internacionales. Todos los datos sobre emisiones deben, para efectos de comparación mundial (punto de referencia), convertirse y proporcionarse en las mismas unidades como promedios diarios (mg de .../Nm^3, gas seco al 10% de contenido de O_2).

Durante las mediciones hechas una vez al año, las empresas de servicio deben medir polvo, SO_2, NO_X y VOC y comparar los resultados con los promedios respectivos de las mediciones continuas en el mismo período. En caso de variaciones importantes, se deben verificar mediciones continuas y discontinuas para ver su precisión. Para mediciones continuas, los informes estandarizados incluyen:

- → promedio anual de los promedios diarios
- → número de promedios diarios que exceden un valor límite
- → variación estándar de los promedios diarios.

Los informes estandarizados para mediciones periódicas incluyen el valor de la media aritmética de todas (si son más de una) las mediciones en un año.

Suelo y agua: las fábricas de cemento no producen aguas residuales específicas a la producción de cemento, pero sí producen aguas residuales domésticas que normalmente son enviadas por tubería a una instalación de tratamiento de aguas residuales pública o propiedad de la fábrica. Se usan procedimientos estándar para verificar la calidad del agua efluente y para ajustar el proceso de limpieza.

Polvo: Si una materia volátil como un metal o materia orgánica ingresa al sistema entonces puede convertirse en parte del polvo proveniente de las chimeneas principales. En caso del apagado de precipitador electrostático, este material puede emitirse y afectar los suelos cercanos a las chimeneas. En una fábrica de cemento con tecnología de punta, parte del polvo del filtro de operación directa se separa y suministra al molino de cemento, con lo cual se evita la acumulación de dichos contaminantes en el circuito de polvo, se emiten y contaminan el suelo.

Olor y ruido: No se conoce ningún método de verificación para estas cuestiones específicas a la producción de cemento. El monitoreo del olor y el ruido obedece a prácticas de rutina. Mientras que las mediciones de ruido algunas veces se realizan en y alrededor de la fábrica de cemento, las mediciones de olor son engorrosas, complejas, poco confiables y comparativamente costosas. No se sabe de ninguna medición de olor en o alrededor de una fábrica de cemento. *[→ ver* ***Estudio de Caso 5****: Verificación e informe de emisiones (EMR) – La experiencia de Holcim]*

Plantas de preprocesamiento de AFR

Emisiones a la atmósfera: Las plantas de preprocesamiento de AFR deberán ser inspeccionadas y un laboratorio de pruebas independiente deberá tomar muestras de emisiones por lo menos una vez al año. La cobertura de la inspección y pruebas de emisión debe ser escrita en la condición de concesión de permiso/licencia de la planta de tratamiento. La empresa que realice las pruebas debe cumplir con los requerimientos de las leyes locales en cuanto a competencia y elaboración de informes.

Suelo y agua: El agua de limpieza y proceso puede ser una fuente importante de contaminación del agua. Los valores límite de descarga en cuanto a contaminantes deben ser una parte integral del permiso y su cumplimiento debe ser verificado e informado. Salvo en caso de accidentes, no se esperan emisiones hacia el suelo y aguas subterráneas. Sin embargo, se debe realizar una investigación inicial independiente del nivel de contaminación de aguas subterráneas y suelo antes de la construcción o puesta en marcha de una planta de tratamiento de residuos en caso de futuros alegatos y responsabilidades.

Olor y ruido: Debido al relativamente bajo nivel esperado de ruido, generalmente no se requiere de un control específica. Sin embargo, se pueden tomar medidas para salvaguardar la salud y seguridad de los trabajadores y

para la evaluación del impacto ambiental, en especial cuando se hacen pruebas de equipamiento nuevo. Las mediciones de olor pueden ser complejas y nada confiables. No obstante, se debe realizar una medición inicial independiente de los niveles de olor y ruido antes de la construcción o puesta en marcha de plantas de tratamiento de residuos en caso de futuras quejas por parte de vecinos y de futuros alegatos y responsabilidades. *[→ ver **Estudio de Caso 6**: Preprocesamiento de material de residuo– El ejemplo de Ecoltec, México]*

6.2.5 Impacto ambiental de contaminantes en productos

Algunos metales pesados (por ejemplo, Hg, Tl, Cd, Sb, As, Pb, Cr) son llamados contaminantes porque si son ingeridos por organismos vivos en cantidades excesivas, pueden afectar la salud. Lo mismo se aplica en el caso de contaminantes orgánicos (por ejemplo, PCDD y PCDF). Ya que los metales pesados están presentes en todos los materiales de alimentación (convencionales y AFR), algunos se encontrarán en el producto de cemento final.

El contenido de metales pesados en el clinker hecho sin AFR varía significativamente dependiendo de la ubicación geográfica y/o geológica de las materias primas. Largas investigaciones han demostrado que el efecto de AFR en el contenido de metales pesados del clinker es limitado desde el punto de vista estadístico. La única excepción es que el uso de neumáticos en gran volumen elevará los niveles de zinc.

Los contaminantes orgánicos en los materiales que se alimentan en las zonas de alta temperatura del sistema de hornos rotatorios son completamente destruidos y las cenizas inorgánicas son incorporadas en el producto final.

El mortero y el concreto actúan como un sistema "de barreras múltiples" contra la emisión de metales debido a:

- → la incorporación de metales en la estructura cristalina del clinker
- → la incorporación de metales en el producto de hidratación en el cemento
- → la formación de minerales no solubles
- → el encapsulamiento de metales en la densa estructura del concreto.

6.2.6 Lixiviación de contaminantes incorporados del concreto

Las evaluaciones de la calidad ambiental del cemento y el concreto se basan normalmente en las características de lixiviación de metales pesados en agua y suelo. Se deben considerar diversas situaciones de exposición:

- → exposición de estructuras de concreto en contacto directo con aguas subterráneas (aplicaciones "primarias")
- → exposición del mortero o del concreto a agua potable en los sistemas de distribución (tuberías de concreto) o sistemas de almacenamiento (tanques de concreto); (estas son aplicaciones de "vida de servicio")
- → Reutilización de escombros de concreto demolido y reciclado en nuevos agregados, construcciones de carreteras, rellenos de presas, etc. (aplicaciones "secundarias" o de "reciclaje")
- → Residuos de escombros de concreto demolido en rellenos públicos (aplicaciones de "fin de ciclo").

La lixiviación de microelementos del concreto dentro de los valores de pH ambientalmente importantes (7 a 11) es un proceso controlado por difusión (es decir, extremadamente lento). Sin embargo, los metales no comparten las mismas características de lixiviación principales.

Los resultados principales de los muchos estudios de lixiviación realizados para evaluar los impactos ambientales de metales pesados embebidos en el concreto son los siguientes:

- → Las cantidades lixiviadas de todos los microelementos a partir de concreto monolítico (vida de servicio y reciclaje) están por debajo o cerca de los límites de detección de los métodos analíticos más sensibles
- → No se han observado diferencias significativas en el comportamiento de extracción de microelementos entre los diferentes tipos de cementos producidos con o sin combustiles y materias primas alternativos
- → El comportamiento de lixiviación del concreto hecho con diferentes tipos de cemento es similar
- → Sin embargo, las concentraciones lixiviadas de algunos elementos tales como cromo, aluminio, y bario pueden, bajo ciertas condiciones de prueba, acercarse a límites determinados en estándares de agua potable; el cromo hexavalente en el cemento es soluble al agua y puede ser lixiviado del concreto en un nivel más alto que otros metales; de tal manera que los ingresos de cromo al cemento y al concreto deben ser lo más limitados posible

6.0 Requerimientos para el Co-Procesamiento en Hornos Rotatorios de Cemento

→ Pruebas de laboratorio y estudios de campo han demostrado que los valores límite aplicables (por ejemplo, especificaciones de agua subterránea o agua potable) no se ven rebasados siempre y cuando la estructura del concreto permanezca intacta (por ejemplo, en aplicaciones primarias o de "vida de servicio")

→ Ciertos metales como el arsénico, cromo, vanadio, antimonio o molibdeno (llamados "oxianiones") pueden tener un comportamiento de lixiviación más móvil, en especial cuando la estructura del mortero o el concreto es destruida por trituración u otros procesos de reducción de tamaño (por ejemplo, en etapas de reciclaje tales como su uso como agregados en cimientos de carreteras o en situaciones de fin de ciclo tales como sitios de disposición final)

→ Ya que no hay relaciones simples y consistentes entre las cantidades lixiviadas de microelementos y sus concentraciones totales en el concreto o el cemento, el contenido de microelementos en el cemento no puede ser empleado como criterio ambiental.

En casos en los que la concentración de metales pesados excede el rango normal encontrado en cementos hechos sin AFR, se deben realizar pruebas de lixiviación.

Se deben aplicar diferentes pruebas de lixiviación y procedimientos de evaluación para diferentes situaciones de exposición real al concreto y al mortero. Los procedimientos de prueba estandarizados existentes han sido desarrollados principalmente para leyes sobre residuos y estándares de agua potable. Sigue habiendo una necesidad de procedimientos de prueba de cumplimiento compaginados y estandarizados basados en las situaciones de exposición descritas anteriormente.

6.2.7 Comentarios especiales con respecto a las dioxinas y los furanos

El Convenio de Estocolmo sobre Contaminantes Orgánicos Persistentes (COP's) menciona los hornos rotatorios de cemento que incineran residuos peligrosos como una fuente potencial de emisiones de PCDD/PCDF. Aunque hay excepciones, las emisiones de PCDD/PCDF de hornos rotatorios de cemento son normalmente de menos de 0.1 ng I-TEQ/Nm^3 y parecen ser independientes de si se usa o no AFR. El Convenio de Estocolmo también regula HCB PCBs y está solicitando que la industria aporte más datos.

WBCSD ha hecho un amplio estudio de los COP's y el co-procesamiento (resumen del informe: → *ver **Anexo 16***). El estudio encontró que:

→ Los hornos rotatorios de cemento, salvo unas cuantas excepciones, no emiten PCDD/PCDF en cantidades significativas

DIOXINAS Y FURANOS

Cualquier cloro introducido en el sistema de hornos rotatorios en presencia de material orgánico puede provocar la formación de dibenzodioxinas policloradas (PCDD) y de dibenzofuranos policlorados (PCDF) en los procesos de combustión y procesos húmedo-químicos. Los PCDDs y PCDFs se pueden formar después del precalentador en el dispositivo de control de contaminación de aire si el cloro, los precursores de hidrocarburos procedentes de materias primas y el tiempo están disponibles en cantidades suficientes. Se sabe que la formación de dioxinas y furanos ocurre por síntesis de novo dentro de la ventana de temperatura entre 250-450 °C. Por lo tanto, es importante que el gas de salida sea enfriado rápidamente en este rango. Debido al prolongado tiempo de permanencia en el horno rotatorio y las altas temperaturas, las emisiones de PCDDs y de PCDFs son generalmente bajas durante condiciones de horno rotatorio estables. En Europa, la producción de cemento rara vez resulta una fuente significativa de emisiones de PCDDs/PCDFs. Los datos reportados indican que los hornos pueden cumplir con una concentración de emisión de 0.1 ng TEQ/Nm^3, que es el valor límite en la legislación europea para plantas de incineración de residuos peligrosos (Directiva del Concejo 94/67/EC). Mediciones hechas en Alemania en 6 hornos rotatorio de clinker y cemento (hornos rotatorio precalentadores de suspensión y hornos rotatorio Lepol) indican que la concentración promedio llega a unos 0.02 ng TE/m^3.

Fuente: Integrated Pollution Prevention and Control (IPPC): Reference Document on the Best Available Technology in Cement and Lime Manufacturing Industries, 12/2001

→ Si se producen emisiones de PCDDs/PCDFs, normalmente son producto de la reacción de compuestos orgánicos en materias primas, volatilizados de la harina cruda, y que actúan como materiales precursores en la nueva formación de PCDDs/PCDFs en las partes de enfriamiento del proceso
→ La tecnología de horno rotatorio de proceso de largo húmedo y largo seco es en cierta forma más susceptible a emisiones de PCDDs/PCDFs que la moderna tecnología de precalentamiento/precalcinamiento de ciclón
→ Las emisiones de PCDDs/PCDFs parecen ser independientes del uso de combustibles alternativos si se observan los principios generales de un buen control de proceso.

*[→ ver **Estudio de Caso 7:** Combustión de prueba con verificación de PCDD/PCDF – Los ejemplos de Filipinas]*

6.2.8 Operación de horno rotatorio y desviación alterna de polvos

En casos de entrada excesiva de cloros con materiales de alimentación, los hornos rotatorios de cemento desarrollan problemas de operación debido a la adhesión de los materiales procesados. Estos problemas se resuelven extrayendo parte de los gases del horno rotatorio en el punto de más alta concentración de cloro. Con la extracción de aire, los cloros se condensan en partículas de polvo y entonces pueden ser eliminados del sistema por medio de dispositivos de desempolve. El intermedio o subproducto resultante es polvo de puente (BpD).

En algunos casos, en especial en los Estados Unidos, el mercado requiere cementos de bajo álcali. La volatilización del álcali se ve aumentada con la adición de cloro. Ambos son luego eliminados mediante una desviación alterna de polvos que genera BpD.

Si la eliminación de álcali se realiza en hornos largos de proceso húmedo o seco, entonces se produce un tipo diferente de polvo, llamado polvo de horno rotatorio de cemento (CKD, niveles moderados de enriquecimiento).

Tanto el BpD como el CKD pueden ser minimizados y agregados a los cementos (si lo permiten las normas locales) pero en algunos casos no pueden ser completamente reutilizados. Entonces se puede requerir de un relleno sanitario para disponerlo.

→ Si no se puede evitar el uso de un sitio de disposición final, el vertimiento debe hacerse de acuerdo con los reglamentos de vertimiento controlado
→ El BpD y el CKD deben ser compactados para prevenir la erosión eólica, y la cara expuesta debe ser minimizada
→ Los efluentes deben ser recogidos y tratados antes de su emisión.

6.o Requerimientos para el Co-Procesamiento en Hornos Rotatorios de Cemento

6.3 Asuntos operativos

6.3.1 Principios

Principio 8	**La determinación de las fuentes de los residuos y AFR es esencial:** → El seguimiento de los residuos ayuda a evitar emisiones no deseadas, a minimizar riesgos de operación y a asegurar la calidad del producto final. → Se debe asegurar el seguimiento en la planta de preprocesamiento o de co-procesamiento desde la recepción hasta su tratamiento final. → Los acuerdos de negocios con clientes regulares (generadores de residuos, empresas que manejan los residuos) deberán incluir criterios de calidad y de entrega para permitir un flujo uniforme de residuos. → Se deben rechazar las categorías de residuo inadecuadas para el co-procesamiento. → Todos los residuos candidatos (nuevos) estarán sujetos a un procedimiento de prueba de calificación de su fuente antes de su aceptación.
Principio 9	**El transporte, manejo y almacenamiento de materiales debe controlarse:** → Los lineamientos generales para el transporte de residuos y de AFR deben cumplir con los requerimientos reglamentarios. → Se deben proporcionar instrucciones y equipamiento adecuados para el transporte, manejo y almacenamiento de residuos sólidos y líquidos y se proporcionan y mantienen AFR con regularidad. → Se diseñan sistemas de transporte, dosificación y alimentación para minimizar emisiones fugitivas de polvo, para prevenir derrames y para evitar vapores tóxicos o perjudiciales. → Los planes de emergencia y de respuesta a derrames adecuados deben ser desarrollados, implementados y dados a conocer a los empleados de la fábrica *(→ ver también **6.4.3**)*.
Principio 10	**Se deben considerar aspectos de operación:** → AFR será alimentado al sistema de hornos rotatorio sólo en los puntos de introducción apropiados determinados por las características de los AFR. → Las condiciones técnicas de la fábrica que influyen en las emisiones, calidad del producto, y capacidad serán cuidadosamente controladas y verificadas. → Para condiciones de arranque, cierre, o de inestabilidad del horno rotatorio, la estrategia en relación con la alimentación de AFR ha de ser documentada y puesta a disposición de los trabajadores.
Principio 11	**El sistema de control de calidad es obligatorio:** → Se deben desarrollar e implementar planes de control documentados para residuos y AFR en cada sitio de preprocesamiento o co-procesamiento. → Se deben proporcionar procedimientos, equipamiento adecuado y personal capacitado para el control de residuos y AFR. → En caso de incumplimiento de las especificaciones dadas se deben implementar protocolos apropiados y éstos deben ser comunicados a los trabajadores.
Principio 12	**Control y auditoría que permitan un rastreo transparente:** → Se desarrollan e implementan protocolos de control y auditoría en instalaciones para la gestión de residuos y de AFR en instalaciones de preprocesamiento y co-procesamiento. → Se proporcionan instrucciones y capacitación adecuadas al personal de la empresa en la realización de auditorías internas.

6.3.2 Fuentes de residuos y de AFR

El uso potencial de un residuo como AFR en un sitio de preprocesamiento o co-procesamiento requiere de un cuidadoso proceso de selección para asegurar que el material cumple con las especificaciones externas e internas determinadas y otros requerimientos.

Antes de la aceptación de un residuo, éste debe someterse a un proceso de calificación detallado que consista en los siguientes pasos:

→ Identificación del generador del residuo candidato
→ Evaluación de la información existente como
  – Actividad de negocio o tipo de proceso de generación de residuos
  – Disposición, almacenamiento o tratamiento intermedio del residuo
  – Características físicas y químicas del residuo
  – Datos sobre salud y seguridad y clasificación de riesgos (Hojas de Datos sobre Seguridad de Materiales (MSDS, etc.)
  – Volúmenes en existencia y tasas de entrega mensual esperadas
  – Condiciones de transporte (códigos de los residuos, códigos de transporte, embalaje, modo de transporte, requerimientos legales)
→ Pruebas a toda escala de una muestra representativa del residuo que incluyan por lo menos todas las características químicas y físicas mencionadas en el permiso operativo y en las especificaciones de la fábrica
→ Comparación con las especificaciones dadas
→ Creación de "archivos maestros de datos" del residuo candidato *[→ ver **Anexo 17** como ejemplo]*
→ En caso de aceptación del residuo candidato: contrato y disposición para la entrega del residuo.

Los residuos mencionados en → ***capítulo 6.1.4*** y los residuos con información insuficiente, dudosa o no confiable no serán aceptados.

6.3.3 Transporte, manejo y almacenamiento de materiales

El transporte, almacenamiento y gestión de residuos, en especial aquellos con características peligrosas, frecuentemente están sujetos a requerimientos legales detallados y/o otras reglamentaciones. Se deben observar estos requerimientos o reglamentaciones locales, nacionales e internacionales (por ejemplo, el Convenio de Basilea). Se deberán adoptar las siguientes buenas prácticas de manejo y compromisos.

Guía para el transporte. Sólo se escogerán transportistas autorizados para entregar residuos y AFR al sitio de preprocesamiento y co-procesamiento. Los dueños y/o operadores del equipo de transporte deberán

→ proporcionar pruebas del mantenimiento adecuado de su equipo
→ emplear sólo operadores capacitados
→ cumplir con todas las reglamentaciones y requerimientos legales correspondientes según la naturaleza de los materiales entregados
→ seguir estrictamente los procedimientos y protocolos del sitio de manufactura cuando estén en la propiedad de la fábrica.

El sitio de preprocesamiento o co-procesamiento informará a los propietarios y operadores del transporte sobre los requerimientos aplicables dentro de la propiedad. El sitio de preprocesamiento o co-procesamiento solicitará a los proveedores de residuo pruebas de una capacitación adecuada de sus operadores.

Guía para el transporte, manejo y almacenamiento internos. El transporte, almacenamiento y manejo internos de los residuos y AFR deberá realizarse de manera que se prevenga la posibilidad de derrames y contaminación de aguas subterráneas y suelo, se minimice el riesgo de incendio o explosión, se controle el polvo fugitivo de los materiales secos y se contengan componentes volátiles, olores y ruido. El sitio de preprocesamiento y de co-procesamiento deberá:

→ desarrollar y especificar procedimientos e instrucciones para descarga, manejo y almacenamiento de combustibles y materias primas sólidas y líquidas
→ proporcionar instalaciones de manejo y capacidad de almacenamiento adecuadas y suficientes
→ implementar y comunicar los planes de respuesta a derrames y emergencias
→ implementar controles adecuados de polvo fugitivo durante el transporte, carga, traslado y uso de los sitios de almacenamiento de la fábrica
→ controlar la erosión eólica y el escurrimiento de agua de los acopios
→ aplicar un diseño seguro contra incendios y explosiones para todas las instalaciones según la naturaleza de los materiales
→ proporcionar instalaciones y equipo adecuados para la supresión o contención de componentes gaseosos volátiles
→ asegurar la disponibilidad de equipo de protección adecuado y de capacitación para los trabajadores en el sitio.

6.0 Requerimientos para el Co-Procesamiento en Hornos Rotatorios de Cemento

6.3.4 Aspectos operativos

El uso seguro y responsable de AFR requiere de una cuidadosa selección de puntos de alimentación en el sistema de hornos rotatorio, así como también de un control operativo amplio según las características y volúmenes específicos de AFR.

Guía para la selección de puntos de alimentación

Se seleccionarán puntos de alimentación adecuados de acuerdo con las características físicas, químicas y (si es pertinente) toxicológicas del AFR empleado *[→ ver **Figura 6**].*

Los combustibles alternativos siempre son alimentados en las zonas de combustión de alta temperatura del sistema de hornos rotatorio. La naturaleza química y física del combustible determinan el punto de alimentación exacto, es decir, ya sea el quemador principal, el quemador precalcinador, la combustión secundaria en el precalentador, o en la zona media del horno rotatorio (para hornos largos de proceso seco y húmedo).

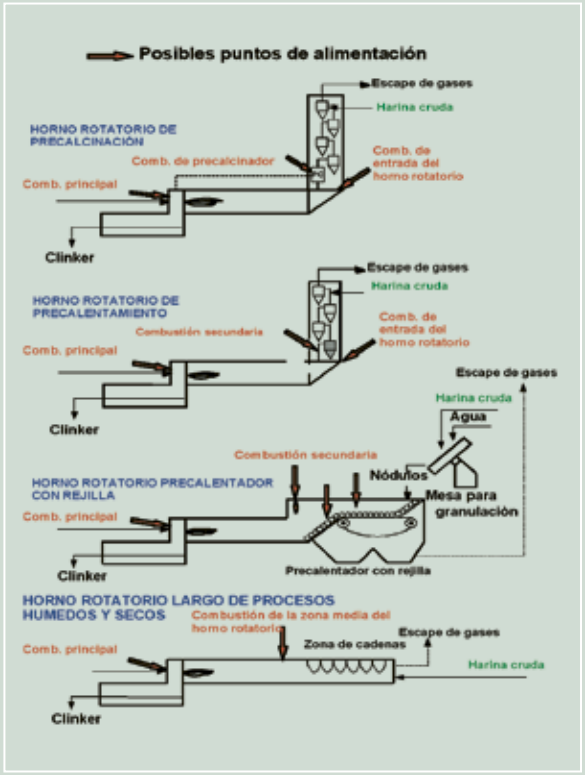


Figura 6: Posibles puntos de alimentación para AFR

Los combustibles alternativos que contienen componentes tóxicos estables deben ser alimentados por el quemador principal para asegurar una combustión completa debido a la alta temperatura y el largo tiempo de retención.

Se prohíbe la alimentación de materias primas que contienen componentes volátiles (orgánicos e inorgánicos) en el horno vía el suministro normal de harina cruda a menos que se haya demostrado mediante corridas de prueba controladas en el horno o por pruebas adecuadas de laboratorio que se pueden evitar emisiones no deseadas por la chimenea.

Guía para el control de la operación del horno

La aplicación de AFR no debe afectar negativamente la operación continua y uniforme del horno rotatorio, calidad del producto, o el desempeño ambiental del sitio. Por lo tanto, se debe asegurar una calidad y tasa de alimentación constantes de AFR.

El impacto del AFR en el ingreso total de elementos volátiles circulantes tales como cloro, azufre, o álcalis se evalúa con mucho cuidado antes de la aceptación ya que pueden causar problemas de operación en el horno rotatorio. Los criterios específicos de aceptación para estos componentes se establecen individualmente por el sitio, basándose en el tipo de proceso y en las condiciones específicas del horno.

Se aplican los principios generales de un buen control operativo del sistema de horno rotatorio usando combustibles y materias primas convencionales. En especial, se miden, registran y evalúan constantemente todos los parámetros de los procesos pertinentes.

Los operadores del horno rotatorio reciben la capacitación correspondiente, con un enfoque especial en los requerimientos especiales relacionados con el uso de AFR (lo que incluye salud y seguridad en el trabajo y aspectos ambientales sobre emisiones).

Para condiciones de arranque, cierre o de inestabilidad del horno rotatorio, se deben poner a disposición instrucciones de trabajo escritas que describan la estrategia para desconectar o reducir la alimentación del AFR y dar a conocer éstas a los operadores del horno rotatorio.

El contenido de mineral del AFR puede cambiar las características del clinker. La composición de la mezcla

cruda debe ajustarse correspondientemente para apegarse a los puntos químicos establecidos.

Se deben definir los límites de ingreso de cloro, azufre y álcalis, y se deben observar en forma estricta los puntos operativos establecidos.

La instalación de derivaciones para aumentar el uso de AFR sólo deberá considerarse si se han identificado las soluciones adecuadas para el manejo de desviación alterna de polvo generado. Un vertimiento no controlado de desviación alterna de polvo no es aceptable.

El uso de AFR se basa en tecnología de punta para combustibles y materias primas convencionales. Se evaluarán y se adaptarán, si es necesario, los avances y mejoras tecnológicas.

6.3.5 Sistema de control de calidad

Cada sitio que preprocesa o co-procesa debe establecer un amplio sistema de control de calidad para la calificación de la fuente de residuos, entregas de rutina, envíos de producto de AFR, y el sitio de co-procesamiento para su producto final (clinker, cemento).

Guía para planes de control

El esquema de control modelo *[→ ver **Anexo 18**]* ilustra el control de residuos y AFR. El plan de control debe desarrollarse en colaboración con el departamento comercial responsable de la fuente de residuo, y con el pre-procesador de residuo y/o la administración de la fábrica de cemento.

Se deben realizar controles de entrega en operaciones de rutina para cada embarque individual. El control de entrega tiene una parte administrativa (control de documentos, identificación de certificado de residuo /AFR, control de certificado de transporte, etc.) y una parte analítica (muestreo, pruebas/análisis, comparación con las especificaciones).

El plan detallado de control depende del origen y la naturaleza del residuo o AFR y contiene especificaciones sobre códigos de identificación, responsabilidades, ubicación y frecuencia de muestreo, tipo de pruebas analíticas, frecuencia de pruebas y requerimientos para los permisos.

En las plantas de preprocesamiento, cada lote de AFR tratado ha de ser controlado antes de despacharlo a la fábrica de cemento o antes de transferirlo a los tanques de alimentación o silos.

Las muestras de pruebas y los resultados de prueba deben ser almacenados o archivados durante un tiempo definido.

Se deben realizar pruebas de comparación periódicamente para verificar y mejorar el desempeño analítico del laboratorio de control.

*[→ ver **Estudio de Caso 8**: Laboratorio de control de calidad de AFR – el ejemplo de Resotec en Brasil]*

Guía para procedimientos, equipo y capacitación

Las instrucciones de trabajo documentadas (procedimientos estándar de operación) para el muestreo, pruebas analíticas, almacenamiento de muestras, manejo de equipo de laboratorio (calibración, mantenimiento, etc.), procedimientos administrativos y validación de resultados deben ponerse a disposición y ser comunicados al personal de servicio.

Se debe proporcionar y mantener un diseño de laboratorio, infraestructura y equipo de muestreo y pruebas adecuados para posibilitar todas las pruebas requeridas correspondientes a los tipos de residuo/AFR y el plan de control.

El personal de servicio debe recibir la capacitación adecuada de acuerdo con las necesidades específicas y la naturaleza de los residuos o AFR. Se habrán de desarrollar y mantener planes de capacitación y registros de capacitación documentados para su referencia. La capacitación incluye aspectos de salud y seguridad en el trabajo y aspectos ambientales.

Lineamientos para casos de no cumplimiento

Se debe disponer de protocolos e instrucciones escritos que detallen las medidas que deberán tomarse en caso de no cumplimiento con las especificaciones o reglamentaciones determinadas.

Los proveedores del residuo o AFR deben ser informados de las entregas que no cumplen con las especificaciones.

Si las explicaciones dadas por el proveedor no son satisfactorias, el envío debe ser rechazado, y este hecho debe ser notificado a las autoridades (si esto es requerido en el permiso).

Se deben evaluar los resultados de las pruebas para cada proveedor de manera estadística para evaluar el desempeño y confiabilidad del proveedor de residuo/AFR, y para la revisión periódica del contrato.

Lineamientos para el control del producto final

Los productos finales tales como el clinker o el cemento, están sujetos a procedimientos de control regulares requeridos por las especificaciones normales de calidad según se establezca en las normas de calidad nacionales o internacionales aplicables.

6.3.6 Verificación y auditoría

La verificación sistemática del desempeño de un sitio en combinación con auditorías periódicas deberán asegurar que las operaciones del sitio estén siempre cumpliendo con los permisos de operación y otros requerimientos internos o externos.

Guía para la verificación y las auditorías

La empresa deberá realizar auditorías sistemáticas y periódicas para asegurar el cumplimiento con su permiso de operación de residuos, con los requerimientos reguladores y con las normas internas y lineamientos como se estipula en los → ***Principios Operativos 8-12.***

La empresa deberá dar capacitación a personal seleccionado de diversos departamentos, (producción, calidad, AFR, jurídico, salud y seguridad en el trabajo, etc.) en cuanto a técnicas y protocolos de auditoría.

Las auditorías internas se realizan por lo menos una vez al año. Estas auditorías se llevan a cabo en combinación con las auditorías que requieren los sistemas de administración ISO 9001/14001. La empresa debe desarrollar y proporcionar instrucciones de trabajo por escrito y protocolos de auditoría (que incluyan listas de verificación) .

Los reportes de auditoría con las conclusiones y recomendaciones principales se envían a la gerencia para su revisión.

La gerencia debe tomar acciones para garantizar que se evalúen las causas primordiales del no cumplimiento y que se eliminen los casos de no cumplimiento.

Se deben llevar a cabo auditorías por terceros adicionales (por instituciones independientes) periódicamente para verificar o completar los resultados de la auditoría realizada por el equipo de auditoría interna.

6.4 Salud y seguridad en el trabajo (OH&S)

6.4.1 Principios

Principio 13	**Un sitio adecuado evita riesgos:** → Una ubicación adecuada (ambiental, proximidad con poblaciones que preocupan, impacto de logística/transporte); buena infraestructura (soluciones técnicas para vapores, olores, polvo, filtraciones hacia el suelo o aguas superficiales, protección contra incendios, etc.) y directivos y empleados capacitados adecuadamente con respecto al manejo y procesamiento de AFR, todos pueden ser factores que minimicen los riesgos.
Principio 14	**Políticas de seguridad:** → Cada sitio debe contar con una unidad encargada de las políticas de seguridad. → Un encargado en prevención de riesgos es el responsable del arreglo y desempeño de la unidad.
Principio 15	**La documentación y la información son obligatorias:** → La documentación y la información son la base de la apertura y la transparencia sobre las medidas de salud y seguridad. → La información debe ser puesta a disposición de los empleados y las autoridades antes de iniciar cualquier actividad de co-procesamiento.
Principio 16	**Se debe dar capacitación en todos los niveles:** → Se debe capacitar al cuerpo administrativo antes de iniciar con el co-procesamiento en una nueva planta o sitio. Se recomiendan mucho las visitas a terreno en las instalaciones ya existentes. → La capacitación en cuanto a operaciones peligrosas para trabajadores y subcontratistas nuevos debe llevarse a cabo antes de iniciar la actividad de co-procesamiento. Se debe hacer una certificación periódica de empleados y subcontratistas. Se deben incluir cursos de inducción para todos los visitantes y terceras partes. → Entender los riesgos y cómo mitigarlos son cuestiones cruciales en la capacitación. → La capacitación e información de autoridades es la base para crear credibilidad.
Principio 17	**Planes de emergencia y de respuesta en caso de derrames:** → Una planificación buena y continua de respuesta a emergencias y derrames y de simulacros de respuesta a emergencias, que incluyen a las industrias vecinas y a las autoridades, contribuyen al uso seguro de AFR.

6.0 Requerimientos para el Co-Procesamiento en Hornos Rotatorios de Cemento

6.4.2 Bases de un sistema de salud y seguridad en el trabajo

La salud y seguridad ocupacional son aspectos de gran importancia en el co-procesamiento. La salud y seguridad ocupacional se basan en información completa, una evaluación eficaz de los riesgos y la completa implementación de todas las medidas preventivas. Siempre se prefiere una medida técnica a una medida preventiva personal. La información sobre las decisiones respecto a la salud y seguridad ocupacional debe hacerse del conocimiento de empleados y otros interesados. El manejo de riesgos y crisis son los principales pilares de la salud y seguridad en el trabajo. Esto va de la mano con la evaluación de riesgos, seguridad en el diseño y el sistema de manejo de calidad.

Evaluación/manejo de riesgos: No existe lo que se llama cero riesgos, pero los riesgos pueden ser manejados adecuadamente. La evaluación de riesgos es el examen de la probabilidad y magnitud/impacto de un evento que podría ocurrir. Las evaluaciones de riesgos deben ser realizadas por personal comercial, transportistas y manejadores de residuos, las instalaciones de preprocesamiento, la fábrica de cemento y los ingenieros interesados en el diseño y la selección del equipo de manejo y almacenamiento de AFR . Una evaluación de riesgos debe realizarse durante:

- → el diseño inicial de la planta o su modificación
- → la modificación del proceso
- → la determinación de criterios de aceptación– materiales prohibidos por razones de salud y seguridad en el trabajo o del proceso
- → la determinación de lo que constituye actividades laborales riesgosas en las que se requiera permisos de trabajo
- → el desarrollo de un programa de higiene industrial específica para el sitio que asegure que no habrá efectos adversos para los trabajadores o aquellas personas expuestas al AFR
- → la determinación de cuándo y dónde será necesario el uso de equipo de protección personal según se determine por las mediciones de exposición personal, concentraciones ambientales y límites de exposición ocupacional obligatorios (OELs)
- → el desarrollo de un plan de respuesta a emergencias para las instalaciones de preprocesamiento o co-procesamiento (la administración del sitio debe asegurar que se cuenta con procedimientos de emergencia adecuados y éstos deben ser comunicados a los empleados, autoridades e industrias vecinas)
- → la revisión del equipo crítico y equipo de seguridad (desarrollo de un sistema de revisiones preventivas).

Figura 7: Integración del manejo de riesgos y crisis en un sistema de manejo de calidad.

Los datos obtenidos de las evaluaciones de riesgos pueden ser usados por la instalación de preprocesamiento o co-procesamiento para asignar prioridades en cuanto a qué cosas deben ser atendidas inmediatamente o ponerse en el proceso presupuestal de los años subsecuentes. Se debe comunicar los riesgos identificados y los medios para mitigarlos a todos los interesados, incluyendo a las autoridades.

Seguridad en el diseño: La seguridad de diseño es uno de los aspectos más fáciles, aunque a menudo ignorado para garantizar la salud y seguridad en el trabajo. Las evaluaciones de riesgo son parte del proceso de seguridad en el diseño:

- El sitio con todos los edificios debe cumplir con todos los requisitos legales (en correspondencia con las reglamentaciones de las autoridades)
- La adecuación del sitio; se debe escoger la ubicación menos vulnerable basándose en posibles situaciones mediante el uso de información disponible sobre los tipos, volúmenes, uso, proporciones y proximidad a las poblaciones de interés de los residuos que se han predicho; se deben considerar los aspectos de seguridad del sitio
- La disposición del sitio debe ser puesta a escala y diseñado para la actividad anticipada incluyendo suficiente espacio para la instalación de capacidad de producción aumentada y de almacenamiento
- Se debe usar equipo con buen mantenimiento para el procesamiento y manejo de combustibles y materias primas alternativos cuando sea posible para reducir el peligro de la seguridad del personal o la propiedad
- Las áreas de almacenamiento para combustibles alternativos y materias primas secundarias deben tener un diseño que evite o minimice los riesgos de salud y de seguridad a los empleados y comunidades aledañas
- Los diseños de ingeniería deben cumplir con los lineamientos o códigos internacionales y requerimientos legales (Seveso II, ATEX, RMP, NFPC, VDI, etc.).

Las operaciones peligrosas (que exceden los límites operativos del diseño) o las consecuencias del diseño (por ejemplo, si los conductos de agua para los sistemas contra incendio no tienen presión, ¿cuál es su solución implícita o de respaldo?) pueden ayudar en la determinación de medidas de seguridad tales como capas de protección, (puertas contra explosiones, muros reforzados, líneas de agua paralelas, etc) para procesos o equipos para momentos críticos.

Sistemas de manejo: Contar con un sistema de manejo de salud y seguridad en el trabajo es esencial durante la fase operativa de sitios que manejan, procesan o usan AFR. La base del sistema de manejo es:

- esforzarse por lograr una continua mejora en el desempeño de la salud y seguridad ocupacional (por ejemplo, 18001, CEFIC, Cuidado responsable, etc.)
- el sistema y revisión de auditorías (planificar, hacer, verificar, actuar); revisión de manejo, auditorías internas, auditorías externas (tales como OSHA VPP Five Star), sistemas para salud y seguridad en el trabajo
- contar con la documentación (por ejemplo, hojas de datos o documentos similares, permisos de trabajos riesgosos, registros de capacitación, inspección de equipo y registros de mantenimieto, permisos operacionales, resultados de auditoría, resultados de verificación ambiental y médico, y resultados de higiene industrial) y descripciones de tareas relacionadas con consideraciones necesarias de salud y seguridad en el trabajo, equipo de protección personal, etc.
- crear comunicación obligatoria sobre peligros: cómo indicar los peligros existentes o potenciales, por ejemplo, mapeo o zonas de equipo de protección personal (EPP)
- crear canales de comunicación con interesados, es decir, empleados, contratistas, comunidad, ONGs, autoridades y otras partes involucradas
- Dar capacitación en salud y seguridad ocupacional: específica en relación con el trabajo o tarea que incluya consideraciones de salud y seguridad ocupacional (inspección y pruebas regulares de todo el equipo de seguridad) para a todos los trabajadores que podrían estar expuestos a AFR
- Creación de un puesto encargado de salud y seguridad en el trabajo.

6.o Requerimientos para el Co-Procesamiento en Hornos Rotatorios de Cemento

6.4.3 Organigrama de seguridad y vigilancia

Requerimientos generales: se debe cumplir con algunos requerimientos generales para que el organigrama de seguridad sea funcional y tenga el peso suficiente en el consejo administrativo:

- → El organigrama de seguridad y vigilancia parte directamente debajo del consejo administrativo
- → Un encargado en prevención de riesgos, nombrado por el consejo, encabeza el organigrama; el administrador de riesgos debe ser un miembro del cuerpo administrativo
- → Los diferentes departamentos de seguridad y vigilancia están encabezados por funcionarios de seguridad y vigilancia; las tareas del funcionario de seguridad no deben constituir un trabajo de tiempo completo y la carga de trabajo depende del tamaño de la fábrica; es común que el oficial de seguridad tenga tareas de salud y seguridad ocupacional adicionales en el sitio.

Grupo de intervención en emergencias: contar con un grupo de intervención en emergencias es esencial para tomar las primeras acciones en caso de un impacto de emergencia:

- → Cada sitio debe organizar un grupo de intervención en emergencias, equipado e instruido (brigada contra incendios, organización contra impactos de hidrocarburos y químicos);
- → La cantidad, las tareas y el equipo depende del tamaño del sitio, los riesgos en el área del sitio y la distancia en que se encuentran otros grupos de intervención pública (policía, brigada contra incendio, grupo de intervención química, cuerpo médico).

Estas unidades deben recibir capacitación en forma regular, por medio de ejercicios reales y simulacros, y que incluyan, si es posible a las unidades de respuesta del sector público mencionadas arriba (policía, etc.) Esto también se aplica a los equipos de respuesta en casos de derrame (ver el siguiente punto).

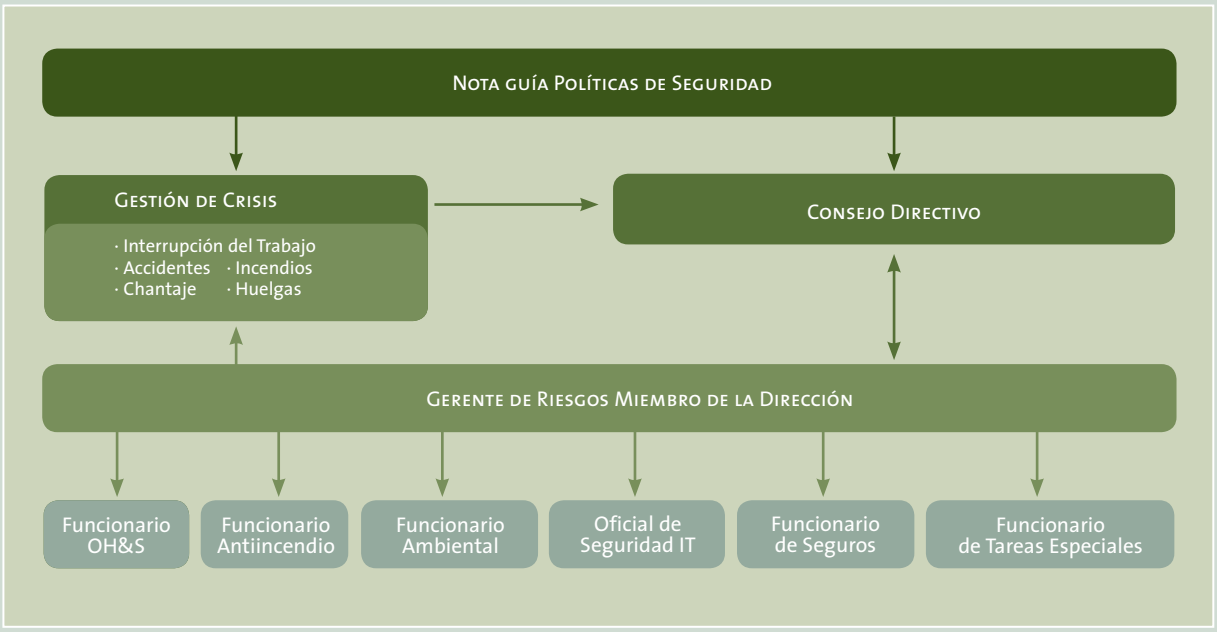


Figura 8: Ejemplo de un organigrama de seguridad y vigilancia

6.4.4 Plan de respuesta en caso de derrame

Cada sitio debe desarrollar, implementar y comunicar un plan de respuesta detallado en el caso de derrames para asegurar una rápida y eficaz contención y limpieza del derrame. El plan de respuesta en casos de derrame deberá:

→ revisar y describir áreas de derrames potenciales
→ incluir instrucciones y procedimientos por escrito que han de utilizarse en el caso de un derrame
→ asignar responsabilidades a los operadores de la fábrica y proporcionarles la capacitación adecuada
→ dar capacitación y equipo de protección a todos los empleados de la planta (inclusive los subcontratistas) para prevención, detección y procedimientos de respuesta inmediata en caso de derrames
→ definir procedimientos de limpieza proporcionar los recursos necesarios de acuerdo con las características de los materiales
→ describir los requerimientos y medidas de comunicación para la elaboración de informes.

6.4.5 Planes de respuesta a emergencias

La administración del sitio debe asegurar que se cuente con procedimientos de respuesta adecuados en casos de emergencia y éstos deben ser comunicados a todos los empleados de la fábrica, autoridades responsables y otros interesados importantes, como lo son las comunidades. Un plan de respuesta a emergencias significa planificación de contingencias, es decir, qué puede hacer el personal y los subcontratistas del sitio, cuándo alertar a las industrias aledañas para recibir ayuda, cuando alertar a los grupos de respuesta a emergencias de la comunidad, etc. Todos los que trabajan en el sitio o lo visitan deben conocer la disposición de éste, los peligros potenciales y los planes de respuesta a emergencias.

6.5 Comunicación y Responsabilidad Social

6.5.1 Principios y requerimientos

Principio 18	**Apertura y transparencia:** → Proporcionar toda la información necesaria para permitir que los interesados entiendan el propósito del co-procesamiento, su contexto, la función de cada una de las partes y los procedimientos de toma de decisiones. → Discusiones abiertas sobre las buenas y malas experiencias/prácticas son parte de la transparencia.
Principio 19	**Credibilidad y consistencia:** → La credibilidad se debe construir siendo abierto, franco y congruente. Las palabras deben demostrarse con hechos y buen desempeño. Deben evitarse las diferencias entre lo que se dice y lo que se hace.
Principio 20	**Cultivar un espíritu de diálogo abierto, basado en el respeto y la confianza mutuas:** → Comunicación también significa buscar retroalimentación y diálogo con las partes interesadas e incorporar los puntos de vista externos. Los participantes en las actividades de compromiso de los interesados deben ser capaces de expresar sus opiniones sin temor a restriciones o represalias.
Principio 21	**Sensibilidad cultural:** → Hay que tener en cuenta los diferentes ambientes culturales en los que operamos. Hay que ser honesto y orientarse hacia un objetivo.
Principio 22	**Continuidad:** → Hay que iniciar pronto y una vez en marcha, nunca hay que parar.

6.5.2 La importancia de la comunicación

La comunicación y el compromiso de las partes interesadas son factores de éxito en el co-procesamiento de residuos en la producción de cemento. Algunas partes interesadas están felices con las posibilidades de que todos ganen con el uso de residuos y subproductos como combustibles en los hornos rotatorios de cemento, mientras que otros se preocupan por los impactos potenciales en la salud y en el ambiente a causa del manejo e incineración de combustibles alternativos. La industria cementera puede ser un socio valioso y respetado para las comunidades en cuanto a mejoras de infraestructura, casos de emergencia o desarrollos sociales. Esta oportunidad y estas ventajas deben darse a conocer en una forma abierta y sin egoísmo.

Los lineamientos, políticas y reglamentaciones atienden estas preocupaciones en un nivel operativo y científico, pero la comunicación desempeña un papel crucial en la percepción que puede tener el público respecto a la fábrica. *[→ ver **Estudio de Caso 9**: recuperación de residuos Erika – El ejemplo del apoyo de Holcim en la limpieza del derrame de un tanque petrolero, Francia]*

6.5.3 Un planteamiento sistemático respecto a la comunicación

La comunicación se debe dar en una forma sistemática. Esto significa que un proceso debe iniciarse y todos los interesados pertinentes y sus necesidades e intereses deben ser tomados en cuenta para crear una visión compartida.

Para que sea efectiva, la comunicación debe planificarse en la etapa más temprana posible. El ciclo normal de la comunicación se compone de:

a. evaluación de la situación
b. definición de los objetivos de la comunicación
c. asignación de funciones y responsabilidades
d. identificación de partes interesadas y de sus necesidades de comunicación
e. desarrollo de temas y mensajes
f. implementación de herramientas y actividades
g. evaluación de las actividades de comunicación y revisión del ciclo de comunicación.

Las siguientes explicaciones proporcionan una guía sobre cómo planificar y conducir las actividades de comunicación.

Análisis de la situación: La identificación de las percepciones, expectativas y necesidades proporciona la base para todas las actividades de comunicación. Las encuestas, entrevistas y análisis de la cobertura de los medios son los instrumentos que han de utilizarse para identificar los puntos fuertes, los puntos débiles, las oportunidades y las amenazas. La evaluación puede también proporcionar información sobre cualquier inquietud de las personas involucradas. Un análisis de la situación también ayuda a evaluar las necesidades de la comunidad dentro de la cual opera la fábrica de cemento y a identificar proyectos potenciales en la comunidad. El → ***Anexo 19*** proporciona un método paso a paso para realizar el análisis de la situación.

Objetivos de la comunicación: Necesitan adaptarse a las circunstancias locales y/o nacionales. Los ejemplos incluyen:

A nivel de fábrica

→ asegurar el apoyo de sus empleados
→ ganarse la confianza de los vecinos e interesados importantes tales como las ONG y autoridades locales, y obtener y conservar la "licencia de operación".

A nivel nacional

→ promover el entendimiento de lo que es el co-procesamiento en la industria cementera y crear conciencia sobre sus beneficios
→ crear conciencia sobre la importancia de la disposición de los residuos peligrosos en una forma controlada y ambientalmente positiva
→ atraer la atención de los legisladores respecto al tema de la gestión de residuos peligrosos
→ apoyar el desarrollo y cumplimiento de un marco regulador adecuado
→ promover la aceptación y apoyo para lineamientos respaldados internacionalmente para el co-procesamiento de residuos en la industria del cemento.

Ámbitos	Interesados clave	Actividades de participación
Local	Empleados, comunidad, autoridades, ONG locales	Comunicación y paneles de Consejo de la comunidad
Nacional	Gobiernos nacionales, ONG, clientes	Comunicación, reuniones, diálogo entre interesados, membresías[12] y sociedades
Regional	Unión Europea, oficinas de organizaciones internacionales	Actividades de promoción de causas
Internacional	Gobierno internacional (entidades de la ONU), ONG internacionales, WBCSD	Comunicación, diálogos entre interesados, membresías y sociedades corporativas

Tabla 6: Clasificación de las partes interesadas según los diferentes ámbitos

Funciones y responsabilidades: Es importante asignar claramente las funciones y responsabilidades respecto a la comunicación. Por ejemplo, debe quedar muy claro quién será responsable de la coordinación de la comunicación, relaciones con los medios, relaciones con las autoridades y la gestión de crisis.

Partes interesadas y sus necesidades de comunicación: las partes interesadas son personas, grupos, o instituciones que son afectados, podrían verse afectados o podrían sentirse afectados por el co-procesamiento de residuos o actividades relacionadas con ello. Tienen un interés en la empresa y su desempeño puede influir en sus actividades. Las partes interesadas incluyen a los empleados, comunidades aledañas a las operaciones de producción de cemento e instalaciones de preprocesamiento de residuos, autoridades en diferentes ámbitos, ONG, clientes, proveedores, asociaciones de negocios, y periodistas. Las necesidades de comunicación de las diferentes partes interesadas varían de un grupo a otro. El análisis de la situación ayuda a identificar estas necesidades y a los líderes de opinión apropiados (personas, grupos u organismos, dependiendo del contexto cultural).

Temas y mensajes: De estos lineamientos se pueden desprender los temas y mensajes clave. Estos deben desarrollarse para las partes interesadas internas y externos y deben adaptarse a las necesidades específicas con base en la información recogida en los pasos previos. El desarrollo de hojas de datos sobre cuestiones primordiales y la elaboración de una lista de preguntas frecuentes (FAQ) proporciona la base para la comunicación con todos los tipos de interesados.

El comprometerse con las partes interesadas ayuda a asignar prioridades, reducir conflictos, y a forjar alianzas y principios compartidos. La toma conjunta de decisiones difíciles puede ser otro importante resultado de las actividades de compromiso de las partes interesadas. A cambio, las empresas deben estar dispuestas a dar el tiempo y los recursos y comprometerse a una mayor transparencia.

Comenzar pronto con los mensajes de desarrollo sostenible generales le dará a usted unos cimientos sólidos sobre los cuales puede desarrollar actividades específicas de comunicación y ayudar a dar paso a una introducción sin problemas del co-procesamiento.

Herramientas: En vista de que la participación de las partes interesadas es fundamental para conservar una licencia para operar, las herramientas para lograr interactivamente el compromiso de las partes interesadas en cuanto al manejo e integración de sus expectativas son de especial importancia.

Las herramientas de comunicación y participación deben ser escogidas anticipando la forma en que se puede llegar a las partes objetivo interesadas más eficazmente.

12 Por ejemplo, membresía en una asociación industrial u organización ambiental

6.0 Requerimientos para el Co-Procesamiento en Hornos Rotatorios de Cemento

Evaluación: La evaluación periódica de la comunicación y las actividades para comprometer a las partes interesadas proporciona información sobre su efectividad. La evaluación puede ser conducida por cobertura de los medios, retroalimentación de las mesas de asesoría comunitarias o encuestas. Basándose en los resultados de la evaluación, los temas, mensajes y herramientas se adaptan a las circunstancias cambiantes o para mejorar la eficacia de la comunicación.

Conclusiones: La Guía anterior proporciona un marco general para las actividades de comunicación. Para temas específicos, tales como relaciones con los medios, relaciones entre interesados o comunicaciones sobre crisis, cada organización necesita implementar procedimientos adecuados y adaptar la capacitación a las estructuras organizacionales existentes y a los recursos disponibles. Si es necesario, hay que buscar asesoría de organismos especializados u organizaciones asociadas.

*[→ ver **Estudio de Caso 10**: Panel asesor de la Comunidad: El ejemplo de Energis en Albox, Andalucía]*

	Compartir información	Participación/consulta y coordinación	Colaboración y sociedades
Internas	→ Boletín (impreso, por correo electrónico) → Tablero de anuncios → Intranet → Documentos sumarios internos → Presentaciones estándar → Hojas de datos de FAQ → Sitios de Internet → Estudios de caso	→ Reuniones → Convocatorias a congresos → Talleres → Capacitación	
Externas	→ Internet → Informes, diversos tipos de publicaciones, folletos → Publicidad y patrocinios → Información de prensa (comunicado de prensa, conferencia de prensa) → Hojas de datos → Presentaciones estándar → FAQ	→ Reuniones → Congresos → Diálogos entre interesados → Eventos (días abiertos, visitas al sitio) → Grupos de enfoque: herramienta de investigación de debates en pequeños grupos, generalmente sobre un tema/proyecto específico → Mesas de asesoría comunitarias (una clave para el co-procesamiento de residuos: reuniones regulares con representantes de partes interesadas sobre diversos temas/problemas → Participación comunitaria: atención de necesidades reales que contribuyen al desarrollo de las comunidades anfitrionas. La política del buen vecino implica trabajar con las partes interesadas para mejorar su calidad de vida.	→ Proyectos de sociedad: acopio de recursos (por ejemplo, negocios, comunidad, ONG, gobierno) para lograr un objetivo social o ambiental común.

Tabla 7: Categorización y panorama general de la comunicación y herramientas para el compromiso de las partes interesadas

Índice de Estudios

Estudio de Caso 01	Selección de puntos de alimentación apropiados – Ejemplo de Lägerdof, Holcim, Alemania	i
Estudio de Caso 02	Un concepto integral de la gestión de residuos – Ejemplo de Cártago, Costa Rica	iii
Estudio de Caso 03	Preprocesamiento de residuos – Ejemplo de Energis, Holcim Group, en Albox, España	v
Estudio de Caso 04	Aspectos de los permisos – Ejemplo de Renania del Norte Westfalia, Alemania	vii
Estudio de Caso 05	Monitoreo e informes de emisiones (EMR) – Experiencias de Holcim	ix
Estudio de Caso 06	Preprocesamiento de residuos – Ejemplo de Ecoltec, México	xi
Estudio de Caso 07	Pruebas de Combustión con monitoreo de PCDD/PCDF – Ejemplos de las Filipinas	xiii
Estudio de Caso 08	Laboratorio de control de calidad AFR – Ejemplo de Resotec, Brasil	xv
Estudio de Caso 09	Recuperación de residuos Erika – Ejemplo de Holcim soporte para limpieza de derramamientos de barcos petroleros, Francia	xvii
Estudio de Caso 10	Mesas de asesoría a la comunidad: Ejemplo de Energis en Albox, España	xix

Holcim gtz

Estudio de Caso

Co-Procesamiento de Residuos en la Producción de Cemento

Selección de Puntos de Alimentación Adecuado

El ejemplo de Lägerdorf, Holcim Alemania

Antecedentes

En la década de los ochenta y en los primeros años de la década de los noventa, el co-procesamiento de residuos en las fábricas de cemento no era común en Alemania. Una de las primeras fábricas, Lägerdorf de Holcim Alemania, comenzó con aceite usado y seleccionó residuos industriales, como tierra de diatomeas y lodos de papel. En 2004, la fábrica estaba co-procesando un volumen total de 118,000 t de combustibles alternativos, y 228,000 t de materias primas alternativas.

Proceso

La fábrica Lägerdorf originalmente se equipó con dos hornos rotatorios precalentadores con rejilla ("Lepol"). Desde 1995, se puso en operación el horno rotatorio No.11. Este es un horno rotatorio SP con precalcinador y secadora instantánea para materia prima que se prepara en un proceso húmedo. Este horno rotatorio se diseñó especialmente para el uso de AFR. Una gran variedad de AFR con características materiales completamente diferentes requiere la selección de distintos puntos de alimentación en el sistema de horno rotatorio (ver la figura que se muestra a continuación). En Lägerdorf, pueden encontrarse ejemplos de todo tipo de puntos de alimentación.

Selección de Puntos de Alimentación

Los lodos derivados del tratamiento de agua potable están incluso menos contaminados que la materia prima virgen. Por ende, pueden suministrarse, junto con las materias primas naturales, sin tener que hacer más pruebas. Las cenizas volátiles de centrales eléctricas de combustión de carbón contienen residuos de carbón no quemado y rastros de mercurio. En este caso, se realizó una valoración extensa (que incluyó una "prueba de expulsión" por parte de HGRS), la cual mostró que la alimentación por medio de la secadora instantánea no causa ninguna emisión adicional, ni de origen orgánico ni metálico. Esto se confirmó mediante varias mediciones de emisiones de la chimenea.

Todos los demás AFRs se suministran directamente a la parte "caliente" del proceso, en la que los componentes orgánicos no sólo se evaporarían sino que se quemarían por completo.

Ejemplos: Los residuos de destilación orgánica de la industria química se consideran "residuos peligrosos" debido a sus características químicas. En el calcinador, éstos se queman por completo con una recuperación total de su considerable poder calorífico. También se suministra alimento para animales – un "material de alto riesgo" que es sustituto perfecto del lignito debido a su poder calorífico y comportamiento de combustión similares – a la combustión del precalcinador, lo mismo la arcilla de batán (un residuo de un tipo de suelo derivado de la industria de los alimentos y de aceites lubricantes).

El tratamiento de escorias de sal (un residuo del proceso de fundición de aluminio) proporciona un óxido de aluminio de grano fino muy parecido a la arcilla natural. Se suministra en el calcinador como una materia prima alternativa cuyo contenido de amoníaco incluso contribuye a la reducción de NO_X de la llama principal.

Otros combustibles alternativos, tales como el aceite usado, solventes o "borra" (la fracción combustible de residuos municipales clasificados) se suministran directamente al quemador principal del sistema de horno rotatorio.

Tanques de almacenamiento de lodos

Almacenamiento y dosificación de residuos

Buenas Prácticas

Antes del co-procesamiento de AFR, todos los residuos candidatos están sujetos a un sofisticado procedimiento de valoración previa que consiste en:

- Un paso de preselección para verificar el cumplimiento de los requerimientos internos y externos
- Una verificación del proceso para asegurar la compatibilidad con las operaciones del horno rotatorio de cemento
- Una prueba en la fábrica con una cantidad limitada de residuos.

Se deben tomar todas las medidas necesarias para proteger la salud y seguridad de los trabajadores, así como las de los residentes de la zona.

Desarrollo Posterior

Recientemente, la serie de combustibles y materias primas alternativos se extendió para abarcar aluminio blando y papel de desecho municipal y comercial y fieltro para techado triturado.

En ocasiones se prestan servicios a petición de las autoridades; por ejemplo, el co-procesamiento de alimentos para animales o alimentos descompuestos o contaminados. En el pasado se solicitó la incineración de cigarrillos confiscados, drogas, dinero falso o incluso billetes fuera de circulación. Estos proyectos normalmente no son atractivos en la mayoría de los casos debido a medidas de control muy exigentes, pero finalmente se realizaron en incineradores de residuos comerciales disponibles en la región.

Lecciones Aprendidas

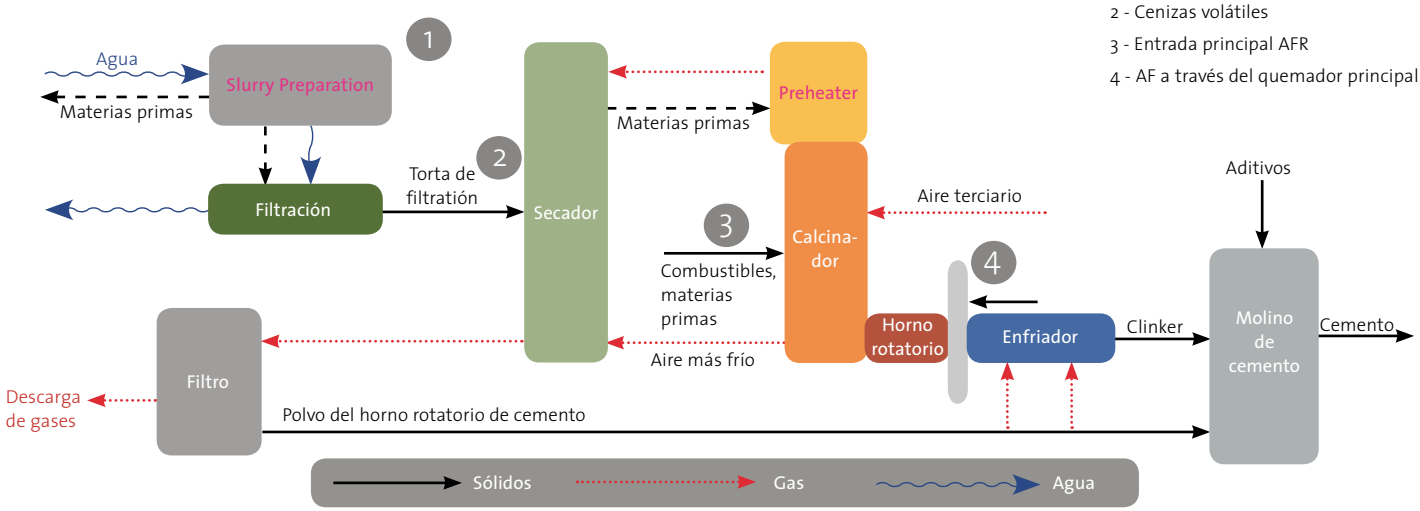
Una decisión inicial para construir una plataforma de preprocesamiento habría sido aceptable desde el punto de vista actual. Como la situación era menos favorable para tomar esa decisión, la intensa cooperación con una plataforma externa era el mejor compromiso y todavía se sigue conservando. Sin embargo, los flujos de residuos y su gestión pueden controlarse más fácil y eficientemente en una fábrica de preprocesamiento propia.

Referencias

www.coprocem.com
www. holcim.com/de

Puntos de alimentación AFR

1 - Lodos del procesamiento de agua
2 - Cenizas volátiles
3 - Entrada principal AFR
4 - AF a través del quemador principal



Holcim gtz

Estudio de Caso

Co-Procesamiento de Residuos en la Producción de Cemento

Concepto de Gestión Integral de Residuos

El ejemplo de Cartago, Costa Rica

Antecedentes

En Costa Rica, la industria se hace responsable de la gestión de sus propios residuos y el método más común para la disposición de los residuos son los sitios de disposición final. La infraestructura dada es adecuada para la disposición de residuos del sistema de limpieza municipal, pero no está diseñada para residuos peligrosos. Los residuos industriales se recogen de empresas privadas y se disponen en los sitios de disposición final designados para los residuos del aseo pública municipal. Actualmente, la única manera posible de disponer los residuos peligrosos sin que se dañe al ambiente sería su exportación a un país industrializado para su tratamiento final.

Proceso

Para mejorar el sistema de gestión de residuos en el distrito de Cartago, se ha elaborado un concepto integral de gestión de residuos con una clara distribución de responsabilidades entre los sectores público (responsable de los residuos municipales) y privado (encargado de los residuos industriales). Para ambos flujos de residuos, se ha comenzado la aplicación de programas para la reducción (producción más limpia), reciclaje y disposición segura. En este contexto, el co-procesamiento se ha seleccionado como una tecnología de recuperación y de tratamiento, primero que nada para los residuos industriales, pero también se consideró como una solución para aquellos residuos del aseo público que ya no pueden reciclarse o no son adecuados para su disposición en un relleno sanitario.

En 2004, Holcim Costa Rica S.A. puso en operación un nuevo horno rotatorio de cemento de alta tecnología con equipo de monitoreo y de filtración auxiliar. La instalación cumple con los requerimientos para el co-procesamiento de residuos. El permiso otorgado por la autoridad correspondiente permite el co-procesamiento de cuatro tipos de residuos:

- Solventes usados (libres de halógeno)
- Aceite usado
- Neumáticos usados y residuos de caucho
- Plásticos (excepto PVC).

Aquellos residuos que se obtienen directamente de la industria que genera los residuos o del sector público. Algunas categorías de residuos, como neumáticos usados o envases de pesticidas, se recogen mediante programas ambientales y de salud. Grupos voluntarios en cooperación con el sector público han iniciado estas acciones, ya que la disposición de los neumáticos usados donde sea proporciona un lugar ideal para que se reproduzcan los mosquitos transmisores del dengue. La disposición ilegal e insegura de envases usados de pesticidas perjudica el ambiente.

Marco Jurídico

Antes del año 2004, el co-procesamiento de residuos en hornos rotatorios de cemento no estaba regulado por la legislación nacional. Holcim Costa Rica S.A. comprobó, mediante pruebas de combustión, la capacidad de una gestión y disposición de residuos sin riesgos para el ambiente en el nuevo horno rotatorio de cemento. En un esfuerzo conjunto de los productores de cemento con la Secretaría de Salud, se implementó un reglamento que permite el co-procesamiento de los residuos antes mencionados.

Potencial futuro del co-procesamiento: PBC de los transformadores

Neumáticos usados recolectados

Buenas Prácticas

El co-procesamiento en Holcim Costa Rica S.A. implica trabajo de alta calidad a través de la cadena de suministro. Los mecanismos de control y monitoreo minimizan el riesgo de emisiones de sustancias tóxicas procedentes del tratamiento de residuos. Cuando es posible, los productos residuales se obtienen directamente de la industria generadora para así garantizar un buen seguimiento de residuos. Los servicios que Holcim ofrece están regulados mediante contratos individuales, dependiendo de qué residuos se trate y del transporte requerido. Algunos de los principales fabricantes de lubricantes recogen el aceite usado de los talleres al realizar sus actividades de ventas y después lo llevan a Holcim.

Desarrollo Posterior

La reglamentación nacional existente restringe el uso del horno rotatorio de cemento únicamente al co-procesamiento de residuos con un poder calorífico significativo. Sin embargo, existe una necesidad urgente de implementar también soluciones para el tratamiento de otros residuos peligrosos que incluyen pesticidas obsoletos.

GTZ y Holcim Costa Rica S.A., en colaboración con otras partes interesadas de los sectores público y privado, empezaron a colaborar, en un esfuerzo conjunto, en la elaboración de una nueva ley de residuos que introduzca mecanismos para minimizar los flujos de residuos y optimizar la reutilización de los residuos antes de su disposición final. En la nueva legislación, el co-procesamiento se considerará una opción técnica para la recuperación de material y energía.

Otras actividades conjuntas emprendidas son clasificar y cuantificar los residuos generados a lo largo y ancho del país y estimar el potencial del co-procesamiento en el futuro. Para responder a las nuevas circunstancias, Holcim Costa Rica S.A solicitó un aumento en el número de tipos de residuos para co-procesamiento.

Lecciones Aprendidas

En el pasado, se consideraba al co-procesamiento como la incineración de residuos con impactos perjudiciales para la salud y el ambiente.

Con las políticas de comunicación de Holcim S.A. Costa Rica y las actividades para promover el co-procesamiento en el país (por ejemplo, participación en el programa nacional para combatir la fiebre del dengue), este método ahora se reconoce como una valiosa alternativa en el tratamiento de residuos. Una colaboración estrecha y profesional entre la Secretaría de Salud, la Secretaría del Medio Ambiente y el gobierno local de Cartago permitió la integración del co-procesamiento en un concepto de gestión de residuos regional. Esto garantizó un rápido comienzo de las actividades locales de co-procesamiento y se espera que, a largo plazo, el co-procesamiento se incorpore en la estrategia nacional en cuanto a gestión de residuos y se aplique en muchas más regiones del país.

Referencias

www.coprocem.com

Holcim gtz

Estudio de Caso

Co-Procesamiento de Residuos en la Producción de Cemento

Preprocesamiento de Residuos

El ejemplo de Energis, Grupo Holcim, en Albox, España

Antecedentes

Energis se creó en 1997 como subsidiaria de Holcim España. El propósito de la empresa es agregar valor a las operaciones cementeras de Holcim España brindando soluciones de gestión de residuos a la industria y a las comunidades a través del co-procesamiento de los residuos en los hornos rotatorios de cemento de Holcim. Para tener acceso directo al mercado de residuos, Energis instaló la planta de pretratamiento en Albox en 2003. La planta, ubicada en el sureste de España, transforma una amplia gama de residuos sólidos, pastosos y líquidos en aserrín impregnado y combustibles de sustitución líquida.

Proceso

Albox tiene dos líneas principales de producción: (1) una línea trituradora y mezcladora en la que los residuos sólidos y pastosos se mezclan con aserrín para producir aserrín impregnado y combustible sólido sustituto (CSS); y (2) una línea de almacenamiento y mezcla de líquidos para combustible líquido sustituto (CSL). Las líneas están diseñadas para producir 60,000 toneladas de CSS y 20,000 toneladas de CSL al año.

En julio de 2005, España introdujo una ley que prohíbe la presencia de residuos orgánicos en los rellenos sanitarios. Esto brinda a Albox más oportunidades de encontrar residuos orgánicos en el mercado.

Transporte de Residuos

Alrededor del 90% de los residuos de Albox se entregan en barriles, 10% se transporta a granel en buque tanque o camión de carga y una pequeña parte se entrega en bolsas de gran tamaño. El material básico para Combustible Sólido Sustituto (SSF, por sus siglas en inglés) incluye tierra y arena contaminada, resina, pintura, residuos de destilación, lodos de tinta, pegamento, barniz y aceite; mastique, torta de filtración, grasa, jabón, catalizadores usados y lodos de óxido de aluminio, etc. El material básico para Combustible Líquido Sustituto (LSF) incluye aceite usado, agua contaminada y solventes halogenados y no halogenados, etc.

Garantía de Calidad

Albox solamente acepta residuos de productores o recolectores autorizados. Para ser autorizado, es necesario que el productor de residuos envíe una muestra para que el laboratorio in situ de Albox la analice y que permita a los representantes de Energis visitar al productor para recopilar información acerca de su proceso de fabricación. Si tanto el productor como los residuos cumplen con los requisitos de Albox, ésta le extiende un certificado. Para evitar la contaminación, cada entrega se somete a un riguroso control de calidad.

Buenas Prácticas

Albox no trata residuos como barriles prensados y residuos de separadores de metal, los cuales se envían a fundición para su reciclaje. Las tarimas se mandan de regreso al proveedor de aserrín, los residuos metálicos no contaminados se venden a un comerciante de chatarra local y los residuos que no pueden ser procesados – como barriles que no pueden triturarse- se mandan a un tercero para su tratamiento. Gracias a los exámenes preliminares, a una poderosa política de comunicación externa, a un análisis detallado y a una estricta política de rechazo, el porcentaje de residuos rechazados es bajo.

La directora de calidad de Energis, Isidora Diaz (izquierda) junto con Martín Bebel Granados (derecha) frente a la planta de preprocesamiento

Aserrín

La mitad del aserrín utilizado en la producción de CSS debe ser fresco y los sustitutos pueden mezclarse con el aserrín. El material principal sustituto de impregnación es celulosa comprimida. El contenido de humedad varía significativamente entre las entregas y los proveedores; además, afecta en gran medida la capacidad de impregnación del aserrín. Esto a su vez afecta el porcentaje de aserrín requerido para la producción de CSS.

Desarrollo Posterior

El éxito de la fábrica garantiza un flujo sostenible de AFR para Holcim España, ofrece una solución práctica e innovadora para los generadores de residuos y, sobre todo, beneficie la industria cementera en su conjunto.

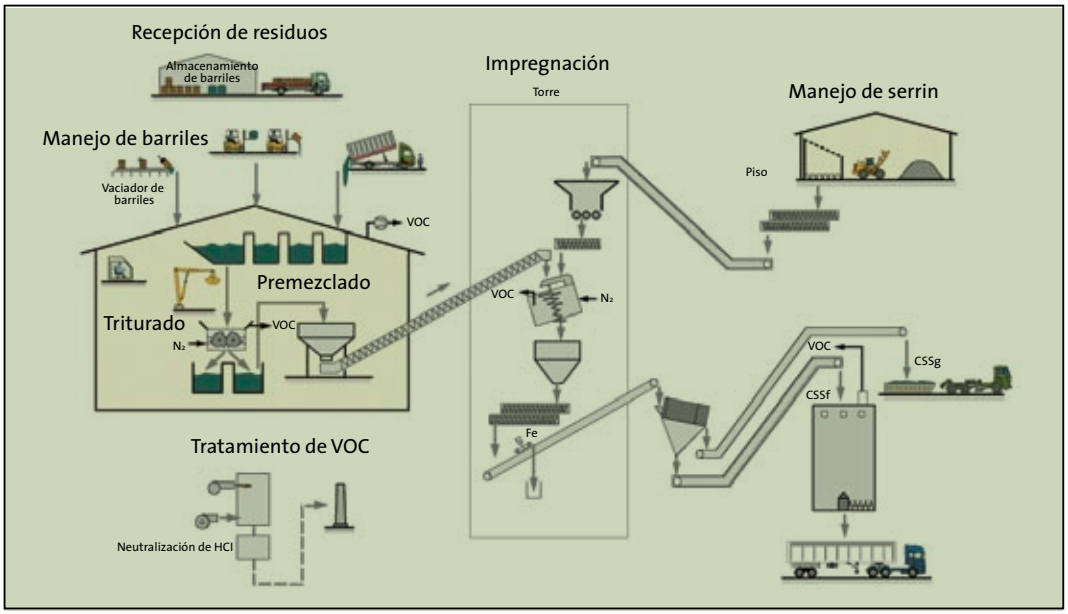
Lecciones Aprendidas

El diseño de Albox es similar al de una fábrica construida anteriormente en Bélgica, llamada Scoribel. Albox aprovechó las muchas lecciones aprendidas en Scoribel. Sin embargo, las condiciones del mercado en España y Bélgica difieren: en Bélgica, el 90% de los residuos se transporta a granel, mientras que en España el 90% de los residuos se transporta en barriles. Además, es necesario tomar una muestra de cada barril como parte del programa de garantía de calidad, así como gestionar y almacenar los barriles de manera adecuada, lo cual incrementa los costos de operación.

La fábrica se enfrentó al problema de los incendios de las trituradoras, ocasionados por la fricción entre los barriles, su contenido y la maquinaria utilizada durante la trituración. Para reducir el riesgo, Albox empleó nitrógeno en el proceso de trituración, lo que aumentó los costos totales de preprocesamiento. Durante los últimos dos años, Albox ha mantenido estos problemas bajo control. Ha mejorado su abastecimiento de piezas de repuesto necesarias y ha desarrollado un curso especial para enseñar a los trabajadores cómo evitar incendios en la trituración.

Referencias

www.coprocem.com



Esquema de producción de combustible alternativo

Holcim gtz

Estudio de Caso

Co-Procesamiento de Residuos en la Producción de Cemento

Aspectos del Permiso

El ejemplo de Renania del Norte Westfalia, Alemania

Antecedentes

En Alemania, los hornos rotatorios de cemento están sujetos a autorización; sus operaciones son controladas por los requisitos de la Ley Federal de Control de Emisiones. Esta ley protege contra los efectos dañinos, como la contaminación del aire y problemas similares. Además, forma la base de todas las leyes a escala nacional sobre la calidad del aire, la disminución del ruido y la seguridad en las fábricas. Los límites de emisión de gas de escape de las fábricas de cemento están regulados por las Instrucciones Técnicas de Control de Calidad del Aire y si se emplean combustibles de residuos, son regulados por el Reglamento sobre Plantas Incineradoras de Residuos y Sustancias Similares. Este reglamento está basado en la Directiva de la UE 2000/76/EC.

Condiciones del Permiso

Los asuntos ambientales clave asociados con la producción de cemento en el procedimiento de permiso son la contaminación del aire y el uso eficiente de la energía. La solicitud de un permiso debe proporcionar especificaciones detalladas de los requisitos de operación para el horno rotatorio de cemento, a fin de garantizar una combustión segura de los residuos, junto con una descripción de las medidas operativas necesarias. El principio básico que siempre se aplica a los carcinógenos como requisito para expedir un permiso establece que las emisiones deben restringirse tanto como sea posible. Además de mantener bajas concentraciones de masa, es importante minimizar los flujos de masa.

Application Documents ???

- Mapa topográfico
- Documentos de construcción
- Diagrama de la fábrica, plano del área de máquinas
- Descripción de la fábrica, de los términos operativos en condiciones normales de trabajo
- Descripción de la situación de emisión y de la prevención de la contaminación
- Combustibles secundarios: generación, procesamiento, sistema de control de calidad, instalaciones utilizadas, suministro
- Pronóstico de emisión de contaminantes al aire (NO_X, SO_2, Dioxinas/ Furanos (PCDD/F), polvo, metales pesados)
- Normas de salud y seguridad
- Medidas de ahorro de energía
- Documento de información pública.

Información Sobre los Residuos

Un parámetro clave es la calidad del combustible fósil sustituido. Es posible que surja una pequeña diferencia en la carga de contaminantes entre el combustible convencional y el combustible de residuos. Las autoridades que necesitan hacer un balance entre las ventajas de minimizar los impactos ambientales del consumo de residuos y combustible y el impacto de pequeños incrementos en los contaminantes podrían aceptar el co-procesamiento. Para comparar las situaciones "con y sin combustible de residuos", es recomendable definir un contenido promedio de metales pesados en los combustibles fósiles como punto de referencia. Puede usarse para una comparación directa de diferentes tipos de calidad de combustibles de residuos o incluso servir como base para el desarrollo de una norma específica de materiales. Esta norma podría definirse como contenido promedio de metales pesados y contenido máximo en el combustible de residuos de poder calorífico alto. El

Contaminante	C
Polvo total	30
HCl	10
HF	1
NO_x	500[1]/800[2]
Cd + Tl	0.05
Hg	0.05
Sb, As, Pb, Cr, Co, Cu, Mn,Ni, V	0.5
Dioxinas y furanos	0.1
SO_2	50[3]
TOC	10[3]

Promedio diario 10% O_2, seque todos los valores en mg/m³ dioxinas y furanos en ng/m³

1) fábricas nuevas
2) fábricas existentes
3) la autoridad competente puede autorizar las excepciones en casos en los que SO_2 y TOC no resultan de la incineración de residuos

Monitoreo continuo de las emisiones y condiciones operativas:
→ Polvo total
→ Hg
→ Concentratión de volumen O_2
→ NO_x
→ TOC
→ CO
→ SO_2
→ Volumen de escape (Nm³/h)
→ Temperatura de gas de escape
→ Entrada del horno rotatorio para el suministro de material

Directiva 2000/76/EC Incineración de residuos

nivel del poder calorífico en el combustible de residuos de los procesos de manufactura es de 20 ± 2 MJ/kg, mientras que el contenido de poder calorífico para la parte calorif ica alta de los residuos municipales se mantiene fijo en 16 MJ/Kg.

Monitoreo de Emisiones

El uso de diversos combustibles secundarios siempre está acompañado de extensas medidas de emisión. Existe una distinción entre la medida continua y la individual. También se hace otra diferencia entre las primeras medidas y las medidas de repetición, medidas por razones especiales, calibraciones y pruebas de funcionamiento. Los parámetros pertinentes de la medición que se han de considerar en la planificación de medición derivan de los requisitos de regulación; por ejemplo, el permiso de operación, información del cuerpo de supervisión técnica responsable de la fábrica y de la inspección in situ.

Monitoreo de la Combustión

→ Es necesario que el proceso de combustión se monitoree continuamente a través de una tecnología moderna de procesos.
→ Inspecciones constantemente concertadas a la llegada de los residuos
→ Continuamente se toman muestras de los medios líquidos mediante tubos de irrigación para el control de calidad
→ Los parámetros principales de los residuos deben aplicarse continuamente al sistema de control del proceso
→ Las reglamentaciones de la energía primaria deben depender de los datos de combustible secundario
→ Los combustibles de desecho sólo deben suministrarse durante una operación continua normal.

Aspectos de Energía

La producción de clinker implica una gran cantidad de energía. En teoría, se necesita un promedio de 1.75 MJ de energía térmica para quemar 1kg de clinker. El consumo real de energía térmica en fábricas modernas es de aproximadamente 2.9 a 3.2 MJ/kg (BREF 2001) dependiendo del proceso, hasta 4 MJ/kg. La mayoría de las instalaciones emplean el proceso seco, que es el más económico en términos de consumo de energía. En la práctica, los combustibles con un poder calorífico neto promedio de al menos hu, m 20–25 MJ/kg se utilizan normalmente en un sistema de combustión principal.

Lecciones Aprendidas

Experiencias anteriores han demostrado que la industria cementera puede cumplir un rd fundamental en el uso de combustibles secundarios. Los factores clave incluyen los hornos rotatorios, tecnologías de procesos y seguridad mejoradas, mejoramiento de los sistemas de limpieza de los gases de escape y un exhaustivo de las sustancias de entrada.

Chimenea con plataforma de monitoreo

Referencias

www.coprocem.com
www.bezreg-muenster.nrw.de

Componentes (mg/m³)	Emisiones (valores promedio diarios)	Límites de emisión en permisos en Alemania (valores promedio diarios)
Polvo	1-15	14-20
HCl	0.3-5	10
HF	0.1-2	1
SO_2	100-400	350
NO_x	300-500 (600)	500
Hg	0.005-0.03	0.03-0.05
Cd + Tl,	< 0.001	0.05
Sb, As, Pb, Cr, Co, Cu, Mn,Ni, V	< 0.002	0.05
PCDD+PCDF (TE) [ng/m³]	0.001-0.01	0.05-0.1

Holcim gtz

Estudio de Caso

Co-Procesamiento de Residuos en la Producción de Cemento

Monitoreo e Informes de Emisiones (EMR, por sus Siglas en Inglés)

Las experiencias de Holcim

Antecedentes

La compañía Holcim es uno de los productores de cemento más importantes a escala mundial. La producción de cemento requiere cantidades considerables de energía fósil para la combustión en los hornos rotatorios.

De acuerdo con las políticas ambientales, Holcim tiene el propósito de conservar los recursos no renovables, como las materias primas y los combustibles fósiles.

En relación con la producción de cemento, esto implica el uso de materias primas y combustibles derivados de los residuos. Holcim ha iniciado este enfoque a principios de la década de los ochenta y hoy en día tiene el porcentaje más alto de combustibles alternativos de todos los productores de cemento. Ha adquirido los conocimientos, el manejo de las técnicas y la experiencia que lo convierten en líder en el ramo de la preparación y (preprocesamiento) co-procesamiento de combustibles alternativos.

En muchos países industrializados, los esquemas de combustibles alternativos (incluyendo otras industrias además de la del cemento) contribuyen de manera importante a la conservación de los recursos. También contribuyen considerablemente con los esquemas nacionales de gestión de residuos. Dado que la industria del cemento es una de las primeras industrias que se desarrollan en una economía nacional, puede desempeñar un papel importante en el desarrollo de esquemas nacionales actualizados de gestión de residuos.

Por desgracia, muchas partes interesadas aún perciben la gestión de residuos y la producción de cemento como la combinación de dos males, los incineradores de basura de la primera generación y las polvorientas fábricas de cemento de antaño.

Esta percepción ya no es válida hoy en día. Los incineradores de basura se construyen como plantas que convierten los residuos en energía e incluyen sofisticados equipos para limpiar gases de escape. Las fábricas de cemento se construyen como modernas plantas de precalentamiento (ciclón) y precalcinación con funciones eficientes de supresión de polvo y equipos de gas de escape y de remoción del polvo que hay en el aire. Además, en contraste con la mayoría de las otras industrias, en la fábrica de cemento las principales emisiones de la chimenea (con excepción del NO_2) no provienen de los combustibles, sino de los componentes térmicamente volatilizables de las materias primas, expulsados (provenientes del horneado) durante el proceso de calentamiento de estos materiales.

Las emisiones de las fábricas de cemento modernas provienen en gran parte de los componentes térmicamente volatilizables de las materias primas. Respecto de los gases de combustión provenientes de la combustión principal y la del precalcinador, el precalentador de harina cruda tipo ciclón inherente al proceso, así como el sistema de molienda gruesa actúan como depuradores secos alcalinos. Por lo tanto, las emisiones de los hornos rotatorios de cemento no cambian en función de la mezcla de combustible, incluso si ésta incluye materiales derivados de residuos y, por supuesto, si se aplica el conocimiento y la experiencia.

Para probar esto y para demostrar la calidad estable de los gases de escape de los hornos rotatorios de cemento, pero también para conocer las emisiones provenientes de sus fábricas, Holcim decidió desarrollar e implementar el programa Holcim EMR a partir del año 2004 en todas sus fábricas de cemento.

Un equipo de medición trabajando en una chimenea principal en Sudáfrica

El Programa Holcim EMR

Básicamente, se decidió que el programa incluiría los componentes relevantes de las emisiones definidos en la Directiva de Incineración de Residuos EU (EU 76/2000/EC).

Los componentes – polvo, SO_2, NO_x, VOC, con frecuencia también NH_3 y HCl, así como O_2 y H_2O (para fines de evaluación de datos) – se miden continuamente con el equipo más avanzado, que proporcionan los tres proveedores principales seleccionados.

Equipo de monitoreo continuo de emisiones en el lugar

Los componentes NH_3, HCl, benceno, PCDD/DF y 12 metales pesados se miden por lo menos una vez al año, medición que llevan a cabo instituciones de medición (compañías que se dedican a hacer pruebas) reconocidas (siempre que esto sea posible).

Se garantiza la calidad de las mediciones continuas mediante la cooperación de las compañías Holcim con los principales proveedores de equipos del sector del mantenimiento y de la capacitación del personal.

Los servicios técnicos centrales de Holcim le brindan soporte al programa mediante una documentación constantemente actualizada (Manual EMR y 13 Guías), así como mediante una asesoría continua a las fábricas del Grupo.

Una vez al año se emiten informes estandarizados para la gerencia sobre los datos específicos y los promedios anuales de las mediciones continuas; esto se lleva a cabo mediante el cuestionario sobre el Perfil Ambiental de la Fábrica (PEP, por sus siglas en inglés).

Las Mejores Prácticas / Lecciones Aprendidas

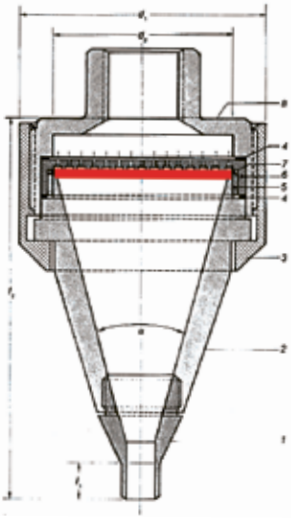
El equipo de monitoreo continuo de emisiones (CEM, por sus siglas en inglés) ha alcanzado un alto nivel técnico de precisión y confiabilidad. Con el fin de cumplir con este estándar, se debe garantizar que el equipo (más del 90%) esté disponible en forma permanente. Esto requiere un trabajo sistemático de mantenimiento y, sobre todo, que estén disponibles los combustibles y refacciones adecuados, así como el personal calificado, tanto por parte del proveedor como por parte de la fábrica de cemento.

Respecto de las mediciones anuales, la recomendación es seleccionar una compañía dedicada a las pruebas de desempeño y apegarse a ella, aprovechando el avance de dicha compañía en la curva de aprendizaje para obtener datos aún más confiables.

Desarrollo Posterior

Para fines de 2005, el 90% de las chimeneas de Holcim, caracterizadas por el programa EMR, se han dotado de los equipos correspondientes y al 90% también se les ha proporcionado, en la mayor parte de los casos, datos completos y razonables sobre las mediciones específicas.

Las nuevas líneas de producción incorporarán la infraestructura EMR en su totalidad, incluyendo, por ejemplo, una plataforma de medición bien diseñada en la chimenea principal, desde el inicio. A las fábricas de reciente adquisición se les dan tres o cuatro años para implementar el programa EMR de Holcim.



Cabezal de medición con filtro plano para proporciones bajas de emisiones de polvo

Referencias

www.coprocem.com

Holcim gtz

Estudio de Caso

Co-Procesamiento de Residuos en la Producción de Cemento

Pre-Procesamiento de Residuos

El ejemplo de Ecoltec, México

Antecedentes

Los residuos tienen diferentes formas y calidades. La transformación de residuos en Combustibles y Materias Primas Alternativos (AFR) debe cumplir con ciertos requerimientos. Algunos tipos de residuos no pueden usarse directamente como AFR. Por lo tanto, necesita crearse un solo flujo de residuos en forma de combustible sólido o líquido sustituto. Este paso produce un AFR que cumple con las especificaciones técnicas de la producción de cemento y que garantiza el cumplimiento de las normas ambientales.

Proceso

Ecoltec tiene instalaciones que procesan todo tipo de residuos. Los acuerdos establecidos con los clientes regulan las condiciones de envasado y recolección/entrega de los residuos. El transporte se realiza en tanques o barriles; o bien, como material a granel por medio de una compañía externa.

Los residuos líquidos (por ejemplo, el aceite usado, solventes, etc.) se mezclan y almacenan en tanques antes de suministrarse en el horno rotatorio de cemento. Los residuos sólidos (por ejemplo, envolturas de plástico, neumáticos ponchados, textiles usados, etc.) y lodos (por ejemplo, residuos de pintura, lodos de destilación, lodos aceitosos, etc.) se mezclan con aserrín limpio y después se trituran. Durante el proceso de cribado, se separa la mezcla sólida y fina de la mezcla gruesa y luego se transporta por una banda transportadora al edificio de almacenamiento. Ahora los AFR ya están listos para su transporte en camión a la fábrica de cemento.

Control de Calidad

El control de calidad es una parte esencial de las actividades de preprocesamiento. En primer lugar, la producción de clinker requiere que los AFR usados cumplan con ciertos requerimientos relacionados con el poder calorífico, el pH, la humedad, así como el contenido de cloro y azufre. En segundo lugar, debe evitarse la acumulación de contaminantes en el cemento y las emisiones de aire excesivas. El control de calidad se lleva a cabo en el laboratorio interno, en donde las muestras de prueba de los residuos que ingresan y de AFR quedan listas para suministrarse en el horno rotatorio de cemento. Los registros y muestras de prueba de los resultados del análisis se almacenan con fines de seguridad y referencia. Los resultados se comunican regularmente a las autoridades.

Buenas Prácticas

Ecoltec, la subsidiaria de preprocesamiento de Holcim Apasco organizó las actividades de preprocesamiento. Ofrece a sus clientes soluciones completas de disposición de residuos independientemente de si el residuo es adecuado para el co-procesamiento o no. Los residuos que no son adecuados para el co-procesamiento se envían a las compañías que tienen instalaciones de tratamiento adecuadas. Para el transporte de ciertos residuos, se usan barriles de plástico o acero. Los barriles de plástico se trituran y se usan como AFR. Los de acero se envían para su reciclaje una vez que se retiran los residuos. Los barriles se prensan con una máquina especial antes de reciclarlos.

Aserrín impregnado

Desarrollo Posterior

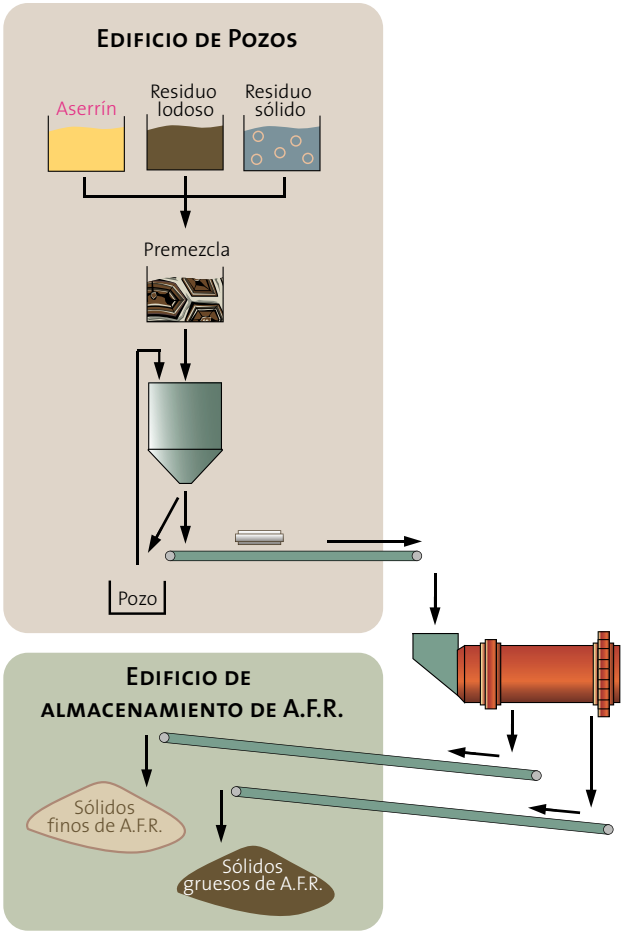
El proceso de mezclado de los lodos con los residuos sólidos se efectúa en un edificio abierto. Las emisiones de Compuestos Orgánicos Volátiles (VOC) del lodo deben retirarse para proteger la salud en el área de trabajo. Un programa de monitoreo evalúa los impactos ambientales, de manera que los gerentes puedan decidir si se necesitan más medidas.

Las emisiones de VOC tienen que ver con la formación de smog en verano. Las técnicas de reducción comunes son separadores de nitrógeno y tratamiento biológico.

Lecciones Aprendidas

Los diferentes tipos de clientes y el análisis de sus distintos residuos requieren atención. Los problemas que se han encontrado en el proceso de transformación de residuos a AFR y en la producción de clinker debido a contaminantes inesperados en los residuos pueden evitarse mediante un análisis frecuente de las muestras de residuos y asegurando el seguimiento de los residuos del cliente al horno rotatorio de cemento.

La instalación y funcionamiento de las instalaciones de preprocesamiento requiere el desarrollo de una fuerte relación con las comunidades locales. Es necesario superar sus preocupaciones y temores sobre los efectos negativos del tratamiento de residuos. Por lo tanto, Ecoltec planificó una serie de días abiertos al público, en los que se incluyó un recorrido por la fábrica. Además de las reglas generales para el preprocesamiento, se necesitan reglamentos especiales para ciertos residuos, como los contaminantes orgánicos persistentes. Aunque no son decisivas desde un punto de vista técnico, todavía existe preocupación en la gente por la formación de dioxinas y furanos durante la combustión de COPs.



Esquema de producción de combustible alternativo

Referencias

www.coprocem.com

Holcim gtz

Estudio de Caso

Co-Procesamiento de Residuos en la Producción de Cemento

Pruebas de Combustión con Monitoreo de PCDD/PCDF

Los ejemplos de Filipinas

Antecedentes

El co-procesamiento en la industria cementera es una forma alternativa de eliminación de residuos. En especial, los residuos de alto poder calorífico puede disponerse como combustible alternativo en los hornos rotatorios de cemento para reemplazar los combustibles fósiles. En todos los procesos de incineración, debe ponerse especial atención a la formación de dibenzodioxinas policloradas (PCDDs) y dibenzofuranos policlorados (PCDFs) como derivados no intencionales del cloro y de los precursores de hidrocarburos procedentes de las materias primas.

Se sabe que la formación de dioxinas y furanos ocurre por la "síntesis de novo" durante el enfriamiento en el intervalo de temperatura de 400 a 200°C. Esto puede suceder durante el co-procesamiento de los residuos halogenados en un horno rotatorio rotatorio. Para poder establecer una mejor comprensión de los procesos de destrucción en un horno rotatorio rotatorio, se propone una prueba de combustión para medir los derivados no intencionales. La prueba se realizó en noviembre de 2004 en la fábrica de cemento Bulacan de la Union Cement Corporation en Filipinas.

Las Condiciones

La prueba se realizó por dos razones.

- Para demostrar que el co-procesamiento es una manera práctica y segura en términos ambientales de tratar los residuos
- Para usar un lote de 1,200 toneladas de comida para mascota importada con un poder calorífico de 4,600 MJ y contenido de cloro de 1.28%. La comida para mascota se contaminó con toxinas de moho.

En comparación, el contenido de cloruro del carbón que se usó en la fábrica Bulacan está sólo en el intervalo de cero a 0.08%. La cantidad mayor de cloro en la comida para mascota en el proceso de cemento aumenta la probabilidad de formación de PCDDs/PCDFs. La prueba de combustión en la fábrica de cemento Bulacan cumplió con la Ley de Aire Limpio de Filipinas.

La fábrica de cemento Bulacan está equipada con una instalación semiautomática para el co-procesamiento de residuos sólidos, líquidos y de lodos como combustibles alternativos. La unidad consiste de un gran embudo de alimentación y una banda transportadora que lleva los residuos sólidos directamente al tubo ascendente que está debajo del horno rotatorio de calcinación en línea (ILC, por sus siglas en inglés). Desde ahí los residuos se introducen en el horno rotatorio en el lado secundario.

La Prueba

Todos los criterios de la prueba para medir las emisiones de PCDDs/PCDFs en el gas de la chimenea se han elaborado y definido en un protocolo de pruebas. De acuerdo con este protocolo, la prueba debe realizarse conforme a los reglamentos y procedimientos internacionales, como los "Códigos de la Agencia de Protección Ambiental Estadounidense (US-EPA) del Reglamento Federal (CFR, por sus siglas en inglés) 40" y la "Directiva EU 200/79 EC sobre la incineración de residuos". La prueba comprendía tres rondas de prueba con los siguientes parámetros:

- Una corrida de prueba en vacío (sin comida para mascota), segunda corrida de prueba con una relación de alimentación de 1.75 toneladas

Chimenea con plataforma de monitoreo y ajuste de la sonda en horno rotatorio

de comida para mascota/hora y una tercera corrida de prueba con una relación de alimentación de 3.5 toneladas de comida para mascota/hora

- El horno rotatorio de cemento trabajó en el "Modo compuesto (condiciones normales de trabajo)"
- El tiempo de muestreo del gas de la chimenea tomó 6-8 horas por corrida. El muestreo de gas de la chimenea empezó sólo después de que se estabilizaron todos los parámetros de proceso del horno rotatorio de cemento
- Todos los parámetros estándar de emisiones y operación se monitorearon continuamente
- La prueba de combustión y las otras pruebas se realizaron en los tres días siguientes.

En la realización del muestreo y análisis del gas de la chimenea para obtener resultados confiables se usaron los siguientes métodos calificados de prueba de la Agencia de Protección Ambiental, métodos US-EPA 1, 2, 3A, 4, 5 y 23, así como la Norma Europea EN-1948-2. El gas de la chimenea se recolectó con una sonda especial en la plataforma de muestreo de la chimenea del horno rotatorio de cemento. Los PCDDs/PCDFs se recolectaron en un condensador combinado con un eliminador absorbente de resina XAD-2. En un laboratorio especializado en Australia, se analizaron los PCDDs/PCDFs usando un espectrómetro de masa/cromatografía de gases de alta resolución de acuerdo con el Método US-EPA 1613A.

Los resultados de las pruebas de las muestras de chimenea de este ensayo estuvieron todos debajo de 0.1ng TEQ/Sm^3, lo que es el valor límite en la legislación Europea para plantas de incineración de residuos peligrosos (Directiva del Consejo 2000/76/EC). Los resultados revelaron claramente que el co-procesamiento de comida para mascota no tiene efecto en las emisiones.

Lecciones Aprendidas

Antes del inicio del co-procesamiento, es importante estudiar la estructura química y el proceso de descomposición de los residuos sometidos a las condiciones de los hornos rotatorios de cemento.

Dependiendo de los resultados de la evaluación, se debe llevar a cabo una prueba para evaluar las emisiones del gas de la chimenea de la fábrica de cemento, así como calcular los riesgos para el ambiente.

El co-procesamiento está jugando un papel cada vez más significativo en la gestión de residuos en países en vías de desarrollo. Las pruebas son una herramienta importante para obtener información acerca de las emisiones esperadas y el comportamiento de los residuos durante el proceso de destrucción.

Buenas Prácticas

La decisión de iniciar el co-procesamiento de residuos y de realizar una prueba depende de la composición química, así como de la cantidad de residuos. Se debe involucrar en una etapa muy temprana a la agencia nacional relacionada con el proceso de planificación. Las fábricas de cemento deben ejecutar el co-procesamiento y las pruebas solamente si son capaces de acatar las normas nacionales de emisiones.

Referencias

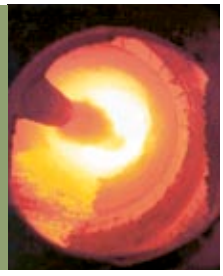
www.coprocem.com | www.gtz.de/chs

La instalación semiautomática de co-procesamiento para residuos sólidos

Holcim gtz

Estudio de Caso

Co-Procesamiento de Residuos en la Producción de Cemento



Laboratorio de Control de Calidad de AFR

El ejemplo de Resotec, Brasil

Antecedentes

Resotec, una división de Holcim (Brasil) S/A opera dos instalaciones de preprocesamiento de residuos cerca de sus fábricas de cemento Pedro Leopoldo y Cantagalo. Cada instalación tiene una capacidad instalada de unas 120,000 toneladas por año.

Para poder calificar los flujos de residuos candidatos para preprocesamiento y co-procesamiento en los hornos rotatorios de cemento, Resotec ha establecido planes detallados de control de calidad en cada fábrica. Los planes de control están basados en protocolos que incluyen procedimientos administrativos, estrategias de muestreo y programas de pruebas analíticas para residuos enviados a las instalaciones y, finalmente, para flujos de residuos procesados que van a suministrarse a los hornos rotatorios de cemento. Los laboratorios especializados de AFR son parte esencial de la estrategia de manejo de residuos de Resotec.

Proceso

En Pedro Leopoldo se co-procesa una gran variedad de residuos en los hornos rotatorios, incluyendo aceites usados, solventes, lodos industriales y sólidos impregnados (plásticos, textiles, etc.).

Pedro Leopoldo opera un moderno laboratorio de AFR en su sitio de preprocesamiento con cinco químicos capacitados y asistentes de laboratorio. Cada mes se realizan entre 200 y 300 análisis en promedio. Las principales tareas del laboratorio incluyen:

- Caracterización física y química de los residuos de entrada y AFR de salida
- Control de aspectos legales y especificaciones técnicas internas (es decir, comparación con especificaciones permitidas y requerimientos internos)
- Monitoreo ambiental y análisis de agua residual, suelo o emisiones de la chimenea.
- Control ambiental (es decir, análisis de metales pesados) de productos de la fábrica de cemento (clinker, cemento, polvo de los filtros).

El equipo de laboratorio se compone de un juego completo de instrumentos analíticos de tecnología de punta, como espectrómetro ICP (para análisis de metales pesados), cromatógrafo de gases (para sustancias orgánicas, PCBs), calorímetro (poder calorífico), analizadores de azufre y cloro, medidor de temperatura de inflamación, viscosímetro y otros. Se invirtió el total de casi 500,000 dólares estadounidenses en este equipo de análisis.

Extractor del espacio frontal cero para la determinación de componentes volátiles

Folleto de servicio de los elementos de los laboratorios de AFR de Resotec

Buenas Prácticas

Todos los asistentes de laboratorio reciben capacitación para cumplir con los rigurosos requerimientos de la instalación respecto al desempeño analítico y a la salud y seguridad en el lugar de trabajo.

La instalación de preprocesamiento, incluyendo al laboratorio de AFR, ha obtenido certificación frente a las normas internacionales ISO 9001 (control de calidad) e ISO 14001 (gestión ambiental). En el marco de estas certificaciones, el laboratorio ha desarrollado una serie de procedimientos de operación estándar para todas las pruebas aplicadas.

El laboratorio de AFR participa en varias pruebas de aprovechamiento entre laboratorios nacionales e internacionales para verificar y mejorar sus capacidades analíticas y para incrementar la confianza de sus clientes.

Desarrollo Posterior

El laboratorio de AFR ha empezado a ofrecer sus servicios a terceros en el mercado. Los ingresos de estos servicios externos han reducido de manera significativa los costos de operación del laboratorio.

Lecciones Aprendidas

La caracterización física y química de los flujos de residuos altamente variables es una tarea en extremo demandante en relación con las capacidades profesionales del personal del laboratorio y la selección de equipo analítico e infraestructura.

Los procedimientos de prueba estandarizados deben adaptarse con frecuencia a las características específicas del flujo de residuos. Obtener muestras representativas de los residuos suministrados en diferentes tipos de empaques, por ejemplo tambores o entre cargas de materiales muy heterogéneos, requiere una sofisticada estrategia de muestreo. Resotec ha publicado un folleto que describe los servicios y capacidades de sus laboratorios de AFR.

Unidad Pedro Leopoldo

Espectrómetro ICP para la determinación de metales pesados

Referencias

www.coprocem.com
www.resotec.com.br

Holcim gtz

Estudio de Caso

Co-Procesamiento de Residuos en la Producción de Cemento

Recuperación de Residuos del buque Petrolero Erika

El ejemplo de Holcim Support de la limpieza del derrame del buque petrolero, Francia

Antecedentes

Un desastre ambiental impactó en diciembre de 1999 cuando el buque petrolero Erika naufragó en las costas de Francia, lo que causó un derrame de miles de toneladas de petróleo que fueron barridas por las olas a tierra en las frágiles playas de Bretaña.

Las difíciles condiciones climáticas obstaculizaron la limpieza y 19,000 toneladas de petróleo produjeron 300,000 toneladas de residuos. El operador del buque quería encontrar una manera de reciclar los residuos como material o fuente de energía.

Proceso

Holcim Francia Benelux se comprometió a ayudar a disponer de algunos de los residuos recuperados mediante el co-procesamiento del lodo como combustible y materias primas alternativos (AFR) en nuestros hornos rotatorios de cemento. Pero antes de la adjudicación del contrato, se llevó a cabo una rigurosa revisión y nuestra tecnología se examinó cuidadosamente en acción.

El proceso BEMTI (Lodos de Depuración Mixtos Tratados Industrialmente) establecido en la fábrica Holcim Obourg en 1998 es único en el sector del cemento y se usa principalmente para la recuperación de residuos minerales.

También se realizaron pruebas en la fábrica de cemento Rochefort, donde se usó un horno rotatorio de pirólisis para el preprocesamiento antes de recuperar los residuos minerales que contienen componentes orgánicos (hidrocarburos).

Una vez que las pruebas se terminaron de manera exitosa, el primer embarque de residuos llegó a Obourg en enero de 2003. Por todo, más de 20,000 toneladas de lodo pretratado (abonado y comprimido) se suministraron a las líneas del horno rotatorio en Holcim Francia-Benelux.

Buenas Prácticas

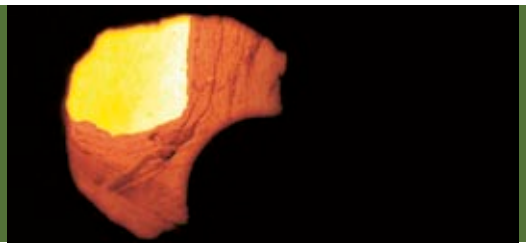
La experiencia que el equipo AFR de Holcim ha adquirido en más de 15 años en este campo fue la clave para ganar el contrato.

La dedicación y el trabajo arduo de los especialistas de Holcim fue más que equiparado por la tecnología del grupo. Holcim tiene un programa establecido para compartir conocimientos y multiplicar buenas prácticas en todas sus operaciones globales.

Desarrollo Adicional

Está claro que nuestras soluciones de AFR permiten que el grupo responda a las crecientes exigencias de la industria y de las autoridades locales para el tratamiento de residuos en una cada vez más amplia gama de aplicaciones.

El respeto por el ambiente y el compromiso con el desarrollo sostenible respaldan el conocimiento de Holcim, mientras que las políticas de AFR del Grupo proporcionan principios fuertes y responsables para dirigir el comportamiento.



Suministro del lodo en los hornos rotatorios

Lecciones Aprendidas

Demostrar la habilidad del Grupo para contribuir con soluciones para una recuperación difícil de residuos crea la propia experiencia y pericia de Holcim, mientras crece nuestra reputación como proveedor de servicios responsable.

Ahora que Holcim ha obtenido este conocimiento y lo ha demostrado de manera convincente en este ejemplo, el Grupo está en una excelente posición de ofrecer esta solución para desastres ambientales similares en caso de que ocurran y en el momento en que sucedan.

Más de 20,000 toneladas de lodo pretratado (abonado y comprimido) se suministraron a las líneas del horno rotatorio en Hocim Francia-Benelux

19,000 toneladas de petróleo derramadas produjeron más de 300,000 toneladas de residuos

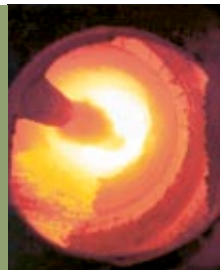
Referencias

www.coprocem.com
www.holcim.com/sustainable

Holcim gtz

Estudio de Caso

Co-Procesamiento de Residuos en la Producción de Cemento



Mesas de Asesoría en la Comunidad

El ejemplo de Energis en Albox, España.

Antecedentes

En 2003, Holcim España abrió la plataforma de pretratamiento de residuos de su subsidiaria de AFR Energis en Albox, Andalucía.

Debido a que se está efectuando una nueva actividad industrial en el pueblo, la administración local reconoció el valor del compromiso de las partes interesadas y dialogó con la comunidad, decidida a establecer una mesa de asesoría en la comunidad (CAP, por sus siglas en inglés) desde el principio.

Holcim anima activamente a todos los sitios operativos a que se comprometan con las partes interesadas y ha desarrollado recomendaciones que sirven de guía y un modelo de proceso para ayudar a la administración local en sus actividades de compromiso.

Proceso

El objetivo de la CAP es informar e involucrar a todas las partes interesadas correspondientes en relación con las operaciones de la fábrica, a través de un diálogo activo y directo. Las partes interesadas invitadas a unirse al grupo incluyen al Alcalde de Albox, otras autoridades locales, representantes de grupos ambientales y de la comunidad, así como la gerencia de Energis.

La CAP se considera un mediador activo entre la compañía y la comunidad. Esto se extiende al desarrollo de un plan de coordinación externa en caso de accidente, en el que los miembros de la CAP han definido roles y siguen protocolos de alerta pública.

Actividades

La gerencia vio la necesidad de abrir las puertas de la fábrica a la comunidad, dándole la oportunidad de ver y oír de primera mano lo referente a las operaciones de la fábrica. El 4 de noviembre de 2005, más de 100 invitados hicieron un recorrido por las instalaciones. De particular interés fueron las áreas de la fábrica donde se recolectan y clasifican los residuos, así como los laboratorios de la compañía donde se analizan las muestras de residuos antes de su aceptación.

La Voz de las Partes Interesadass

Como representante del centro de estudios ambientales del Río Almanzora y miembro de la ONG "Ecologistas en Acción", Martín Berbel Granados ha asumido también la función de Secretario de la CAP en Albox.

"La CAP de Albox es una herramienta importante para "crear conciencia ambiental en la población a través de proyectos educacionales", dijo. "Para asegurar la transparencia, desarrollaremos una guía para su operación, un sitio de Internet en el que se publiquen sus actividades e invitaremos a una experto en salud a que se una a nosotros."

Buenas Prácticas

Holcim tiene un programa establecido para compartir el conocimiento y multiplicar las buenas prácticas en todas sus operaciones globales. Las experiencias con el compromiso de las partes interesadas en AFR en otras ubicaciones han dado a conocer las prioridades de seguridad y desempeño ambiental de la CAP de Albox.

Desarrollo Posterior

Después de más de un año de operaciones, se realizó una evaluación buscando la admisión de empleados de la fábrica y miembros de la mesa. Los resultados de la revisión indicaron que la función de la CAP ha sido bien vista.

Aún había ahí un potencial para mejorar, particularmente para diferenciar a la fábrica de sus vecinos inmediatos, un sitio de disposición final de residuos, así como más comunicación acerca de las actividades de la CAP y el valor que ellos han traído a la comunidad.

También hubo una solicitud de enfocar las actividades de responsabilidad social corporativa en las prioridades educativas, incluyendo los asuntos ambientales, residuos y reciclaje.

La directora de calidad de Energis, Isidora Diaz (derecha), se reúne con el Secretario de la CAP, Martín Berbel Granados (izquierda) Granados cree que la CAP es una herramienta importante para "crear conciencia ambiental" en la población

Lecciones Aprendidas

La máxima prioridad en la comunidad fue garantizar la seguridad de la fábrica, así como la del proceso de AFR en sí. Durante 2004-2005, se realizaron tres simulacros de accidente, involucrando a los empleados de la fábrica y a los servicios locales de emergencia.

Como resultado, se hicieron recomendaciones para mejorar la respuesta de la fábrica en caso de emergencia, aliviando así las preocupaciones de la comunidad.

A fin de mantener la transparencia, la CAP ha promovido el acceso público a todos los documentos de la compañía relacionados con la seguridad y el ambiente. Éstos están disponibles en la municipalidad e incluyen evaluaciones de impacto ambiental, datos de emisiones, informes de seguridad y declaraciones de residuos peligrosos.

Referencias

www.coprocem.com
www.holcim.com/sustainable

Índice de Anexos

Anexo 1	Bibliografía, literatura y enlaces de Internet	A2
Anexo 2	Residuos utilizados para AFR en Europa y Japón	A5
Anexo 3	Desarrollo del uso de combustibles alternativos en la industria cementera alemana	A7
Anexo 4	Indice de contactos e información	A8
Anexo 5	Lista de material de residuo adecuado para el co-procesamiento	A10
Anexo 6	Ejemplo de una Tabla de Aceptación y Rechazo	A18
Anexo 7	Valores límite para residuos y AFR	A19
Anexo 8	Justificación de la exclusión de algunos residuos del co-procesamiento	A22
Anexo 9	Modelo de permiso	A25
Anexo 10	Forma de solicitud	A30
Anexo 11	Proceso de otorgamiento de permisos	A34
Anexo 12	Información sobre las pruebas de combustión	A35
Anexo 13	EPER – (European Polluting Emissions Register) Registro Europeo de Emisiones Contaminantes para la industria cementera	A37
Anexo 14	Intervalos de las emisiones y técnicas de reducción	A38
Anexo 15	Valores límite de emisiones totales para residuos de co-procesamiento de hornos rotatorios de cemento	A41
Anexo 16	Resumen del informe del WBCSD/UNEP en los COPs	A42
Anexo 17	Plantilla para archivos maestros para registro de residuos usados comúnmente	A45
Anexo 18	Esquema de control de calidad AFR	A49
Anexo 19	Análisis de la situación – cómo hacerlo	A50

Anexo 1: Bibliografía, Literatura y Enlaces de Internet

Literatura

Austrian Standard Önorm S 2100
http://www.zement.at/downloads/positivliste3.pdf

BUWAL, 1998. Guidelines, Disposal of waste in cemento plants
http://www.umwelt-schweiz.ch/buwal/eng/fachgebiete/fg_abfall/anlagen/andere/zw/

Cembureau, 2002. Activity Report 2002
http://www.cembureau.be/Documents/Publications/Activity_Report_2002.pdf

Cembureau, 2003. Activity Report 2003
http://www.cembureau.be/Documents/Publications/Activity%20Report%202003.pdf

Cembureau, 1999. Best Available Technology for the cemento industry
http://www.cembureau.be/Documents/Publications/CEMBUREAU_BAT_Reference_Document_2000-03.pdf

Cembureau, 2003. Trace element leaching from concrete – Final Draft

Commission Decision of 16 January 2001 amending Decision 2000/532/EC as regards the list of wastes
http://www.vrom.nl/get.asp?file=/docs/milieu/eural_engelse_versie.pdf

Commission decision, 2001. Commission decision of 16 January 2001
amending Decision 2000/532/EC as regards the list of wastes
http://www.grc.cf.ac.uk/lrn/resources/hazardous/catalogue.php

Council Directive 96/61/EC of 24 September 1996 concerning integrated pollution prevention and control
http://europa.eu.int/smartapi/cgi/sga_doc?smartapi!celexapi!prod!CELEXnumdoc&lg=en&numdoc=31996L0061&model=guichett

Directive 200/76/EC of the European Parliament and the council of 4. December 2000 on the incineration of waste
http://europa.eu.int/comm/environment/wasteinc/newdir/2000-76_en.pdf

European Pollution Emission Register, 2004
http://www.eper.cec.eu.int/eper/default.asp

European Commission– Directorate General Environment, 2003
Rechazar Derived Fuel, Current Practice And Perspectives (B4-3040/2000/306517/Mar/E3) Final Report. Ref: C05087-4
http://europa.eu.int/comm/environment/waste/studies/rdf.pdf

European Environment Agency, Market-based instruments
for environmental policy en Europe; EEA Technical report, no. 08/2005
http://eea.eu.int/technical_report_2005_8/en/EEA_technical_report_8_2005.pdf

European Environment Agency, Using the market for cost-effective environmental policy;
EEA Technical report, no. 01/2006
http://reports.eea.eu.int/eea_report_2006_1/en/EEA_report_1_2006.pdf

Fehrenbach, Horst: Ökobilanzielle Überprüfung von Anlagenkonzepten zur
thermischen Entsorgung von Abfällen – Müllverbrennung, Kraftwerk, Zementwerk. Februar 2005.

Integrated Pollution Prevention and Control (IPPC) – European Commission, Dec. 2001.
Reference document on Best Available Technology in the Cement and Lime manufacturing industries
http://eippcb.jrc.es

Integrated Pollution Prevention and Control (IPPC) – European Commission, Draft Jan.
2004. Draft Reference document on Best Available Technology for the waste treatments industries
http://eippcb.jrc.es

Jacott, Reed, 2003. Energy Use in the Cement Industry in North America: Emissions,
Waste Generation and Pollution Control, 1990-2001
http://www.texascenter.org/publications/cemento.pdf

Ministerium für Umwelt und Naturschutz, Landwirtschaft und Verbraucherschutz
des Landes Nordrhein-Westfalen/MUNLV (ed.), 2003. Leitfaden zur energetischen Verwertung
von Abfällen in Zement-, Kalk- und Kraftwerken in Nordrhein-Westfalen
Umweltbundesamt Österreich. Szednyj I. and Schindler I., 2004. Berichte BE-237
Aktuelle Entwicklungen hinsichtlich Abfalleinsatz
und Emissionsminderungstechniken in der Zementindustrie

UNEP, 1989. Basel Convention on the control of transboundary movements
of hazardous wastes and their disposal adopted 22 march 1989
http://www.basel.int/text/con-e-rev.pdf

UNEP, 2001. Stockholm Convention on Persistent Organic Pollutants
http://www.pops.int/documents/convtext/convtext_en.pdf

WBCSD / Batelle, 2002. Toward a Sustainable Cement Industry
http://www.wbcsdcement.org/final_reports.asp

WBCSD, 2004. Safety in the cemento industry: Guidelines for measuring and reporting
http://www.wbcsd.ch/DocRoot/VZpgC7RnJ4V20goVx8jW/cemento-safety-guide.pdf

WBCSD, 2005. Guidelines for the Selection and Use of Fuels
and Raw Materials in the Cement Manufacturing Proceso
http://www.wbcsd.com

WBCSD, 2005. Report on CO_2 Accounting & Reporting Standard for the Cement Industry
http://www.wbcsd.org/web/publications/cemento-tf1.pdf

030311, European Dioxin Inventory – Results Cement
http://europa.eu.int/comm/environment/dioxin/stage1/cemento.pdf

Anexo 1: Bibliografía, Literatura y Enlaces de Internet

Enlaces de Internet

Cembureau, 2005
http://www.cembureau.be

Verein Deutscher Zementwerke (VDZ), 2005
http://www.vdz-online.de/home.htm

Holcim, 2005
http://www.holcim.com

World Business Council for Sustainable Development (WBCSD), 2005
http://www.wbcsd.ch

Gesellschaft für technische Zusammenarbeit GmbH (GTZ), 2005
http://www.gtz.de

FHNW, Institute of Ecopreneurship (IEC), 2006
http://www.fhnw.ch/lifesciences/iec

European Commission, 2005
http://europa.eu.int/comm/environment/index_en.htm

Portland Cement Association, 2005
http://www.cemento.org/

Japan Cement Association, 2005
http://www.jcassoc.or.jp/Jca/English/Ue.html

The Swiss Institute of Safety and Security
http://www.swissi.ch

Anexo 2: Residuos utilizados para AFR en Europa y Japón

Tabla 2.1: Utilización de combustibles alternativos en la industria cementera europea (2002)

Combustibles alternativos	Cantidad en kT/año	Energía en TJ	Tasa de sustitución
Harinas animales, harinas óseas y grasa animal	760	15'000	2.0%
Neumáticos	500	13'200	1.8%
Otros residuos peligrosos	360	6'500	0.9%
Plástico	210	5'000	0.7%
Papel / cartón / madera / PAS	180	2'800	0.4%
Aserrín impregnado	165	1'900	0.3%
Fangos de carbón / residuos de destilación	110	1'650	0.2%
Sedimento (fibra de papel, drenaje)	100	970	0.1%
Fino/ ánodos / coques químicos	90	1'600	0.2%
RDF	40	530	0.1%
Pizarra / pizarra de petróleo	15	130	<0.1%
Residuos de envases y embalajes	12	260	<0.1%
y residuos orgánicos	10	170	<0.1%
Otros residuos no peligrosos	730	14'100	1.9%
Subtotal de Combustibles Sólidos (75%)	3'282	63'810	8.5%
Aceites usados y agua con aceite	380	13'500	1.8%
Solventes y otros	260	3'900	0.5%
Otros combustibles líquidos peligrosos	170	4'300	0.6%
Subtotal de Combustibles Líquidos (25%)	810	21'700	2.9%
Total	**4'092**	**85'510**	**11.4%**

Anexo 2: Residuos utilizados para AFR en Europa y Japón

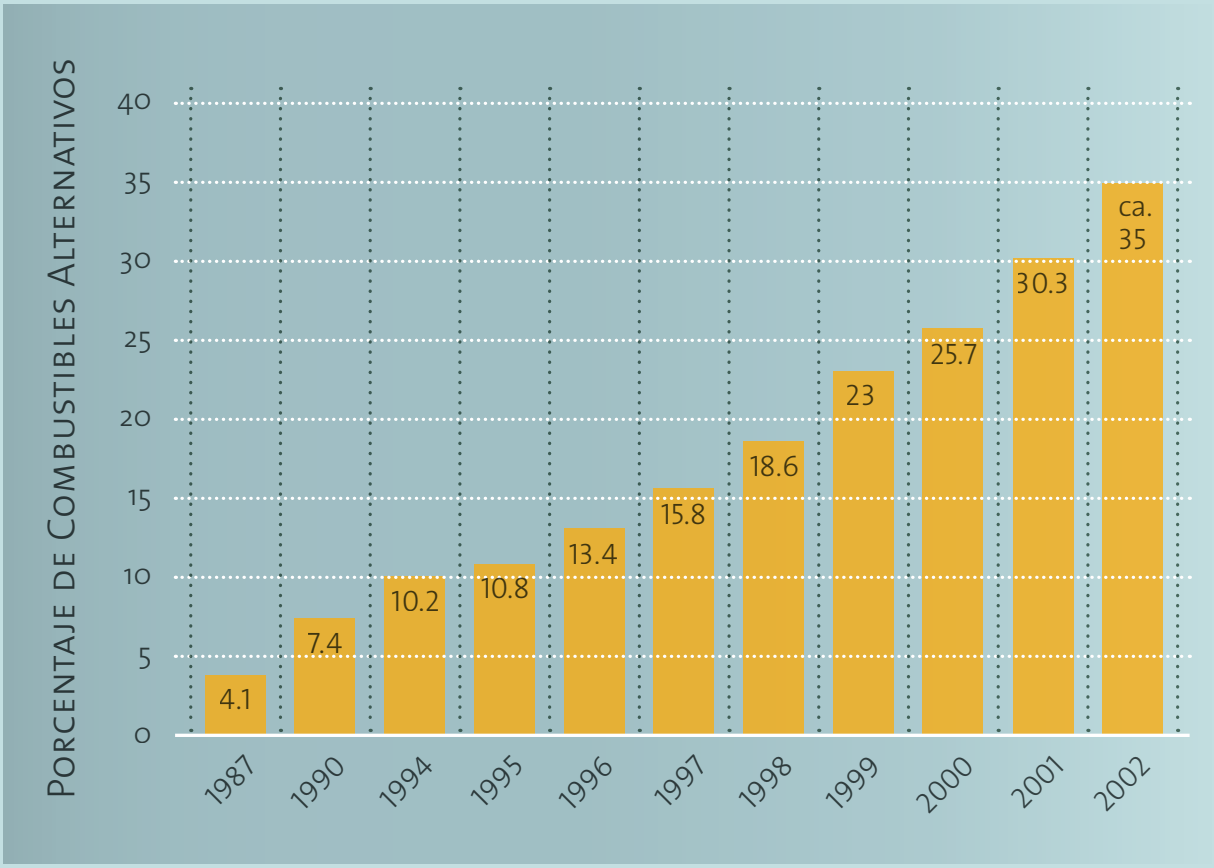
Tabla 2.2: Utilización de materias primas alternativas en la industria cementera europea (2002)

Materias primas alternativas		Cantidad en kT/año	Tasa de sustitución
Silicio (Si)	Arena de fundición	131	2.2%
	Arena	93	1.6%
Calcio (Ca)	Fuentes de calcio	396	6.7%
	Piedra caliza de residuo	438	7.4%
Hierro (Fe)	Material que contiene hierro	699	11.8%
	Alto horno y escoria del convertidor	215	3.6%
	Ceniza de pirita	438	7.4%
Aluminio (Al)	Materiales que contienen aluminio	150	2.5%
	Sedimento industrial	137	2.3%
Si – Al – Ca	Otros materiales que contienen Si-Al-Ca	247	4.2%
	Cenizas volátiles	1,140	19.3%
	Otros	1,823	30.8%
	Total	**5,907**	

Tabla 2.3: Utilización de combustibles alternativos en la industria cementera japonesa (2001)

Tipo de residuo	Uso en la fábrica de cemento	Peso ('000 ton)
Alto horno	Materia prima, Material mezclado	11,915
Ceniza de carbón	Materia prima, Material mezclado	5,822
Subproductos del sío	Materia prima (Aditiva)	2,568
Carbón de baja calidad proveniente de la mina	Materia prima, Combustible	574
Escoria que no es de hierro	Materia prima	1,236
Escoria del horno giratorio	Materia prima	935
Sedimento, etc.	Materia prima, Combustible	2,235
Hollín y polvo	Materia prima, Combustible	943
Arena de moldear	Materia prima	492
Neumáticos usados	Combustible	284
Aceites usados	Combustible	353
Arcilla activada agotada	Combustible	82
Plásticos de desecho	Combustible	171
Otros	Materia prima, Combustible	450
Total		**28,061**

Anexo 3: Desarrollo de la utilización de combustibles alternativos en la industria cementera alemana



Fuente: VDZ, 2003

Anexo 4: Índice de contactos e información

Organizaciones que ofrecen asistencia y contactos para una construcción de capacidad en el campo del co-procesamiento y el monitoreo ambiental.

Nombre	Dirección	Contacto	Área
CEMBUREAU	Rue d'Arlon 55 1040 Brussels Bélgica-1040 Tel: +32-(0) 2 234 10 11 technical@cembureau.be		Todo lo relacionado con la producción de cemento
FHNW	University for Applied Sciences Northwestern Suiza Institute for Ecopreneurship St. Jakobs-Strasse 84 4132 Muttenz, Suiza Tel: +41-(0) 61 467 45 68 dieter.mutz@coprcem.com	Dr. Dieter Mutz	Capacitación y construcción de capacidad
GTZ	Deutsche Gesellschaft für Technische Zusammenarbeit GmbH (GTZ) Convention Project Chemical Safety C.P. 5180 65726 Eschborn, Alemania www.gtz.de/chs	Wolfgang Schimpf	Substancias químicas
RP-NRW	Bezirksregierung Münster Domplatz 1-3 48128 Münster, Alemania Tel: + 49-(0) 251 411 1550 richard.bolwerk@bezreg-muenster.nrw.de	Richard Bolwerk (Dipl. Ing.)	AFR ambiental, aspectos jurídicos
SINTEF	P.O Box 124 Bindern, NO-0314 Oslo, Noruega Tel: +47-(0) 22 06 73 00 khk@sintef.no	Research Director Kåre Helge Karstensen	Co-procesamiento de residuos peligrosos, pesticidas obsoletos y COPs ambientales.
UBA	Umweltbundesamt Postfach 33 00 22 14191 Berlin, Alemania Tel: +49-(0) 8903 3075 silke.karcher@uba.de	Dr. Silke Karcher Dr. Bernicke Steffi Richter	Industria mineral, industria cementera COP

Nombre	Dirección	Contacto	Área
VDZ	Verein Deutscher Zementwerke e.V. Forschungsinstitut der Zementindustrie Tannenstr. 2 40476 Düsseldorf, Alemania Tel: +49-(0) 211 45 78 1 info@vdz-online.de		Todo lo relativo a la producción de cemento
WBCSD	World Business Council for Sustainable Development 4, chemin de Conches 1231 Conches-Geneva Suiza Tel: +41-(0) 22 8 39 31 00 info@wbcsd.org		Integración de Desarrollo Sostenible

Anexo 5: Lista de residuos adecuados para el co-procesamiento[13]

A. Residuos Industriales

1. 0 Residuos Químicos Orgánicos | 1.1 Aceites minerales, grasas y aceites sintéticos

05 01 00	**Lodos y residuos sólidos aceitosos**
05 01 01	Lodos del tratamiento in situ de efluentes
05 01 03	Lodos de fondos de tanques
12 01 00	**Residuos provenientes del moldeado (incluyendo forja, soldadura, prensado, trefilado, torneado, corte y fresado)**
12 01 06	Aceites usados de mecanizado que contienen halógenos (no emulsionados)
12 01 07	Aceites usados de mecanizado sin halógenos (no emulsionados)
12 01 08	Residuos emulsionados de mecanizado que contienen halógenos
12 01 09	Residuos emulsionados de mecanizado sin halógenos
12 01 10	Aceites sintéticos de mecanizado
13 01 00	**Aceites hidráulicos y líquidos de freno usados**
13 01 01	Aceites hidráulicos que contienen PCB o PCT
13 01 02	Otros aceites hidráulicos clorados (no emulsiones)
13 01 03	Aceites hidráulicos no clorados (no emulsionados)
13 01 04	Emulsiones cloradas
13 01 05	Emulsiones no cloradas
13 01 06	Aceites hidráulicos que contienen sólo aceite mineral
13 01 07	Otros aceites hidráulicos
13 02 00	**Aceites de motor, transmisión mecánica y lubricantes usados**
13 02 01	Aceites de motor, transmisión mecánica y lubricantes clorados
13 02 02	Aceites de motor, transmisión mecánica y lubricantes no clorados
13 02 03	Otros aceites de motor, transmisión mecánica y lubricantes
13 03 00	**Aceites y otros líquidos de aislamiento y transmisión de calor usados**
13 03 01	Aceites y otros líquidos de aislamiento y transmisión de calor que contienen PCB o PCT (los residuos clorados y el PCB están sujetos a limitaciones legales en cuanto a la concentración máxima de entrada y la cantidad de T/año permitidas)
13 03 02	Otros aceites y líquidos clorados de aislamiento y transmisión de calor
13 03 03	Aceites y otros líquidos no clorados de aislamiento y transmisión de calor
13 03 04	Aceites y otros líquidos sintéticos de aislamiento y transmisión de calor
13 03 05	Aceites minerales de aislamiento y de transmisión de calor
13 04 00	**Aceites de sentinas**
13 04 01	Aceites de sentinas procedentes de la navegación en aguas continentales
13 04 02	Aceites de sentinas recogidos en muelles
13 04 03	Aceites de sentinas procedentes de otra navegación

13 Esta lista se deriva del Catálogo Europeo de Residuos, pero no es un documento exclusivo ni obligatorio. Brinda una visión global de los residuos que es posible usar como AFR en los hornos rotatorios de cemento.

13 05 00	**Restos de separadores agua/sustancias oleosas**
13 05 02	Lodos de separadores agua/sustancias oleosas
13 05 03	Lodos de interceptores
13 05 04	Lodos o emulsiones de desalación
13 05 05	Otras emulsiones
13 06 00	**Aceites usados no especificados en otra categoría**
13 06 01	Aceites usados no especificados en otra categoría

1. 0 Residuos Químicos Orgánicos | 1.2. Residuos petroquímicos

05 01 00	**Lodos y residuos sólidos aceitosos**
05 01 01	Lodos del tratamiento in situ de efluentes
05 01 02	Lodos de desolación
05 01 03	Lodos de fondos de tanques
05 01 04	Lodos de alquil ácido
05 01 05	Derrames o vertidos de hidrocarburos
05 01 06	Lodos procedentes de plantas, equipos y operaciones de mantenimiento
05 01 99	Residuos no especificados en otra categoría
05 05 00	**Residuos de desulfuración de hidrocarburos**
05 05 01	Residuos que contienen azufre
05 06 00	**Residuos del tratamiento pirolítico del carbón**
05 06 01	Alquitranes ácidos
05 06 03	Otros alquitranes
05 06 04	Residuos de columnas de refrigeración

1. 0 Residuos Químicos Orgánicos | 1.3 Solventes, pinturas, barnices, pegamentos (adhesivos, selladores) caucho orgánico

07 03 00	**Residuos de la FFDU de tintes y pigmentos orgánicos (excepto la categoría 06-11-00)**
07 03 01	Líquidos de limpieza y licores madre acuosos
07 03 02	Lodos del tratamiento in situ de efluentes
07 03 03	Solventes, líquidos de limpieza y licores madre organohalogenados
07 03 04	Otros solventes, líquidos de limpieza y licores madre orgánicos
07 03 07	Residuos de reacción y de destilación halogenados
07 03 09	Tortas de filtración y absorbentes usados halogenados
08 01 00	**Residuos de la FFDU de pintura y barniz**
08 01 01	Residuos de pinturas y barnices que contienen solventes halogenados
08 01 02	Residuos de pinturas y barnices que no contienen solventes halogenados
08 01 03	Residuos de pinturas y barnices al agua

Anexo 5: Lista de residuos adecuados para el co-procesamiento

08 01 06	**Lodos del decapado de pinturas y barnices que contienen solventes halogenados**
08 01 07	Lodos del decapado de pinturas y barnices que no contienen solventes halogenados
08 01 08	Lodos acuosos que contienen pintura o barniz
08 01 09	Residuos del decapado de pintura o barniz (excepto las categorías 08 01 05 y 08 01 06)
08 01 99	Residuos no especificados en otra categoría
08 03 00	**Residuos de la FFDU de tintas de impresión**
08 03 01	Residuos de tintas que contienen solventes halogenados
08 03 02	Residuos de tintas que no contienen solventes halogenados
08 04 00	**Residuos de la FFDU de pegamentos y sellantes (incluyendo productos de impermeabilización)**
08 04 01	Residuos de pegamentos y sellantes que contienen solventes halogenados
08 04 02	Residuos de pegamentos y sellantes que no contienen solventes halogenados
08 04 03	Pegamentos y sellantes al agua
08 04 05	Lodos de pegamentos y sellantes que contienen solventes halogenados
08 04 06	Lodos de pegamentos y sellantes que no contienen solventes halogenados
08 04 07	Lodos acuosos que contienen pegamentos y sellantes
08 04 08	Residuos líquidos acuosos que contienen pegamentos y sellantes
14 05 00	**Residuos de la recuperación de solventes y refrigerantes (residuos de destilación)**
14 05 01	Clorofluorocarbonos
14 05 02	Otros solventes y mezclas de solventes halogenados
14 05 03	Otros solventes y mezclas de solventes
14 05 04	Lodos que contienen solventes halogenados
14 05 05	Lodos que contienen otros solventes

1. 0 Residuos Químicos Orgánicos | 1.4 Residuos provenientes de materiales y cauchos sintéticos

07 02 00	**Residuos de la FFDU de plásticos, caucho sintético y fibras artificiales**
07 02 01	Líquidos de limpieza y licores madre acuosos
07 02 02	Lodos del tratamiento in situ de efluentes
07 02 03	Solventes, líquidos de limpieza y licores madre organohalogenados
07 02 04	Otros solventes, líquidos de limpieza y licores madre orgánicos
07 02 07	Residuos de reacción y de destilación halogenados
07 02 08	Otros residuos de reacción y de destilación

2. 0 Otros Residuos Químicos

03 02 00	**Residuos de los procesos de tratamiento para la conservación de la madera**
03 02 01	Conservadores de la madera orgánicos no halogenados
03 02 02	Conservantes de la madera organoclorados
03 03 00	**Residuos de la producción y fabricación de pasta de papel, papel y cartón**
03 03 05	Lodos de destintado provenientes del reciclaje de papel
03 03 06	Lodos de fibra y papel
04 01 00	**Residuos de la industria del cuero**
04 01 03	Residuos de desengrasado que contienen solventes sin fase líquida
04 02 00	**Residuos de la industria textil**
04 02 11	Residuos halogenados de la confección y acabado
04 02 13	Colorantes y pigmentos
07 01 00	**Residuos de la formulación, fabricación, distribución y utilización (FFDU) de productos químicos orgánicos de base**
07 01 01	Líquidos de limpieza y licores madre acuosos
07 01 02	Lodos del tratamiento in situ de efluentes
07 01 03	Solventes, líquidos de limpieza y licores madre organohalogenados
07 01 04	Otros solventes, líquidos de limpieza y licores madre orgánicos
07 01 07	Residuos de reacción y de destilación halogenados
07 01 08	Otros residuos de reacción y de destilación
07 04 00	**Residuos de la FFDU de pesticidas orgánicos (excepto la categoría 02 01 05)**
07 04 01	Líquidos de limpieza y licores madre acuosos
07 04 02	Lodos del tratamiento in situ de efluentes
07 04 03	Solventes, líquidos de limpieza y licores madre organohalogenados
07 04 04	Otros solventes, líquidos de limpieza y licores madre orgánicos
07 04 07	Residuos de reacción y de destilación halogenados
07 04 08	Otros residuos de reacción y de destilación
07 05 00	**Residuos de la FFDU de productos farmacéuticos**
07 05 01	Líquidos de limpieza y licores madre acuosos
07 05 02	Lodos del tratamiento in situ de efluentes
07 05 03	Solventes, líquidos de limpieza y licores madre organohalogenados
07 05 04	Otros solventes, líquidos de limpieza y licores madre orgánicos
07 05 07	Residuos de reacción y de destilación halogenados
07 05 08	Otros residuos de reacción y de destilación

Anexo 5: Lista de residuos adecuados para el co-procesamiento

07 06 00	**Residuos de la FFDU de grasas, jabones, detergentes, desinfectantes y cosméticos**
07 06 01	Líquidos de limpieza y licores madre acuosos
07 06 02	Lodos del tratamiento in situ de efluentes
07 06 03	Solventes, líquidos de limpieza y licores madre organohalogenados
07 06 04	Otros solventes, líquidos de limpieza y licores madre orgánicos
07 06 07	Residuos de reacción y de destilación halogenados
07 06 08	Otros residuos de reacción y de destilación
07 07 00	**Residuos de la FFDU de productos químicos y química fina no especificados en otra categoría**
07 07 01	Líquidos de limpieza y licores madre acuosos
07 07 02	Lodos del tratamiento in situ de efluentes
07 07 03	Solventes, líquidos de limpieza y licores madre organohalogenados
07 07 04	Otros solventes, líquidos de limpieza y licores madre orgánicos
07 07 07	Residuos de reacción y de destilación halogenados
07 07 08	Otros residuos de reacción y de destilación
08 03 00	**Residuos de la FFDU de tintas de impresión**
08 03 03	Residuos de tinta al agua
08 03 05	Lodos de tinta que contienen solventes halogenados
08 03 06	Lodos de tinta que no contienen solventes halogenados
08 03 07	Lodos acuosos que contienen tinta
08 03 08	Residuos líquidos acuosos que contienen tinta
08 03 99	Residuos no especificados en otra categoría
09 01 00	**Residuos de la industria fotográfica**
09 01 01	Soluciones de revelado y soluciones activadoras al agua
09 01 02	Soluciones de revelado de placas de impresión al agua
09 01 03	Soluciones de revelado con solventes
09 01 04	Soluciones de fijado
09 01 05	Soluciones de blanqueo y de fijado
10 03 00	**Residuos de la termometalurgia térmica del aluminio**
10 03 01	Alquitranes y otros residuos que contienen carbón procedente de la fabricación de ánodos
14 01 00	**Residuos del desengrasado de metales y el mantenimiento de maquinaria**
14 01 01	Clorofluorocarbonos
14 01 02	Otros solventes y mezclas de solventes halogenados
14 01 03	Otros solventes y mezclas de solventes
14 01 04	Mezclas acuosas de solventes que contienen halógenos
14 01 05	Mezclas acuosas de solventes sin halógenos
14 01 06	Lodos o residuos sólidos que contienen solventes halogenados
14 01 07	Lodos o residuos sólidos que no contienen solventes halogenados

14 02 00	**Residuos de la limpieza de textiles y desengrasado de productos naturales**
14 02 01	Solventes y mezclas de solventes halogenados
14 02 02	Mezclas de solventes o líquidos orgánicos sin solventes halogenados
14 02 03	Lodos o residuos sólidos que contienen solventes halogenados
14 02 04	Lodos o residuos sólidos que contienen otros solventes
14 03 00	**Residuos de la industria electrónica**
14 03 01	Clorofluorocarbonos
14 03 02	Otros solventes halogenados
14 03 03	Solventes y mezclas de solventes no halogenados
14 03 04	Lodos o residuos sólidos que contienen solventes halogenados
14 03 05	Lodos o residuos sólidos que contienen otros solventes
14 04 00	**Residuos de refrigerantes y propelentes de aerosoles y espumas**
14 04 01	Clorofluorocarbonos
14 04 02	Otros solventes y mezclas de solventes halogenados
14 04 03	Otros solventes y mezclas de solventes
14 04 04	Lodos o residuos sólidos que contienen solventes halogenados
14 04 05	Lodos o residuos sólidos que contienen otros solventes
16 03 00	**Lotes de productos fuera de especificación**
16 03 02	Lotes de productos orgánicos fuera de especificación
16 05 00	**Gases y productos químicos en recipientes**
16 05 03	Otros residuos que contienen productos químicos orgánicos, por ejemplo, productos químicos de laboratorio no especificados en otra categoría.
17 03 00	**Asfalto, alquitrán y otros productos alquitranados**
17 03 03	Alquitrán y productos alquitranados
18 02 00	**Residuos de la investigación, diagnóstico, tratamiento o prevención de enfermedades de animales**
18 02 04	Productos químicos desechados

Anexo 5: Lista de residuos adecuados para el co-procesamiento

B. Residuos De Origen Animal Y Vegetal

(excepto residuos municipales, textiles, agrícolas y hospitalarios)

1.0 Grasas y aceites de origen animal y vegetal

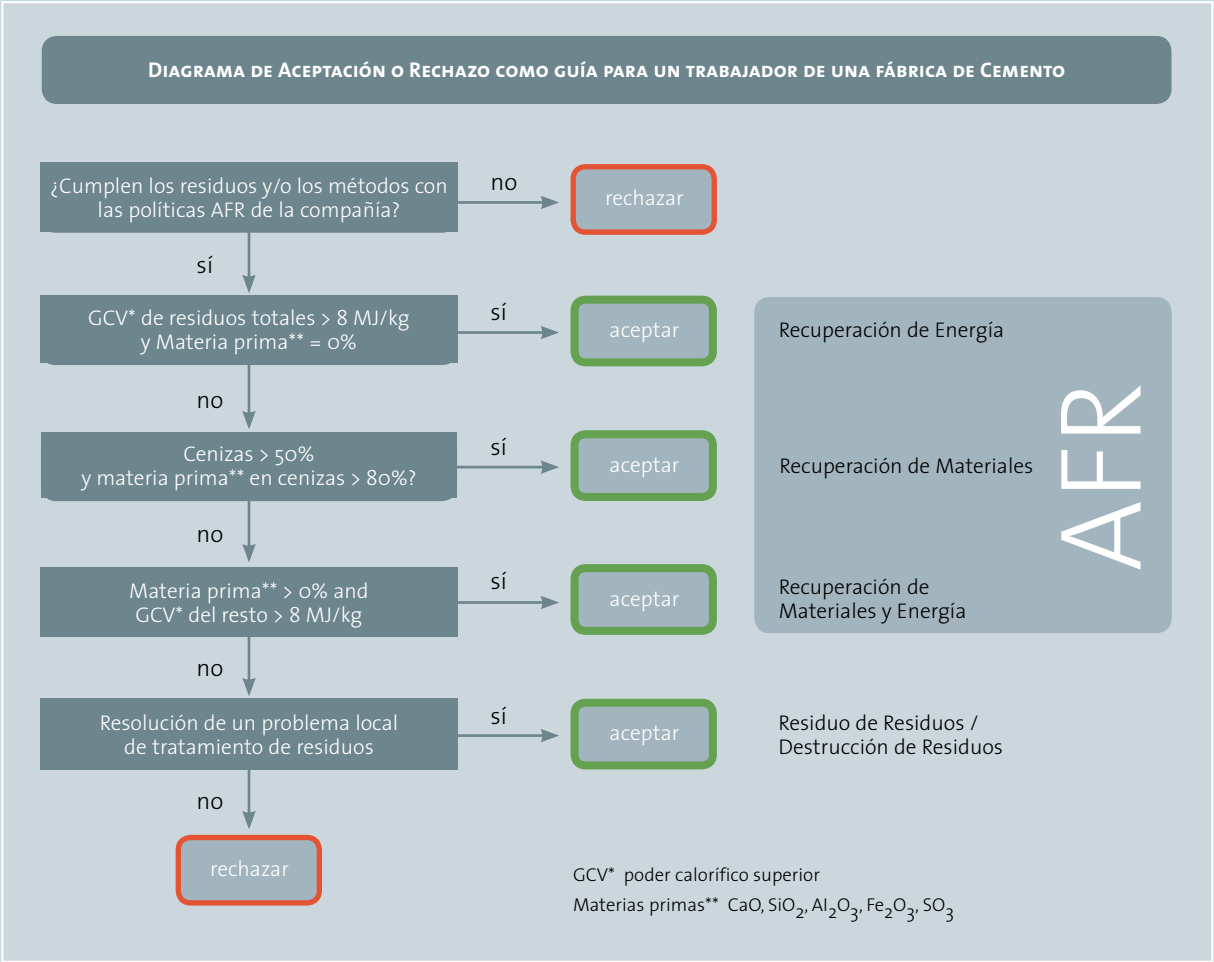
02 01 00	**Residuos de la producción primaria**
02 01 01	Lodos de lavado y limpieza
02 01 06	Heces, orina y estiércol de animales (incluida paja podrida) y efluentes, recogidos selectivamente y tratados en otro lugar
02 02 00	**Residuos de la preparación y transformación de carne, pescado y otros alimentos de origen animal**
02 02 01	Lodos de lavado y la limpieza
02 02 03	Materiales inadecuados para la transformación o consumo
02 02 04	Lodos del tratamiento in situ de efluentes
02 03 00	**Residuos de la preparación y transformación de frutas, hortalizas, cereales, aceites comestibles, cacao, café y tabaco, producción de conservas y elaboración de tabaco**
02 03 01	Lodos de lavado, limpieza, pelado, centrifugado y separación
02 03 02	Residuos de conservantes
02 03 03	Residuos de la extracción con solventes
02 03 04	Materiales inadecuados para la transformación o consumo
02 03 05	Lodos del tratamiento in situ de efluentes
02 04 00	**Residuos de la elaboración de azúcar**
02 04 03	Lodos del tratamiento in situ de efluentes
02 05 00	**Residuos de la industria de productos lácteos**
02 05 01	Materiales inadecuados para la transformación o consumo
02 05 02	Lodos del tratamiento in situ de efluentes
02 06 00	**Residuos de la industria de panadería y pastelería**
02 06 02	Residuos de conservantes
02 06 03	Lodos del tratamiento in situ de efluentes
02 07 00	**Residuos de la producción de bebidas alcohólicas y no alcohólicas (excepto café, té y cacao)**
02 07 01	Residuos de lavado, limpieza y reducción mecánica de materias primas
02 07 02	Residuos de la destilación de alcoholes
02 07 03	Residuos del tratamiento químico
02 07 04	Materiales inadecuados para la transformación o consumo
02 07 05	Lodos del tratamiento in situ de efluentes

C. Otros Residuos

1.0 Residuos eliminados, clasificados y/o almacenados de instalaciones de tratamiento de residuos

05 08 00	**Residuos de la regeneración de aceites**
05 08 02	Alquitranes ácidos
05 08 03	Otros alquitranes
05 08 04	Residuos líquidos acuosos procedentes de la regeneración de aceites
14 05 00	**Residuos de la recuperación de solventes y refrigerantes (residuos de destilación)**
14 05 01	Clorofluorocarbonos
14 05 02	Otros solventes y mezclas de solventes halogenados
14 05 03	Otros solventes y mezclas de solventes
14 05 04	Lodos que contienen solventes halogenados
14 05 05	Lodos que contienen otros solventes
16 07 00	**Residuos de la limpieza de cisternas de transporte y almacenamiento (excepto las categorías 05 00 00 y 12 00 00)**
16 07 01	Residuos de la limpieza de tanques de cisternas de transporte marítimo que contengan productos químicos
16 07 02	Residuos de la limpieza de cisternas de transporte marítimo que contengan hidrocarburos
16 07 03	Residuos de la limpieza de cisternas de transportes por ferrocarril y carretera que contengan hidrocarburos
16 07 04	Residuos de la limpieza de cisternas de transportes por ferrocarril y carretera que contengan productos químicos
16 07 05	Residuos de la limpieza de cisternas de almacenamiento que contengan productos químicos
16 07 06	Residuos de la limpieza de cisternas de almacenamiento que contengan hidrocarburos
	Residuos provenientes de instalaciones de tratamiento de tanques y recipientes, contaminados por uno o más de los elementos enumerados en el Anexo II de la Directiva 91/689/CEE
19 01 00	**Residuos de la incineración o pirólisis de residuos municipales y asimilables de origen comercial, industrial e institucional**
19 01 08	Residuos de pirólisis
19 06 00	**Residuos del tratamiento anaeróbico de residuos**
19 06 01	Lodos del tratamiento anaeróbico de residuos municipales y asimilados
19 06 02	Lodos del tratamiento anaeróbico de residuos de procedencia animal y vegetal
19 07 00	**Lixiviado de relleno sanitario**
19 07 01	Lixiviado de relleno sanitario
19 08 00	**Residuos de plantas de tratamiento de aguas residuales no especificados en otra categoría**
19 08 03	Mezcla de grasa y aceite procedentes de la separación de aceite/agua residual
20 01 00	**Fracciones recolectadas selectivamente**
20 01 09	Aceite y grasa
20 01 12	Pinturas, tintas, resinas y pegamentos
20 01 13	Solventes
20 01 16	Detergentes
20 01 18	Medicamentos
20 01 19	Pesticidas
20 03 00	**Otros residuos municipales**
20 03 04	Lodos de fosas sépticas

Anexo 6: Ejemplo de un Diagrama de Aceptación/Rechazo



Anexo 7: Valores límite de residuos y AFR

Tabla 7.1: Valores límite de los diferentes permisos y reglamentos de Austria, Suiza y Alemania para los residuos utilizados para el coprocesamiento

	Austria[1]			Suiza[2]		Alemania[3]	
	residuos combustibles en general[4]	residuos de plástico, papel, textiles, madera, etc. alta fracción calorífica proveniente de los residuos comunes	solventes, aceite usado, esmaltes de desecho	residuos combustibles en general[5]	otros residuos para su eliminación	residuos de plástico, papel, textiles, madera, etc. alta fracción calorífica proveniente de los residuos comunes [6]	solventes, aceite usado
	Valores máximos [mg/kg]						
As	15	15	20	15		13	15
Sb	5	20 (200)[7]	100	5	800[4]	120	20
Be	5			5		2	2
Pb	200	500	800	200	500	400	150
Cd	2	27	20	2	5	9	4
Cr	100	300	300	100	500	250	50
Cu	100	500	500	100	600	700	180
Co	20	100	25	20	60	12	25
Ni	100	200		100	80	160	30
Hg	0.5	2	2	0.5	5[8]	1.2	1
Tl	3	10	5	3		2	2
V	100			100		25	10
Zn	400			400			
Sn	10	70	100	10		70	30
Cl (total)	1%	2%				1.5%	
PCBs	50		100				

1 compromiso voluntario de la industria del cemento con las autoridades y secretarías correspondientes
2 BUWAL, Guía para el coprocesamiento establecida en Suiza
3 compromiso voluntario de la industria de la basura y reglamentos gubernamentales de Renania del Norte Westfalia (NRW), Alemania
4 valor calorífico neto 25 MJ/kg
5 valor promedio del valor calorífico neto 18 MJ/kg
6 PET
7 PET, Poliéster
8 Caso especial, limpieza de gas de combustion por Hg

Anexo 7: Valores límite de residuos y AFR

Tabla 7.2: Ejemplos de valores límite para combustibles alternativos para diferentes países / regiones, con base en los permisos de cada lugar

Parámetro	Unidad	España[14]	Bélgica[1]	Francia[1]
Valores caloríficos	MJ/kg	-	-	-
halógenos (expr. en Cl)	%	2	2	2
Cl	%	-	-	-
F		0.20%	-	-
S	%	3%	3%	3%
Ba	mg/kg	-	-	-
Ag	mg/kg	-	-	-
Hg	mg/kg	10	5	10
Cd	mg/kg	100	70	-
Tl	mg/kg	100	30	-
Sum Hg + Cd + Tl	mg/kg	100	-	100
Sb	mg/kg	-	200	-
Sum Sb+ As+Co+ Ni+ Pb+ Sn+ V+ Cr	mg/kg	0.50%	2,500	2,500
As	mg/kg	-	200	-
Co	mg/kg	-	200	-
Ni	mg/kg	-	1,000	-
Cu	mg/kg	-	1,000	-
Cr	mg/kg	-	1,000	-
V	mg/kg	-	1,000	-
Pb	mg/kg	-	1,000	-
Sn	mg/kg	-	-	-
Mn	mg/kg	-	2,000	-
Be	mg/kg	-	50	-
Se	mg/kg	-	50	-
Te	mg/kg	-	50	-
Zn	mg/kg	-	5,000	-
PCBs	mg/kg	30	30	25
PCDDs/PCDFs	mg/kg	-	-	-
Br+I	mg/kg	-	2000	-
Cianuro	mg/kg	-	100	-

1 compromiso voluntario de la industria del cemento con las autoridades y secretarías correspondientes
14 Valores límite establecidos por las autoridades para los permisos de cada planta cementera en España, Bélgica y Francia

Tabla 7.3: Ejemplos de valores límite para los residuos que se pueden usar como materias primas alternativas en diferentes países / regiones

Parámetro	Unidad	España[15]	Bélgica[1]	Francia[1]	Suiza[16]
TOC	mg/kg	2%	5,000	5,000	-
Total de halógenos (expr. en Cl)	%	0.25	0.5	0.5	-
F	%	0.1	-	-	-
S	%	3	1	1	-
Hg	mg/kg	10	-	-	0.5
Cd	mg/kg	100	-	-	0.8
Tl	mg/kg	100	-	-	1
Sum Hg + Cd + Tl	mg/kg	100	-	-	-
Sb	mg/kg	-	-	-	1
Sum Sb+As+ Co+Ni+ Pb+ Sn+V+ Cr	mg/kg	0.5%	-	-	-
As	mg/kg	-	-	-	20
Co	mg/kg	-	-	-	30
Ni	mg/kg	-	-	-	100
Cu	mg/kg	-	-	-	100
Cr	mg/kg	-	-	-	100
V	mg/kg	-	-	-	200
Pb	mg/kg	-	-	-	50
Sn	mg/kg	-	-	-	50
Mn	mg/kg	-	-	-	-
Be	mg/kg	-	-	-	3
Se	mg/kg	-	-	-	1
Te	mg/kg	-	-	-	-
Zn	mg/kg	-	-	-	400
PCBs	mg/kg	30	-	-	1
pH	mg/kg	-	-	-	-
Br+I	mg/kg	-	-	-	-
Cianuro	mg/kg	-	-	-	-

1 compromiso voluntario de la industria del cemento con las autoridades y secretarías correspondientes
15 Valores límite establecidos por las autoridades para cada permiso otorgado a las diferentes plantas cementeras de España, Bélgica y Francia
16 Valores límite para materias primas alternativas, BUWAL 1998. Lineamientos para la Eliminación de Residuos en las Plantas Cementeras, tabla 1

Anexo 8: Justificación para la exclusión de ciertos residuos del co-procesamiento

1. Residuos electrónicos

El residuo electrónico está conformado por computadoras y accesorios, equipos electrónicos de entretenimiento, equipos electrónicos de comunicación, juguetes y también aparatos de línea blanca, como electrodomésticos e instrumental médico. Un estudio reciente[17] de la agencia ambiental suiza BAFU reveló que el desperdicio electrónico promedio está compuesto en un 45% por metales en términos de peso, siendo la proporción más grande la que corresponde a metales pesados y a metales raros. El plástico ocupa la segunda posición con un 23%. Los compuestos de tubos de imagen representan el 20%

La composición promedio muestra que el desperdicio electrónico contiene, por un lado, sustancias nocivas para la salud y el ambiente, tales como Cl, Ni, Hg, PCB y retardantes de flama brominados en grandes concentraciones que con frecuencia rebasan los límites fijados en los permisos.

Por otro lado, el desperdicio contiene una cantidad tal de metales preciosos escasos que es adecuado realizar todos los esfuerzos necesarios para reciclarlo. El co-procesamiento de partes plásticas de los residuos electrónicos representaría una opción interesante, aunque requiere un desarmado y una segregación previos.

2. Baterías enteras

Las baterías pueden clasificarse en: automotrices, industriales y portátiles (para consumidores). Las baterías automotrices son principalmente de plomo-ácido, las baterías industriales incluyen tanto las de plomo-ácido, como las del níquel-cadmio. Las baterías portátiles pueden ser: de uso genérico (principalmente de carbono-zinc y alcalinas de manganeso), de tipo botón (principalmente de mercurio, zinc-aire, óxido de plata, óxido de manganeso y litio) y recargables (principalmente níquel-cadmio, híbridas de níquel-metal, ion de litio y plomo-ácido selladas). La mayoría de estas sustancias son nocivas para la salud y para el ambiente. El co-procesamiento de las baterías ocasionaría una concentración indeseable de contaminantes en el cemento y en las emisiones de aire. Asimismo, algunos componentes de las baterías, como el mercurio, el níquel o el cadmio, exceden cualquier valor límite de AFR. Además, se han establecido de manera exitosa plantas de reciclaje de baterías comercialmente viables.

3. Residuos hospitalarios infecciosos y biológicamente activos

Los residuos infecciosos y biológicamente activos de hospitales se generan a partir de la atención médica para humanos, de la atención veterinaria y de la investigación. Algunos ejemplos son: bolsas usadas en la transfusión sanguínea, vendajes contaminados con sangre, filtros de diálisis, agujas para inyecciones, así como partes del cuerpo y órganos. Los residuos biológicamente activos de hospitales incluyen fármacos. El residuo requiere un manejo higiénico y de seguridad especial en su manipulación, empacado y transporte.

Las condiciones en el horno rotatorio de cemento serían apropiadas para tratar residuos infecciosos y biológicamente activos de hospitales, aunque requerirían algunas precauciones especiales en cuanto a la salud y seguridad en el trabajo de la cadena de distribución de este tipo de residuos. Debido a que las condiciones de salud y seguridad en el trabajo (OH&S) no pueden asegurarse por completo, en este momento el co-procesamiento no es recomendable. Sin embargo, el problema del manejo inadecuado de los residuos hospitalarios se ha presentado durante años, en especial en los países en vías de desarrollo. Aunque es bien sabido que separar los residuos en la fuente es el paso más importante en la gestión de residuos hospitalarios, este principio todavía no se aplica suficientemente. Se presta aún menos atención al almacenamiento seguro y tratamiento finales (esterilización o microondas) de los residuos infecciosos. En el pasado, se han promocionado e incluido pequeños incineradores de residuos hospitalarios en muchos países como una solución descentralizada. Sin embargo, la experiencia acumulada muestra que en muchos casos esta tecnología no es adecuada debido a la ausencia de personal calificado y a los altos costos asociados con la construcción, operación, mantenimiento y supervisión de las instalaciones. Como consecuencia, debe considerarse las emisiones no deseadas (tales como PCDD y PCDF), ácido clorhídrico o metales pesados) en concentraciones relativamente altas.

Debido a que el problema persiste y puede tornarse más severo a través de una propagación más amplia de enfermedades infecciosas (tales como SIDA, SARS, gripe aviar, Ebola, etc.) el co-procesamiento puede convertirse en parte de la solución para el tratamiento final, aunque sólo si se incluyen condiciones definidas

17 Schriftenreihe Umwelt Nr. 374, BUWAL, 2004

previamente en hospitales y centros de salud. La cooperación y la investigación futuras entre organizaciones internacionales tales como la OMS y la industria cementera podrían tener como resultado actividades conjuntas, como la definición de procedimientos estandarizados de manejo.

4. Ácidos minerales y corrosivos

Los ácidos minerales se derivan de minerales inorgánicos. Algunos ejemplos son: ácido clorhídrico, ácido nítrico, ácido fosfórico y ácido sulfúrico (por ejemplo, baterías automotrices). Los minerales inorgánicos, como el S y el Cl, que son los componentes principales del ácido, tienen un impacto negativo en el proceso de clinker y en la calidad del producto. También pueden generar emisiones de gas de residuo no deseadas. El ácido puede corroer y dañar las instalaciones de producción.

Además de los ácidos minerales, están prohibidas algunas sustancias que pueden ocasionar un daño severo mediante una reacción química al tejido vivo, a las mercancías o a los medios de transporte ya que son corrosivas. Algunos ejemplos bien conocidos son: cloruro de aluminio, sosa cáustica, líquidos corrosivos de limpieza, desoxidante/anticorrosivo y removedor corrosivo de pintura. Estos tipos de materiales deben excluirse del co-procesamiento debido a la recolección contracorriente y a riesgos de transporte y de manejo.

5. Explosivos

Los explosivos son cualquier compuesto químico, mezcla o dispositivo capaz de producir un efecto explosivo pirotécnico con una emisión instantánea significativa de calor y gas. Algunos ejemplos son: la nitroglicerina, fuegos artificiales, detonador de mecha, fusibles, bengalas, municiones, etc. La razón para excluirlos del co-procesamiento es la seguridad en el trabajo debido al riesgo de explosiones no controladas durante las actividades de preprocesamiento, como el transporte, manejo, trituración, etc. Las reacciones explosivas en el horno rotatorio de cemento tendrían un impacto negativo en la estabilidad del proceso.

6. Asbesto

Asbesto es el nombre que recibe un grupo de minerales que se presentan de manera natural como masas de fibras largas y sedosas. El asbesto se caracteriza por sus propiedades únicas de resistencia a la abrasión y ser inerte a soluciones ácidas y alcalinas, así como estable a altas temperaturas. Debido a estas características, el asbesto se utilizó de manera extensiva en la construcción y la industria. Las fibras de asbesto se tejen o se incorporan a otros materiales para fabricar muchos productos.

Las fibras de asbesto llevadas por el aire son pequeñas, inodoras e insípidas. Miden de 1 a 10 micras de largo (un cabello humano mide aproximadamente 50 micras de diámetro). Debido a que las fibras de asbesto son pequeñas y ligeras, pueden quedar suspendidas en el aire durante largos períodos. Las personas cuyo trabajo las pone en contacto con el asbesto pueden inhalar las fibras. Una vez inhaladas, las pequeñas fibras inertes de asbesto pueden penetrar fácilmente las defensas del cuerpo. Se depositan y se alojan en las vías respiratorias y en el tejido de los pulmones. Pueden causar cáncer. Debido a este impacto negativo en la salud, el uso de asbesto ha estado prohibido desde hace 25 años (Fuente: Departamento de Calidad Ambiental de Utah).

Los materiales que contienen asbesto pueden clasificarse en uno de tres tipos: materiales aplicados con aerosol o paleta (por ejemplo: techos o paredes), aislantes térmicos (por ejemplo: caliza impura con calcita aplicada alrededor de calentadores, sobre codos para tubos de agua o vapor, tubos en T, accesorios, recorridos de tubos) o materiales diversos (por ejemplo: losetas para pisos, montón de hojas, tejas, productos de fricción automotores). En el futuro, millones de toneladas de productos de asbesto se convertirán en residuos, en especial en países en desarrollo y no todos ellos cuentan con reglamentación en el manejo y disposición final de este flujo significativo de residuos.

Los productos que contienen asbesto podrían tratarse en hornos rotatorios equipados a una temperatura mayor a 800°C durante cierto tiempo. Los minerales de asbesto se transformarían en otros minerales como olivino o forsterita. Por lo tanto, el co-procesamiento podría constituir, desde el punto de visto técnico, una opción para el tratamiento de los residuos de asbesto.

Anexo 8: Justificación para la exclusión de ciertos residuos del co-procesamiento

Sin embargo, los rellenos sanitarios deben considerarse como la manera más apropiada para el depósito final, ya que el material puede ser desechado sin modificaciones y sin provocar la emisión de fibras no deseadas al aire. Una vez que se han desechado de manera segura, los desperdicios de asbesto, éstos no tienen impactos ambientales negativos adicionales.

A medida que la disponibilidad y la instalación de nuevos rellenos sanitarios se tornan más problemáticos, las solicitudes de co-procesamiento del asbesto pueden surgir en el futuro. Sin embargo, antes de eliminar al asbesto de la lista de sustancias prohibidas, se requieren investigaciones detalladas, en particular sobre la salud y seguridad en el trabajo en la cadena de distribución. Además, es necesario que las autoridades nacionales introduzcan y apliquen una reglamentación relativa al asbesto.

7. Residuos radiactivos

Por lo general, los residuos radiactivos se excluyen del manejo "clásico" de residuos, por lo que es necesario aplicar una reglamentación específica de acuerdo con los convenios internacionales. Esto significa que los residuos radiactivos no pueden tratarse bajo la reglamentación de los residuos municipales o domésticos y se necesitan permisos especiales para su tratamiento. Por lo general, el procedimiento se establece en las leyes nucleares nacionales. Las plantas de cemento no están preparadas para manejar los residuos radiactivos.

Sin embargo, existe un caso límite para aquellos residuos que tienen una baja dosis de radiactividad (por ejemplo: residuos de investigaciones, dispositivos de limpieza o de entidades médicas). Siguiendo las recomendaciones de la Oficina Internacional de Energía Atómica y otras organizaciones, muchos países consideran los residuos como de baja radioactividad si la radiación del este material no excede 10 µSv por año. Para este caso, podría emitirse una autorización restringida o incluso no restringida para la gestión de estos residuos dentro de un esquema integral de gestión de residuos. A nivel internacional, todavía existe una gran discrepancia en los procedimientos para la autorización y no se han emitido niveles uniformes. Debido a que es muy difícil para la mayoría de las compañías y/o autoridades proporcionar la evidencia de que el límite válido de 10 µSv puede alcanzarse en cualquier momento, se recomienda que no se utilicen residuos radiactivos para el co-procesamiento.

8. Residuos municipales no clasificados

Los residuos municipales están constituidos por material heterogéneo que en países en vías de desarrollo principalmente consiste de materiales orgánicos nativos (por ejemplo, basura de cocina), material inerte (por ejemplo: arena) y material que queda después del uso del consumidor (por ejemplo: envases). Los sectores informal (recolectores informales) y formal (asociaciones de recolectores) seleccionan los materiales con valor de reciclado, como cartón, plástico, vidrio o metal.

A pesar de los recientes esfuerzos por parte de las autoridades locales para mantener las ciudades limpias, los problemas persisten con la disposición final de los residuos si no pueden destinarse algunos sitios para rellenos sanitarios debido a las protestas de los ciudadanos o al alto costo del transporte a un sitio adecuado. Para librar este cuello de botella, los responsables de tomar decisiones a nivel local y nacional optan por el co-procesamiento de los residuos mezclados recolectados y por delegar la responsabilidad del tratamiento final a la industria cementera.

Sin embargo, desde el punto de vista ecológico, técnico y financiero, no se recomienda el co-procesamiento de los residuos municipales sin clasificar. Los residuos municipales sin clasificar deben separarse para obtener fuentes de residuos de calidad conocida. Para materiales seleccionados, el co-procesamiento debe considerarse como parte integral del manejo municipal de residuos sólidos (→ *ver* ***capítulo 5.2.2***).

Anexo 9: Modelo de permiso

Modelo de permiso

Remitente: Autoridad emisora

Destinatario: Compañía

I.
Por medio del presente, de acuerdo con los artículos ..... de la Ley ..... se le otorgará el permiso para construir y operar una fábrica para la producción de cemento con combustible de co-procesamiento de residuos con una producción de ..... t/d cemento en ..... (lugar)
..... (calle, dirección)

II.
Componentes de la fábrica
→ Horno rotatorio con canales de combustible de gas, chimenea
→ Almacenamiento de materias primas
→ Almacenamiento de combustible (combustible primario, combustible secundario)
→ Trituradoras, molinos, enfriadores
→ Instalaciones de transporte
→ Filtro electrostático
→ Procesamiento de residuos, estación de suministro
→ .....

III.
Documentos de solicitud
1. Carta topográfica
2. Documentos de construcción
   – plan clave
   – dibujos
   – especificaciones de construcción
3. Sección esquemática de la fábrica
4. Plan de sitio de maquinaria
5. Descripción y operación de la fábrica, términos de condiciones normales de trabajo
6. Descripción de la situación de las emisiones
   – Tecnología para prevenir la contaminación
   – Contenido de las cantidades de emisiones
7. Descripción de combustibles secundarios: generación, procesamiento y utilización de la instalación, suministro, sistema de aseguramiento de la calidad
8. Evaluaciones ambientales
   – Prognosis de la emisión de contaminantes del aire (por ejemplo: polvo, NO_X; SO_2, metales pesados, PCDD/PCDF)
   – Prognosis de emisiones de ruido
   – Emisiones de olores
9. Mantenimiento de normas de seguridad y salud laboral e industrial
10. Descripción de las técnicas y/o medidas de ahorro de energía
11. Descripción de la información pública

Anexo 9: Modelo de permiso

IV.
Datos de la planta
Producción: ..... t/d cemento
Combustible primario: Polvo de carbón, aceite para calentar
Combustible secundario: Combustible sólidos, combustibles líquidos, ...

V.
Reglamentación secundaria
1.0 Control de la contaminación del aire
1.1 Todos los gases de residuo deben recolectarse y descargarse de manera controlada mediante una chimenea.
1.2 Las mediciones de emisiones deben satisfacer los siguientes requisitos. Deben ser:
- Representativas y comparables unas con otras
- Deben permitir una evaluación uniforme
- Deben permitir una supervisión y verificación de conformidad con los límites de emisiones establecidos mediante prácticas de medición de vanguardia

1.3 De acuerdo con la directiva 2000/76/EG de la Unión Europea, la emisión de las plantas de purificación de gases de residuo no deben exceder las siguientes concentraciones de masa, referidas siempre a condiciones estándar (273 K, 1013 hPa) después de la extracción de humedad. Contenido de oxígeno de referencia: 10%

Contaminante (valor promedio diario en mg/m³)	**Límite total de emisiones***
Emisiones de partículas (Polvo total)	30
HCL	10
HF	1
NO_X	500 – 800
SO_2	50** – (350)
TOC	10**
Componentes del polvo y metales de deslizamiento de filtros, metaloides y sus compuestos:	
Cd + Tl	0.05
Hg	0.05
Sb + As + Pb + Cr + Co + Cu + Mn + Ni + V	0.5
PCDDs y PCDFs	0.1 ng I-TE/m³

* Los límites de emisión se fijan con base en la "Directiva 2000/76/EG", pero las autoridades locales pueden establecer límites especiales caso por caso
** La autoridad competente puede autorizar la exención en los casos en los que el TOC y el SO_2 no se generen por la incineración de los residuos

1.4 Supervisión de emisiones
→ Sustancias contenidas en el polvo, HCL, PCDD/PCDF
Para la supervisión de emisiones, se deben realizar mediciones simples. Los valores límite de emisiones se observan si los resultados de las mediciones simples no exceden el valor límite de emisión fijado. Se deben repetir las mediciones al menos cada año y expertos independientes deben realizarlas.
→ Polvo, NO_X SO_2
Para supervisar las emisiones, es necesario instalar dispositivos de medición continua y evaluación automática. El resultado de la medición continua debe registrarse. Expertos independientes deben probar instrumentos de medición en relación con su funcionamiento. Una vez al año.
→ CO (la autoridad competente puede establecer el valor límite)

1.5 Laboratorios calificados

Para asegurar una práctica de medición uniforme, los laboratorios calificados deben encargarse de actividades de muestreo y análisis y de procedimientos de calibración que aseguren resultados representativos de las mediciones y procedimientos de calidad comparables. La ubicación y configuración del punto de muestreo debe coordinarse con las autoridades competentes (y el laboratorio contratado, en los casos en los que aplique).

2.0 Control de combustible de residuo

2.1 Supervisión del aseguramiento de la calidad para el co-procesamiento de combustible de residuo

→ Punto de generación (productor)
- – Lista de residuos según tipo
- – Convenio contractual sobre la calidad permisible y composición de los residuos
- – Documentación sobre las cantidades desechadas

→ Instalación de procesamiento (entrante)
- – Muestreo y análisis* rutinario, muestras de retención
- – Documentación sobre las cantidades recibidas y procesadas
- – Muestreo y análisis rutinario por parte de un experto independiente

→ Instalación de procesamiento (saliente)
- – Muestreo y análisis* rutinario, muestras de retención
- – Documentación sobre las cantidades de salida

→ Utilización de las instalaciones (horno rotatorio de cemento, entrante)
- – Muestreo y análisis* rutinario, muestras de retención
- – Documentación sobre las cantidades de entrada

→ *Parámetros investigados
- – Valor calórico, cloro húmedo, azufre, ceniza y componentes de la ceniza
- – Metales pesados (Cd, Tl, Hg, Sb, As, Pb, Cr, Co, Cu, Mn, Ni, V)
- – PCB, PAH, etc.
- – Valor máximo, valor medio del nivel de contaminantes en la mezcla de residuos

Anexo 9: Modelo de permiso

2.2 Límites de contaminantes en los combustibles de residuos para el co-procesamiento [18]

	Valor medio (ppm)	Valor máximo (ppm)
Cadmio		
Talio		
Mercurio		
Antimonio		
Arsénico		
Cobalto		
Níquel		
Selenio		
Telurio		
Plomo		
Cromo		
Cobre		
Vanadio		
Manganeso		
Estaño		
Berilio		
Cloro		
HAP		
Azufre		
PCB		

2.3 Catálogo de combustibles de residuos para el co-procesamiento en hornos rotatorios de cemento

Clave/grupo residuo	Descripción del combustible de co-procesamiento

3.0 Supervisión de la combustión segura

→ Es necesario supervisar el proceso de combustión de manera continua utilizando tecnología moderna de control de procesos.

→ Los principales parámetros para el análisis de los residuos (poder calorífico, composición química, etc.) deben alimentarse al sistema de control de procesos de manera continua.

→ La reglamentación de la energía primaria tiene que basarse en los datos del combustible secundario.

→ Los combustibles de residuos sólo pueden suministrarse durante la operación normal continua dentro del rango calculado de producción.

[18] Las autoridades locales deben definirlo

3.1 Reglas de seguridad

Para supervisar los parámetros que se mencionan a continuación, deben estar vinculados entre sí mediante un sistema de control lógico:

→ Temperatura del gas menor a 900°C en la entrada del horno rotatorio
→ Temperatura del material a la salida del horno rotatorio menor a 1250°C
→ Nivel de CO por encima del valor establecido en las pruebas (Vol. %)
→ Comparación de las desviaciones de control inadmisibles en el valor actual/puntual para la alimentación de los combustibles primario y secundario
→ Alimentación de harina cruda menor al 75% de la cantidad máxima posible
→ Presión negativa antes del ventilador de gas de escape menor al valor requerido para la producción nominal
→ Nivel permisible de O_2 menor a los requisitos de las mediciones de inspección
→ Nivel permisible de NO_X por encima de 500 mg/m3
→ Falla del quemador
→ Nivel de polvo por encima del límite permisible

(Esto debe asegurar una detección rápida de cualquier interrupción en la operación normal, así como usar el sistema de respuesta adecuado para prevenir la combustión no controlada de los residuos).

VI.
Ruido

En la medida en que el ruido deba tenerse en cuenta, los valores límite de emisión de ruido deberán determinarse dependiendo de los desarrollos circundantes existentes.

VII.
Aguas residuales (si aplica)

VIII.
Razones

(Razones para un permiso de co-procesamiento de residuos)
→ Evaluación ambiental,
→ Control de la contaminación atmosférica,
→ Gestión de residuos, jerarquía de residuos,
→ Público involucrado.

Anexo 10: Solicitud

Dirección (autoridad)

1.0 Información del solicitante

Nombre / compañía: .....

Ciudad / código postal: ..... Distrito: .....

No. de tel.: .....

Preguntas por: .....

Departamento / persona a cargo/ No. de tel.: .....

2.0 Información general de la fábrica

2.1 Ubicación de la fábrica

Ubicación de la industria / área / municipio / ciudad / calle / número:

2.2 Tipo de fábrica

Marca de fábrica/ objetivo de la fábrica / capacidad /producción:

2.3 Se presenta

☐ Permiso para construir y operar .....

☐ Permiso para modificar y operar .....

2.4 Solicitud con los siguientes documentos técnicos (por ejemplo)

☐ Mapa topográfico
☐ Documentos de construcción
☐ Descripción de la fábrica y su operación
☐ Esquema de la fábrica (diagrama de flujo)
☐ Plano de colocación de máquina
☐ Descripción de la ubicación de las emisiones
☐ Evaluación ambiental
☐ Formularios de solicitud
☐ Descripción para información pública
☐ Otra documentación técnica
☐ Índice

Ciudad, fecha (Firma del Solicitante)

3.0 Especificaciones técnicas para las partes principales de la fábrica					
Entidad técnica No:					
3.1 Entradas: Materia Prima y suministros					
Número conforme a diagrama	Descripción del material	Cantidad de material [kg/h]	Combinación		
			Componente	Proporción [%]	
				Mín.	Máx.
3.2 Producción: Productos, productos de desecho y aguas residuales					
Número conforme a diagrama	Descripción del material	Cantidad de material [kg/h]	Combinación		
			Componente	Proporción [%]	
				Mín.	Máx.

Anexo 10: Solicitud

4.0 Purificación de gases residuales

Combinado con fuente No.: .....

Tipo de sistema purificador: .....

Vapor de salida de humos ..... m^3/h ..... °C .....m^3/h*)

Eficiencia en la purificación de gases residuales en proyecto básico			
Materiales de purificación	Concentración mg/m^3 *) antes – Limpieza – después		Eficiencia de recolección %

*) Condiciones estándar

5.0 Procedimiento de operación y emisiones

Entidad técnica No.: ..... Nombre de entidad técnica: .....

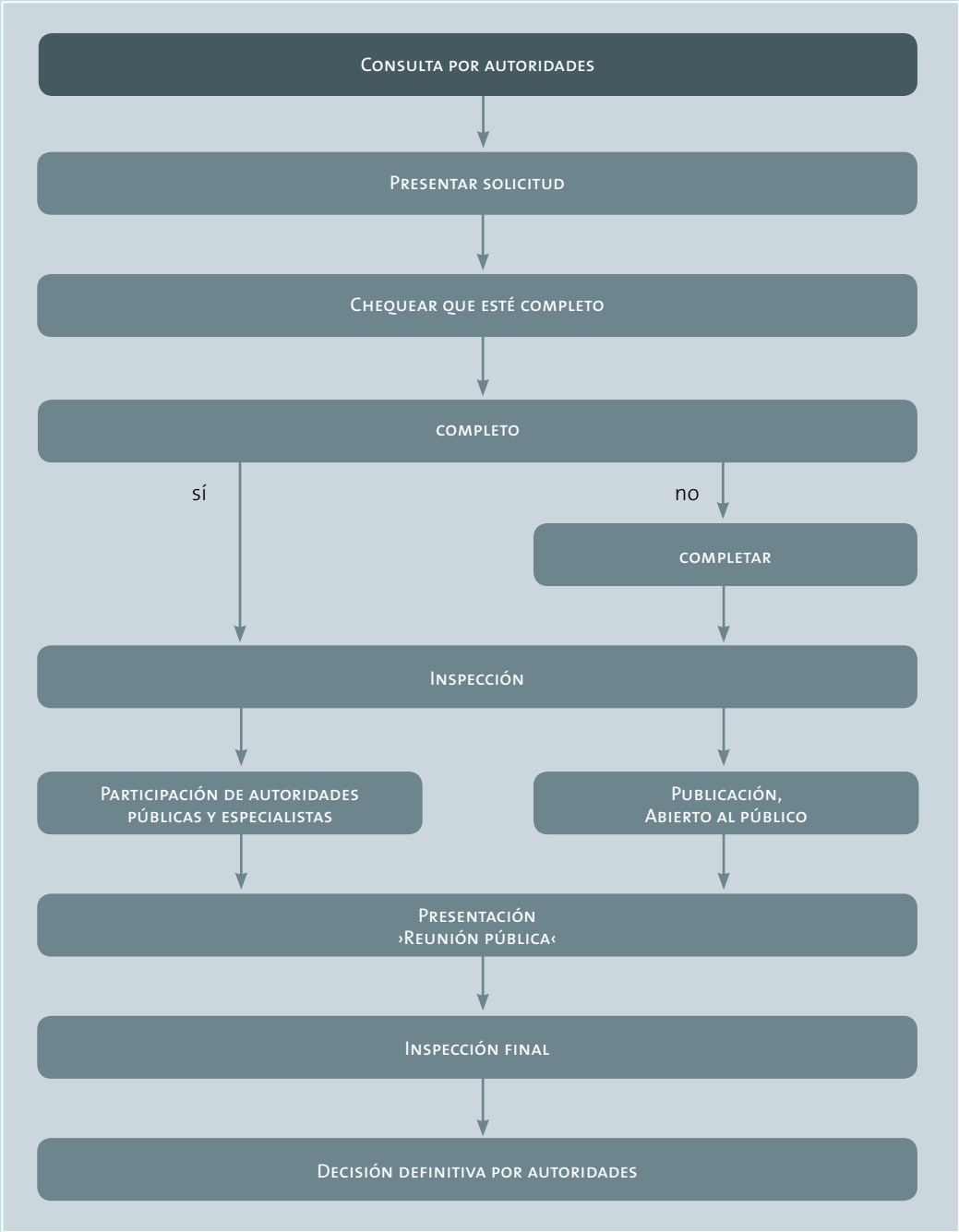
Describir en el siguiente programa: Todos los procedimientos de operación y sus emisiones:

Estado de operación, interferencias, estado de operaciones con emisiones	Frecuencia y duración para el proceso de emisión	Fecha, hora, día de la semana, mes	Número de finos conforme a diagrama	Gases residuales		Sustancia emitida (separada en componentes específicos)						Mediciones
				Flujo m^3/h*)	Temperatura°C	Nombre	Estado físico	Concentración mg/m^3 *)		Flujo másico **) kg/h		
								Valor Mín.	Valor Máx.	Valor Mín.	Valor Máx.	

* Condiciones Estándar

** (e.g. Condiciones de trabajo, Condiciones de trabajo no regulares)

Anexo 11: Proceso del permiso



Anexo 12: Información sobre pruebas de combustión

Pruebas de combustión para la verificación del desempeño

Es necesario realizar pruebas de combustión de acuerdo con algunas reglamentaciones y convenciones para la verificación de la eficiencia de destrucción y eliminación (DRE) o la eficiencia de destrucción (DE) de ciertos compuestos orgánicos peligrosos principales (POHC, por sus siglas en inglés) dentro de un horno rotatorio de cemento. La DRE se calcula con base en la masa de contenido de POHC suministrado al horno rotatorio menos la masa de contenido de POHC remanente en las emisiones de las chimeneas, dividido entre la masa de contenido de POHC dentro del material alimentado. La DRE sólo considera emisiones al aire. La DE considera todas las emisiones (líquidas y sólidas), además de las emisiones al aire y es la manera más clara de verificar el desempeño.

Las pruebas de combustión con AFR no dañino no constituyen un requisito obligatorio, aunque en algunas ocasiones se realizan para evaluar el comportamiento del proceso y la influencia sobre las principales emisiones gaseosas al igual que la calidad del clinker de cemento al suministrar el AFR al horno rotatorio. Por lo general, los ingenieros de proceso realizan dichas pruebas simplificadas en la fábrica de cemento utilizando equipo de supervisión en línea y datos operativos de proceso ya existentes. Sin embargo, las pruebas de combustión con compuestos peligrosos requieren de supervisión profesional y una verificación independiente.

Los hornos rotatorios de cemento que co-procesan residuos peligrosos en la UE no tienen la obligación de realizar pruebas de combustión, aunque sí deben ajustarse a los valores límite de emisión de polvos, HCl, HF NO_X, SO_2, 12 metales pesados, carbón orgánico total (TOC) y dioxinas y furanos (PCDD y PCDF). Los valores límite de emisión de PCDD/PCDF son ligeramente más estrictos en el reglamento de la UE que en Estados Unidos. En Estados Unidos, los hornos rotatorios de cemento que co-procesan residuos peligrosos deben realizar una prueba de combustión para demostrar el desempeño de combustión de algunos residuos peligrosos seleccionados y determinar la DER de POHC en los residuos de salida. La prueba de combustión debe cumplir con tres requisitos principales con respecto al desempeño de combustión, mientras que la DRE es la más importante: los POCH deben destruirse y/o eliminarse hasta un grado de eficiencia del 99.99% o más; los residuos de COPs deben alcanzar una DRE de 99.9999%. Los dos requisitos restantes tienen que ver con las emisiones de partículas y cloruro de hidrógeno gaseoso. No será posible alcanzar una eficiencia del 100% en la destrucción y remoción debido a las limitaciones en los instrumentos analíticos. Los Convenios de Estocolmo y Basilea requieren una prueba de DE para hornos rotatorios destinados a tratar COPs o residuos de COPs.

Teniendo en cuenta las características inherentes de un horno rotatorio de cemento: las altas temperaturas, largos tiempos de permanencia, exceso de oxígeno, etc. Se podría considerar que una prueba de combustión es redundante. Sin embargo, una prueba de combustión es, de hecho, la única manera de probar el desempeño de destrucción de un horno rotatorio y su habilidad para destruir residuos peligrosos de manera irreversible y saludable. Sin embargo, el diseño y las condiciones de la prueba son cruciales. Los datos anteriores que indican que los resultados de DRE de hornos rotatorios de cemento están debajo de 99.99% son, ya sea, de fuentes obsoletas o provienen de pruebas mal diseñadas o ambos. En los primeros años del desarrollo de esta tecnología y de las técnicas de muestreo y análisis para evaluar el desempeño ambiental, existían varias instancias en las que los POHC que se seleccionaron no cumplían con los criterios necesarios. Por ejemplo, un problema fundamental de las primeras pruebas era que los POHC seleccionados para evaluar la DRE eran especies orgánicas que normalmente se encuentran a nivel de rastro en las emisiones de las chimeneas de los hornos rotatorios que sólo utilizan combustibles fósiles. Aunque estos productos de combustión incompleta (PIC, por sus siglas en inglés) se emitían en niveles muy bajos, interferían de manera significativa con las mediciones de la destrucción de POCH, es decir, la DRE no podía medirse de manera adecuada si los POHC utilizados eran químicamente iguales o parecidos al tipo de PIC emitidos de manera rutinaria a partir de las materias primas. En algunos casos, los factores de operación durante las técnicas de prueba o de muestreo y análisis contribuían a generar bajos niveles de DRE.

Sin embargo, el proceso de permisos para pruebas de combustión de los Estados Unidos, diseñado originalmente para determinar qué tan eficiente es un incinerador en las “peores condiciones” especificables, es

Anexo 12: Información sobre pruebas de combustión

considerado demasiado complejo y costoso, lo que ha desmotivado a los propietarios de las fábricas de cemento a adoptar el concepto de prueba de combustión. En la mayoría de los casos, una opción alternativa ofrecerá la misma información cualitativa: una prueba de combustión única para determinar el desempeño de destrucción al suministrar un residuo peligroso adecuado combinado con un estudio de referencia que mida las emisiones para ensayo en "blanco" al introducir residuos no peligrosos, ambas pruebas realizadas bajo condiciones normales de operación. Una fábrica de cemento opera de manera continua, es decir, en general, más de 330 días al año y tal esquema de pruebas, junto con un estudio de factibilidad y una evaluación de impacto ambiental, proporcionaría suficiente información sobre el desempeño del horno rotatorio de cemento en cuestión. Es necesario cumplir con las siguientes condiciones para la prueba de combustión única:

- La eficiencia de destrucción y remoción del compuesto peligroso debe ser de al menos 99.99%. Los compuestos clorados aromáticos deben escogerse como compuesto de prueba si están disponibles, ya que en general son difíciles de destruir. Para COPs, debe lograrse una DRE de 99.9999%.
- El horno rotatorio de cemento debe cumplir con un límite de emisiones para PCDD/PCDF de 0.1 ng TEQ/Nm³ tanto en condiciones de referencia como en las de la prueba de combustión.
- El horno rotatorio de cemento debe cumplir con los valores límite de emisión nacionales.

Este enfoque sobre la verificación del desempeño, junto con condiciones de seguridad adecuadas, control de los insumos y procedimientos de operación, asegura el mismo nivel de protección ambiental que la reglamentación vigente de la UE y Estados Unidos.

Extractos de Kåre Helge Karstensen "Co-Processing of Organic Hazardous Wastes in Cement Kilns in Developing Countries – Proposed Requirements", artículo enviado para su publicación.

Anexo 13: EPER – Registro Europeo de Emisiones Contaminantes para la industria cementera

Código de actividad	3.1/3.3/3.4/3.5 – Instalaciones para la producción de clinker (>500t/d), cal (>50t/d), vidrio (>20t/d), sustancias minerales (>20t/d) o productos de cerámica (>75t/d)
Área	EE.UU.
Año	2001
Contaminantes	31
Instalaciones	665

Valores totales de emisión para la actividad agrupada por contaminante:

Contaminante	Al aire (kg)	Directo al agua (kg)	Indirecto al agua (kg)
Metano (CH_4)	1,151,000.00	-	-
Monóxido de carbono (CO)	277,250,000.00	-	-
Dióxido de carbono (CO_2)	142,011,000,000.00	-	-
Dinitrogenóxido (N_2O)	136,500.00	-	-
Amoníaco (NH_3)	3,450,600.00	-	-
Compuestos orgánicos volátiles no metano (NMVOC)	6,228,000.00	-	-
Óxidos de Nitrógeno (NO_X)	427,178,000.00	-	-
Óxidos de azufre (SO_X)	145,486,000.00	-	-
Nitrógeno total	-	216,000.00	-
Fósforo total	-	5,180.00	8,640.00
Arsénico y sus compuestos	5,038.20	4,156.10	17.50
Cadmio y sus compuestos	2,829.90	242.24	-
Cromo y sus compuestos	11,872.00	8,091.30	-
Cobre y sus compuestos	5,895.00	2,870.00	-
Mercurio y sus compuestos	2,889.90	76.30	-
Níquel y sus compuestos	14,287.00	7,438.50	-
Plomo y sus compuestos	44,373.00	3,700.60	219.90
Cinc y sus compuestos	35,190.00	8,155.00	2,358.00
Diclorometano (DCM)	158,490.00	-	-
Dioxinas y furanos (PCDDs y PCDFs)	0.0322	-	-
Tricloroetileno (TRI)	3,180.00	-	-
Benceno	126,070.00	-	-
Hidrocarburos Aromáticos Policíclicos (PAH)	7,970.30	-	-
Fenol	-	246.00	1,775.00
Carbono Orgánico Total (TOC)	-	282,000.00	358,700.00
Cloruro	-	781,000,000.00	-
Cloro y compuestos inorgánicos (como HCl)	1,956,000.00	-	-
Cianuros totales CN	-	204.00	-
Fluoruros	-	11,750.00	-
Flúor y compuestos inorgánicos (como fluoruro de hidrógeno)	1,541,883.00	-	-
PM10 (Materia particular menor a 10 µm)	19,290,000.00	-	-

Anexo 14: Rangos de emisiones y técnicas de reducción

Fábricas de cemento, generación de emisiones atmosféricas y las Correspondientes Técnicas de Reducción

Fuente puntual de polvo

Razones de emisión:	El proceso de producción de cemento incluye el tratamiento térmico (secado, calentamiento, calcinación, clinkerización, enfriamiento) de los materiales mediante el contacto directo con gases calientes. También incluye el transporte de material neumático y la clasificación/separación de material. Al final de estos procesos, el aire/gas y materiales pulverizados se deben separar nuevamente. La separación incompleta provoca emisiones de polvo (chimenea principal del horno rotatorio/de la molienda gruesa, pila enfriadora del clinker, chimeneas de molino de cemento, salidas de aire desempolvadoras de puntos de transferencia de material).
Rangos de emisión:	El equipo desempolvador anticuado puede emitir hasta 100 mg/Nm^3. La precipitación electrostática fácilmente alcanza < 50 mg/Nm^3. El filtro de bolsa desempolvadora produce valores de < 20 mg/Nm^3. El límite de visibilidad para la fuente puntual de polvo se asume generalmente alrededor de 80 mg/Nm^3.
Técnicas de reducción:	Los filtros de bolsa y los precipitadores electrostáticos para todo tipo de horno y materiales de entrada.

Polvo fugitivo

Razones de generación:	El material se fuga de los puntos de transferencia de material desempolvado inadecuadamente y/o desgastado, de los puntos de alimentación de material, de las áreas de almacenamiento de material, de los caminos de transporte del polvo, etc., con la erosión/dispersión consecuente por el viento.
Rangos de emisión:	Difícil de cuantificar, principalmente impactos en la fábrica de corto alcance (polvo grueso).
Técnicas de reducción:	Un preventivo y rápido mantenimiento reactivo, humectación de pilas de materiales, cobertura bajo techo de pilas de materiales, sistemas de aspirado al vacío, etc.

SO_2

Razones de emisión:	Azufre volátil en materias primas calcinado en el precalentamiento de material. Hornos rotatorios húmedos: sólo se emiten de 10% a 50% de entradas de azufre total.
Rangos de emisión:	Depende del contenido de materias primas de los compuestos del azufre volátil. La mayor parte bajo 300 mg/Nm^3. En ocasiones arriba de 3000 mg/Nm^3.
Técnicas de reducción:	Adición de cal hidratada al suministro del horno rotatorio para intervalos cortos (<700 mg/Nm^3). Torres depuradoras de azufre húmedo para intervalos largos.

NO_X

Razones para emisión: El NO térmico se produce en la flama principal de todos los hornos rotatorios de cemento en cantidades variables, dependiendo de la zona de sinterización y las temperaturas de la llama. Se puede agregar algo de combustible de NO_X mediante combustibles de precalcinación.

Rangos de emisión: (constante) 300 a 2,000 mg/Nm³

Técnicas de reducción:

Con efecto limitado:
→ Refrigeración por agua de la llama principal
→ Quemador de bajo NO_X
→ Zonas de reducción (horno medio, cámara de transición, calcinador de bajo NO_X)

Con buen efecto:
→ Reducción selectiva no catalítica (SNCR) con inyección de amoníaco o urea a una ventana de temperatura adecuada
→ < 800 mg/Nm³ alcanzable con hornos rotatorios existentes SP/PC.
→ < 500 mg/Nm³ alcanzable con nuevos hornos rotatorios SP/PC.

VOC

Razones de emisión: Sustancias orgánicas volátiles en materias primas calcinadas en el precalentamiento de material (lo mismo para SO_2). Ningún producto de combustión incompleta proveniente de la combustión principal o de precalcinación.

Rangos de emisión: Depende del contenido de las materias primas de las sustancias orgánicas volátiles. La mayoría bajo 50 mg/Nm³. En ocasiones, sobre 500 (+) mg/Nm³.

Técnicas de reducción: Hasta la fecha, no hay costo efectivo en técnicas de tubos de desembocadura, por lo tanto, evite el uso de materiales estratégicos de entrada o suminístrelos junto con los combustibles.

HCl

Razones de emisión: El cloro se puede presentar en las materias primas, así como en los combustibles alternativos (solventes viejos, plástico). Si las entradas exceden la (baja) capacidad de carga del sistema del clinker/horno, entonces puede generarse la emisión.

Rangos de emisión: Sistemas de horno rotatorio SP/PC: <10 mg/Nm³
Hornos rotatorios de proceso húmedo: hasta 80 mg/Nm³

Técnicas de reducción: No está disponible la técnica directa de disminución de HCl, las torres de purificación de azufre húmedo también reducen las emisiones de HCl.

Anexo 14: Rangos de emisiones y técnicas de reducción

NH_3

Razones de emisión: Algunas materias primas (especialmente arcillas) pueden contener NH_3, el cual se calcina parcialmente en el precalentamiento del material. Otros NH_3 pueden ser derrame de NH_3 (pérdida) de una instalación de reducción SNCR NO_X.

Rangos de emisión: < 1 a 15 mg/Nm3 como una regla con excepciones de hasta 40 mg/Nm3.

Técnicas de reducción: Mantener el enriquecimiento en baja circulación externa extrayendo el polvo del punto adecuado en el proceso y suministrándolo a la cámara de transición.

Benceno (C_6H_6)

Razones de emisión: El benceno se puede presentar en las materias primas convencionales y alternativas y se calcina parcialmente en el precalentamiento del material.

Rangos de emisión: Normalmente, de 1 a 2 mg/Nm3, raramente hasta 3 y más mg/Nm3 en raros casos.

Técnicas de reducción: Ninguna técnica razonable de disminución, la opción es la limitación de entrada de materias primas.

Dioxinas y Furanos

Razones de emisión: Las dioxinas, los furanos o precursores avanzados pueden estar presentes en materias primas convencionales (raramente) y alternativas y se calcinan parcialmente en el precalentamiento del material. Las formas reactivas en el cloro (Cl_2) presentes en los gases de escape pueden expeler la formación o modificación de PCDD/PCDF.

Rangos de emisión: De los bajos límites de detección hasta alrededor del 20% del valor límite de emisión a menudo adoptada de 0.1 ng/Nm3. Algunas veces, se pueden encontrar valores de hasta 2 ó 3 ng/Nm3.

Técnicas de reducción: Igual que el benceno.

Metales pesados

Razones de emisión: Los metales pesados son ubicuos en todos los materiales de entrada al horno rotatorio de cemento. Ya que el polvo del gas limpio (es decir, el polvo después del equipo desempolvador) en una fracción de materiales de entrada, también contiene metales pesados. Además, los metales pesados semivolátiles y volátiles se evaporan y condensan (predominantemente) en la fracción de polvo fino.

Rangos de emisión: La mayoría de las emisiones de metal pesado (comúnmente el 80%) permanecen bajo los límites de detección. Todos (con una excepción) permanecen seguros bajo los valores límite generalmente adoptados. La única excepción es el mercurio, que puede exceder valores límite en caso de entradas excesivas de materiales. **Rango de emisión de mercurio:** por debajo del límite de detección hasta < 0.05 mg/Nm3.

Técnicas de reducción: El equipo eficiente desempolvador y la limitación de entradas de mercurio en metales suministrados.

Anexo 15: Valores límite de emisión total para co-procesamiento de residuos en hornos rotatorios de cemento

Directriz 2000/76/EC Para incineración de residuos

Agente contaminante	C
Polvo total	30
HCl	10
HF	1
NO_X	500[1]/800[2]
Cd + Tl	0.05
Hg	0.05
Sb, As, Pb, Cr, Co, Cu, Mn,Ni, V	0.5
Dioxinas y Furanos	0.1
SO_2	50[3]
TOC	10[3]

Promedio de valores diarios 10% O_2, seco. Todos los valores en mg/m^3 Dioxinas y furanos en ng/m^3

1) Fábricas nuevas
2) Fábricas existentes
3) Las autoridades competentes deberán autorizar las excepciones, en el caso de que el SO_2 y el TOC no resulten de la incineración de los residuos.

Fuente: Directiva 2000/76/EC del Parlamento Europeo y el Consejo del 4 de diciembre de 2000 en la incineración de residuos. Anexo II: Determinación de los valores límite de emisión de aire para la incineración de residuos – Disposiciones especiales para hornos rotatorios de cemento.

La directiva se puede descargar en:
→ http://europa.eu.int/comm/environment/wasteinc/newdir/2000-76_en.pdf

Anexo 16: Resumen del informe WBCSD/PNUMA sobre COPs

Formación y emisión de COP's en la industria cementera Segunda edición

World Business Council for Sustainable Development
Cement Sustainability Initiative

30 de enero de 2006

Escrito por Kåre Helge Karstensen SINTEF

Resumen ejecutivo

El Convenio de Estocolmo requiere que las Partes tomen medidas para reducir o eliminar la emisión de contaminantes orgánicos persistentes (COP) procedentes de la producción y el uso intencional de la producción no intencional y de las pilas de materiales y desperdicios. Las sustancias químicas intencionalmente producidas y actualmente asignadas para la eliminación conforme al Convenio de Estocolmo son los pesticidas aldrina, clordano, dieldrina, endrina, heptacloro, hexaclorobenceno (HCB), mirex y toxafeno, así como la sustancia química industrial bifenilos policlorados (PCB).

El Convenio también busca la minimización continua y, cuando sea posible, la eliminación de emisiones de COPs no intencionalmente producidos, como los derivados de los procesos químicos de humectación y térmicos, dibenzo-p-dioxinas/furanos policlorados (PCDD/F), así como HCB y PCB. Los conceptos de las Mejores Técnicas Disponibles y las Mejores Prácticas Ambientales para alcanzar dicha minimización y reducción de todas las categorías de fuente potencial se desarrollarán más adelante por la Conferencia de las Partes. El peligroso desperdicio del co-procesamiento de los hornos rotatorios de cemento se menciona explícitamente en el Convenio de Estocolmo como una "fuente industrial con el potencial para la comparativamente alta formación y emisión de estas sustancias químicas al medio ambiente".

La industria cementera seriamente considera cualquier emisión potencial de COPs, tanto porque las percepciones de estas emisiones tienen un impacto en la reputación de la industria, como porque aún las pequeñas cantidades de compuestos semejantes a la dioxina pueden acumularse en la biosfera con consecuencias potenciales a largo plazo.

El objetivo principal de este estudio fue recopilar información sobre el estado de las emisiones de COPs de los residuos peligrosos en el co-procesamiento de los hornos rotatorios de cemento, para compartir el conocimiento avanzado sobre los mecanismos de formación de PCDD/F en los procesos de producción de cemento y para mostrar cómo es posible controlar y minimizar las emisiones de PCDD/F de los hornos rotatorios de cemento utilizando la optimización del proceso integrado llamado medidas primarias. Este informe proporciona los datos más completos disponibles sobre la emisión de COPs procedentes de la industria cementera recopilada de literatura pública, bases de datos científicas y medidas de compañías privadas. Este informe evalúa alrededor de 2200 medidas PCDD/F, muchas medidas PCB y unas pocas medidas HCB realizadas desde 1970 hasta la fecha. La información representa los niveles de emisión de las tecnologías de procesamiento de gran capacidad, incluyendo los hornos rotatorios de cemento de proceso húmedo y seco, realizados bajo condiciones de operación normales y bajo las peores condiciones, con y sin el co-procesamiento de un amplio rango de combustibles y materias primas alternativos y con residuos y residuos peligrosos suministrados en el quemador principal, a la entrada del horno rotatorio y al precalentador/precalcinador. Los hornos rotatorios de eje verticales, considerados como tecnología obsoleta, pero aún comunes en muchos países, no se han considerado en este informe debido a la falta de información sobre las emisiones. La información de PCDD/F presentada en este informe muestra que:

- La mayoría de los hornos rotatorios de cemento pueden alcanzar un nivel de emisión de 0.1 ng TEQ/Nm^3 si se aplican las medidas primarias;
- El co-procesamiento de combustibles y materias primas alternativos, suministrados al quemador principal, la entrada del horno o el precalcinador no parecen influir o cambiar las emisiones de COPs;
- La información del precalentador en seco y de los hornos rotatorios de cemento de precalcinación en países en vías de desarrollo presentados en este informe, muestran muy bajos niveles de emisión, mucho menores a 0.1 ng TEQ/Nm^3.

Estas emisiones de los hornos rotatorios modernos de precalentamiento/precalcinación de proceso seco, parecen por lo general estar ligeramente debajo de las emisiones de los hornos rotatorios de proceso húmedo. Una práctica común en muchos países hoy en día es co-procesar energía que contengan residuos y materias primas alternativas en los hornos rotatorios de precalentamiento/precalcinación de proceso seco, ahorrándose así el combustible viejo y las materias primas vírgenes. Un ejemplo ilustra esto: un proyecto de PNUMA midió las emisiones entre 0.0001-0.018 ng TEQ/m^3 de un horno rotatorio de precalentamiento de proceso seco en Tailandia, reemplazando partes del combustible viejo con neumáticos y residuos peligrosos; se encontró la más baja concentración cuando el horno rotatorio estaba co-procesando desperdicios peligrosos, 0.0002 ng TEQ/m^3.

La información sobre la emisión de los hornos rotatorios de cemento en Estados Unidos de Norteamérica en los años ochenta y la primera parte de los noventa, permanece en contraste con los descubrimientos más recientes. Con frecuencia indicaban que los hornos rotatorios de cemento que co-procesaban residuos peligrosos como un combustible tuvieron mayores emisiones PCDD/F que los hornos rotatorios que co-procesaban residuos no peligrosos, que utilizaban sólo combustible convencional. Sin embargo, en documentos recientes, la EPA de EE UU ha explicado la causa más probable de estos descubrimientos, a saber que los hornos rotatorios de cemento que queman residuos peligrosos se probaron normalmente bajo las "peores" condiciones de combustión de prueba, es decir, los normalmente altos rangos de suministro de residuos y las altas temperaturas en el aparato de control de contaminación de aire, condiciones ahora conocidas para estimular la formación de PCDD/F. Sin embargo, los hornos rotatorios de cemento que quemaron residuos no peligrosos o combustible viejo convencional sólo se probaron bajo condiciones normales, no en las "peores" condiciones, haciendo dudosa una comparación entre los hornos rotatorios de combustión de residuos peligrosos y no peligrosos.

La reducción de la temperatura en la entrada del aparato de control de contaminación de aire es un factor que ha demostrado limitar la formación de dioxina y emisiones de todo tipo de los hornos rotatorios de cemento, independientemente del suministro de residuos, ya que se cree que las bajas temperaturas previenen la formación catalítica de poscombustión de PCDD/F. La EPA de EE UU concluyó en 1999 en el nuevo reglamento de Tecnología de Control Máximo Alcanzable que el quemar residuos peligrosos en hornos rotatorios de cemento no tiene un impacto en la

Anexo 16: Resumen del informe WBCSD/PNUMA sobre COPs

formación de PCDD/F porque se forman después de la combustión, es decir, en el aparato de control de contaminación de aire. Este informe también proporciona un gran número de medidas de PCDD/F en productos y residuos de la industria cementera. Los niveles son normalmente bajos y de la misma magnitud en que se encuentra en alimentos como el pescado, la mantequilla y la leche, así como en la tierra, los sedimentos y lodo de alcantarillado.

Para las nuevas fábricas de cemento y con objeto de aumentar la calidad de las mejores técnicas disponibles para la producción de clinkers de cemento, es necesario un horno rotatorio de proceso seco con múltiples etapas de precalentamiento y precalcinación. Un proceso uniforme y estable de horno rotatorio, que opere cerca de los puntos establecidos del parámetro de procesos, es benéfico para las emisiones de horno rotatorio, así como para el uso de energía.

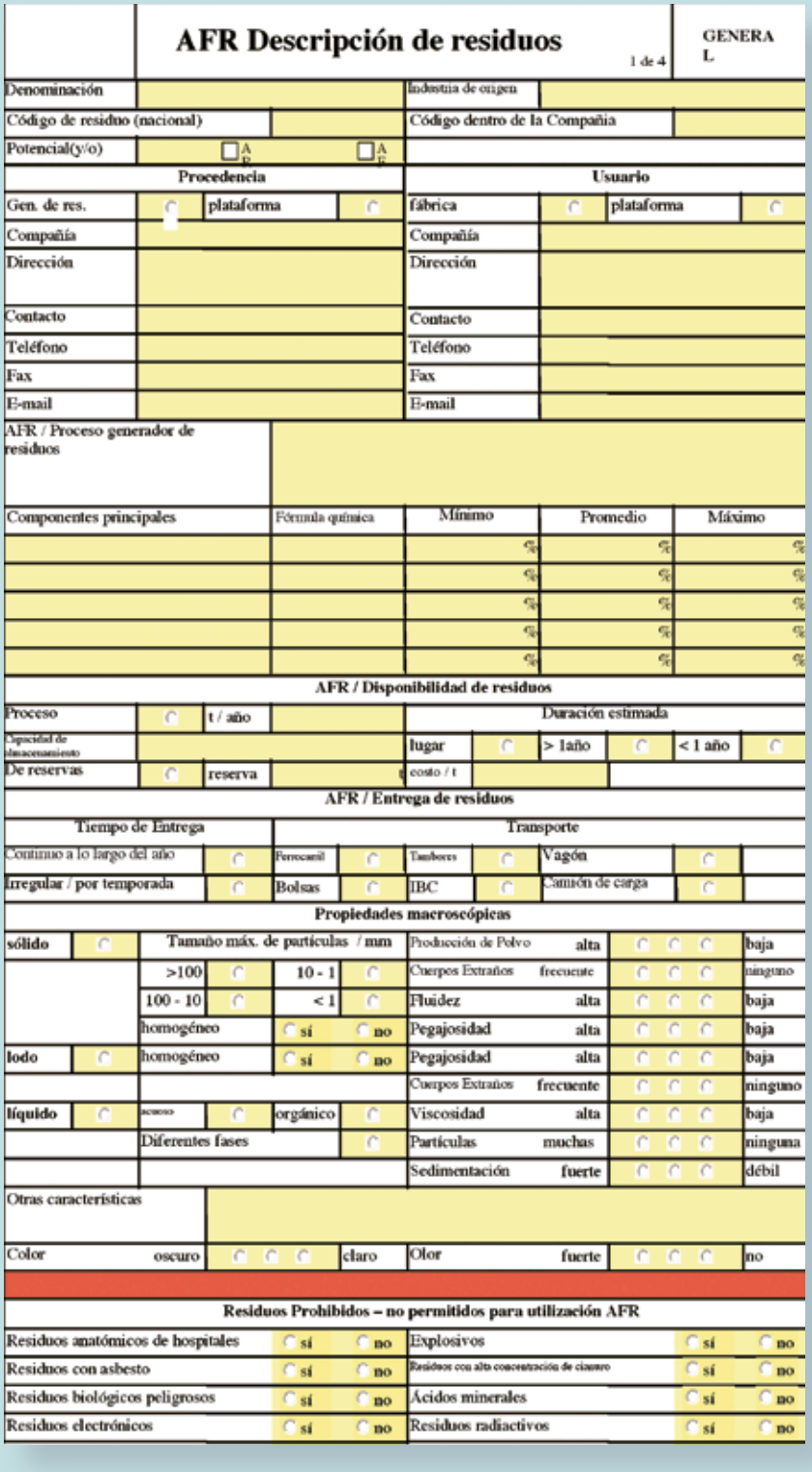
Las medidas primarias más importantes para alcanzar el cumplimiento con un nivel de emisión de 0.1 ng TEQ/Nm^3 es el enfriamiento rápido de los gases de escape del horno rotatorio a menos de 2000C en hornos rotatorios largos de proceso húmedo y seco sin precalentamiento. Los hornos rotatorios modernos de precalentamiento y precalcinación tienen esta cualidad ya inherente en el diseño del proceso. Se debe evitar suministrar materias primas alternativas como parte de la mezcla de materia prima si incluye material orgánico y no se debe suministrar ningún combustible alternativo durante el encendido y el apagado.

El Juego de Herramientas Estándar de PNUMA para la Identificación y Cuantificación de Emisiones de Dioxina y Furano asigna factores de emisión a todas las categorías y procesos de la fuente que se mencionan en el Anexo C, Partes II y III del Convenio de Estocolmo. Los factores de emisión para los hornos rotatorios de cemento co-procesadores de residuos peligrosos están entre las categorías más bajas.

Ya que PCDD/F es el único grupo de COPs comúnmente regulado hasta ahora, existen pocas medidas disponibles para HCB y PCB. Sin embargo, más de las 50 medidas PCB mencionadas en este informe, muestran que todos los valores están debajo de 0.4 mg PCB TEQ/m^3, muchos a un nivel de pocos nanógramos o debajo del límite de detección. Las 10 medidas HCB muestran una concentración de pocos nanógramos por metro cúbico o concentraciones debajo del límite de detección.

Todo el informe se puede descargar de:
→ *www.wbcsdcement.org*

Anexo 17: Plantilla para archivos maestros de datos para residuos comúnmente utilizados



AFR Descripción de residuos 1 de 4 — GENERAL

Denominación		Industria de origen	
Código de residuo (nacional)		Código dentro de la Compañía	
Potencial(y/o)	☐ A ☐ B		
Procedencia		**Usuario**	
Gen. de res. ○	plataforma ○	fábrica ○	plataforma ○
Compañía		Compañía	
Dirección		Dirección	
Contacto		Contacto	
Teléfono		Teléfono	
Fax		Fax	
E-mail		E-mail	
AFR / Proceso generador de residuos			

Componentes principales	Fórmula química	Mínimo	Promedio	Máximo
		%	%	%
		%	%	%
		%	%	%
		%	%	%
		%	%	%

AFR / Disponibilidad de residuos

Proceso ○	t / año		Duración estimada				
Capacidad de almacenamiento			lugar ○	> 1año ○	< 1 año ○		
De reservas ○	reserva	t	costo / t				

AFR / Entrega de residuos

Tiempo de Entrega		Transporte					
Continuo a lo largo del año ○		Ferrocarril ○	Tambores ○	Vagón ○			
Irregular / por temporada ○		Bolsas ○	IBC ○	Camión de carga ○			

Propiedades macroscópicas

sólido ○	Tamaño máx. de partículas / mm			Producción de Polvo	alta	○ ○ ○		baja
	>100 ○	10 - 1 ○		Cuerpos Extraños	frecuente	○ ○ ○		ninguno
	100 - 10 ○	< 1 ○		Fluidez	alta	○ ○ ○		baja
	homogéneo	○ sí	○ no	Pegajosidad	alta	○ ○ ○		baja
lodo ○	homogéneo	○ sí	○ no	Pegajosidad	alta	○ ○ ○		baja
				Cuerpos Extraños	frecuente	○ ○ ○		ninguno
líquido ○	acuoso ○	orgánico ○		Viscosidad	alta	○ ○ ○		baja
	Diferentes fases ○			Partículas	muchas	○ ○ ○		ninguna
				Sedimentación	fuerte	○ ○ ○		débil
Otras características								
Color oscuro	○ ○ ○	claro		Olor	fuerte	○ ○ ○		no

Residuos Prohibidos – no permitidos para utilización AFR

Residuos anatómicos de hospitales	○ sí	○ no	Explosivos	○ sí ○ no
Residuos con asbesto	○ sí	○ no	Residuos con alta concentración de cianuro	○ sí ○ no
Residuos biológicos peligrosos	○ sí	○ no	Ácidos minerales	○ sí ○ no
Residuos electrónicos	○ sí	○ no	Residuos radiactivos	○ sí ○ no

Anexo 17: Plantilla para archivos maestros de datos para residuos comúnmente utilizados

AFR / Descripción de residuos

2 de 4

PROPIEDADES FÍSICAS Y QUÍMICA

Denominación				Industria de origen			
Laboratorio de análisis				**Fuente de información**			
Compañía				Fecha			
Dirección				Información de muestra			
				Muestra de un sólo punto ○		Muestra compuesta ○	
Contacto				Tomada por			
Teléfono		Fax		Comentarios			
Email							

Propiedades físicas y químicas

	Mín.	Promedio	Máx.		Mín.	Promedio	Máx.
H_2O contenido al liberarse %				Punto de ebullición °C			
Viscosidad Pa				Punto de fusión °C			
Densidad kg / m ^{3}				Residuos en ....mm %			
Densidad a granel kg / m ^{3}				Residuos en ....mm %			
pH				Residuos en ....mm %			
Compuestos solubles en agua							

Propiedades orgánicas

Preparación de muestra	al aire ○	Secado ○	otro	

	Muestra promedio	estimado Mín.	Máx.		Muestra promedio	estimado Mn.	Máx.
Contenido de cenizas %				S %			
Contenido volátil %				C %			
CV bruto MJ / kg				H %			
CV neto MJ / kg				PCB ppm			
Temperatura de inflamab. °C				PCT ppm			
TOC %				Fenol ppm			

Propiedades inorgánicas

Preparación de muestra	al aire ○	Secado ○	Otros	

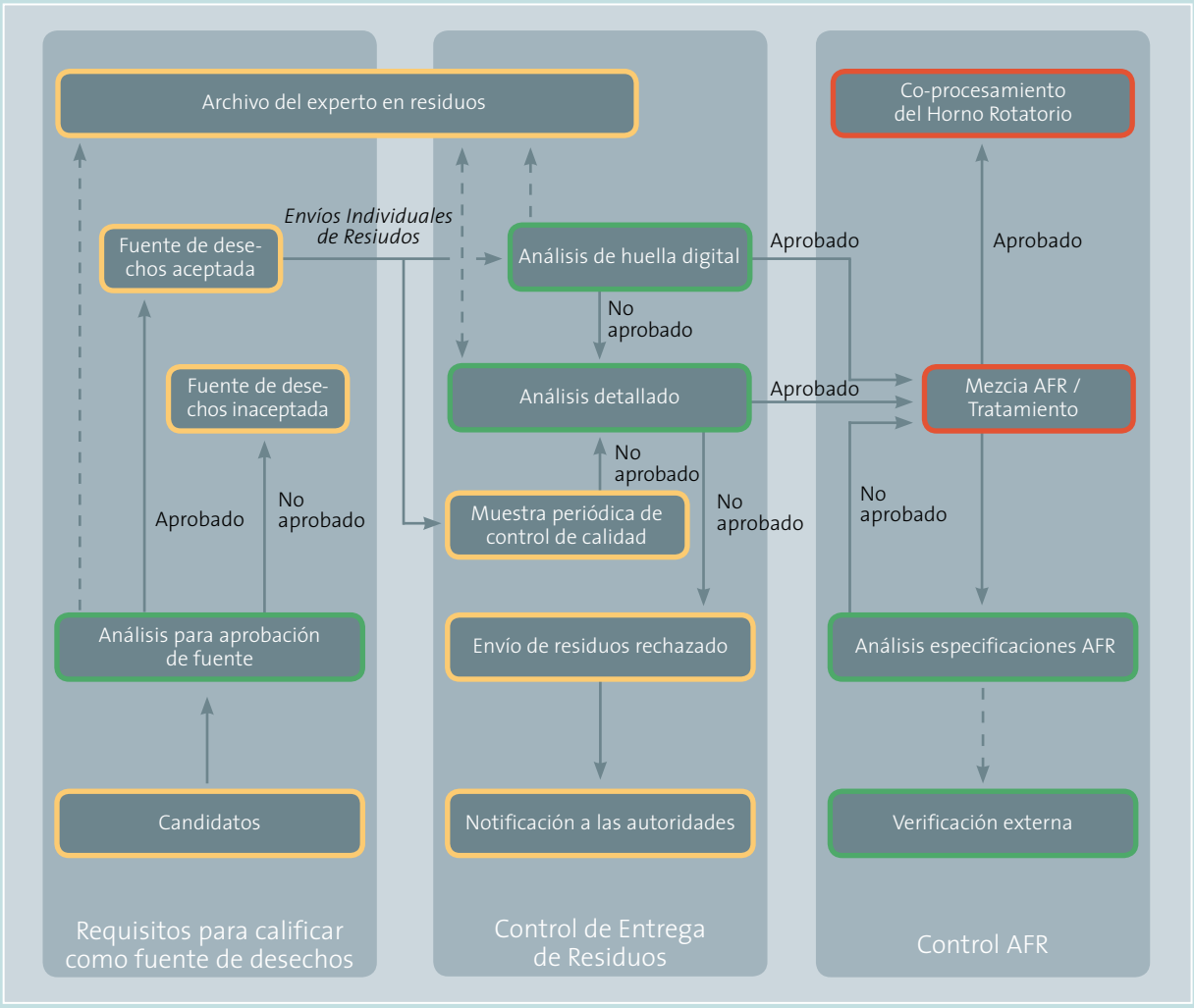
Compuestos minerales	Mín.	Promedio	Máx.		Mín.	Promedio	Máx.
Cuerzo %				Otros			
ÓXIDOS PRINCIPALES L. o. i. %				OLIGOELEMENTOS Cd ppm			
SiO_2 %				Hg ppm			
Al_2O_3 %				T ppm			
Fe_2O_3 %				As ppm			
CaO %				N ppm			
MgO %				Co ppm			
SO_3 %				Se ppm			
K_2O %				Te ppm			
Na_2O %				Cu ppm			
TiO_2 %				Pb ppm			
Mn_2O_3 %				Sb ppm			
P_2O_5 %				Sn ppm			
HALÓGENOS F %				V ppm			
Cl %				Be ppm			
Br %				Ba ppm			
I %				Mn ppm			
CN %				Zn ppm			
NH_3 %				Cr ppm			

	AFR / Descripción de residuos 3 de 4				SALUD Y SEGURIDAD
Descripción		Industria de origen			
Hoja de datos de seguridad de materiales					
Disponible		No disponible			
Identificación de Riesgos					
Flamable		Irritante		Por Contacto con los ojos	
Corrosivo		Dañino		Por contacto con la piel	
Reactivo		Tóxico		Por Inhalación	
Respirable		Carcinógeno		Por ingestión	
Riesgo de reacciones peligrosas					
con ↓ \ a →	Vapor tóxico	Ignición	Explosión	Polimerización	Solidificación
Altas temperaturas					
Presión alta					
Agua					
Aire					
Ácidos					
Bases					
Oxidantes					
Reductores					
Otros					
Comentarios					
Protección Personal					
Prendas resistentes a los ácidos		Casco de seguridad		Guantes de seguridad	
Máscara de Protección Completa		Lentes de seguridad		Máscara de protección media	
Primeros Auxilios					
Medidas apropiadas					
Medidas inadecuadas					
Instrucciones en caso de incendio					
Medidas apropiadas					
Medidas inadecuadas					
Riesgos específicos / instrucciones					
Instrucciones de derrames					
Procedimientos de limpieza					
Procedimientos de recuperación					
Procedimientos de desecho					
Contacto en caso de emergencia					
Transporte					
Código de riesgo		Código de trasporte		Código de residuo	
Comentarios					

Anexo 17: Plantilla para archivos maestros de datos para residuos comúnmente utilizados

	AFR / Descripción de residuos 4 de 4							MANEJO Y USO DE LA PLANTA
Denominación				Industria de origen				
Clasificación				Código				
Cantidad real consumida	t / año			t / h (promedio)		t / h (máx.)		
Pretratamiento								
Secado	☐	Molido	☐	Filtrado	☐	Triturado	☐	
Mezcla	☐	Otro:						
Comentarios								
Almacenamiento								
Almacenamiento abierto	☐	Almacenamiento cubierto	☐	Piso sellado	☐	Piso sin sellar	☐	
Búnker	☐	Silo	☐	Tanque	☐	Foso	☐	
Tambores	☐	Bolsas	☐	IBC	☐	Piso móvil	☐	
otros:				Capacidad de almacén:				
Comentarios								
Extracción del almacén								
Cargador delantero	☐	Alimentador inferior disp.	☐	Ventilación	☐	Activación mecánica de salida	☐	
Grúa	☐	Recuperador	☐	Otro:				
Comentarios								
Transporte del almacén a procesamiento								
Cargador frontal	☐	Grúa	☐	Transportador de cadena	☐	Elevador de cangilones	☐	
Hidráulico	☐	Tipo de bomba:		Transp. de tornillo helicoidal	☐	Transportador de banda	☐	
Neumático	☐			Otro:				
Comentarios								
Dosificación								
Gravimétrica	☐			Volumétrica	☐			
Escala de banda	☐	Medidor de flujo de impacto	☐	Válvula rotatoria	☐	Alimentador de banda	☐	
Alimentador de pérdida de peso	☐	Medidor de flujo Coriolis	☐	Bomba de desplazamiento positivo	☐	Alimentador de tornillo sin fin	☐	
Alimentador de rotor	☐	otro:				otro:		
Comentarios								
Alimentación para procesamiento								
Trituradora de materia prima	☐	Molienda gruesa	☐	Precalentador	☐	Entrada del horno rotatorio	☐	
Cama de premezcla	☐	Molino de crudos	☐	Rejilla Lepol	☐	Zona media del horno rot.	☐	
Depósito de pasta	☐	Molino de carbón	☐	Calcinador	☐	Prótimo a flama principal	☐	
otros:						Horno principal	☐	
Comentarios:								
Control de calidad								
Comentarios								
Factores limitantes de utilización								
Disponibilidad en el mercado	☐	Gestión de problemas	☐	Capacidad de alimentación	☐	Costo	☐	
Óxidos principales	☐	Cloruros	☐	Oligoelementos	☐	Toxicidad	☐	

Anexo 18: Esquema de control de calidad de AFR



Anexo 19: Análisis de la situación – cómo hacerlo

Las siguientes herramientas de investigación son ejemplos de cómo hacer un análisis de la situación. Lo mejor será elegir herramientas de investigación que se adecuen a sus necesidades y a las de sus intereses.

→ **Toque de puerta** – probablemente la menos formal y más efectiva forma de crear el espíritu de la comunidad sobre su compañía en el vecindario.

→ **Entrevistas** – las entrevistas una a una le proporcionan información concentrada sobre el tema particular y la oportunidad de sondear más en los puntos específicos según se requieran.

→ **Cuestionarios** – estos incluyen en persona, por teléfono o estudios por correo. La selección al azar de los encuestados es la llave para obtener estudios con resultados objetivos.

→ **Valoración de necesidades** – la conducción de una valoración de necesidades con un pequeño enfoque de grupo de interesados es un método formal para obtener valiosa información sobre las necesidades y expectativas de los intereses. Los grupos de enfoque pueden ser internos o externos. Se recomiendan los siguientes cuatro pasos al llevar a cabo una valoración de necesidades:

→ **Monitoreo de los medios** – esta técnica se utiliza para medir la reputación de la compañía. Esto incluye analizar artículos positivos, negativos o neutros en los medios, el número de menciones, la longitud de las historias, el contenido y el enfoque, etc. Puede entonces entrevistar periodistas seleccionados para obtener más información.

Paso I: Identificar a los usuarios y usos del análisis de necesidades

→ Identificar a las personas que trabajarán en el análisis
→ Identificar el uso del análisis, por ejemplo proporcionar bases para el plan estratégico.

↓

Paso II: Describir el contexto

→ ¿Cuál es el entorno físico y social de sus actividades?
→ ¿Cuándo empezó? ¿o apenas comenzó?
→ ¿Es eso un análisis inicial o trata de verificar si sus actividades son correctas?

↓

Paso III: Identificar las necesidades

→ Describir las circunstancias / problemas de las partes interesadas
→ Sugerir posibles soluciones a sus necesidades y analizar la probable eficacia, factibilidad y sustentabilidad.

↓

Paso IV: Satisfacer necesidades y comunicar los resultados

→ Recomendar acciones con base en las necesidades, problemas y soluciones identificadas
→ Comunicar los resultados del análisis a las partes interesadas.

Abreviaturas generales y de sustancias químicas

Abreviaturas generales

AFR	Combustibles y materias primas alternativos
ASR	Residuos de trituradoras de partes automotrices
BAT	Mejor tecnología existente
BEP	Mejor práctica ambiental
BpD	Desviación alterna de polvos (en algunos casos pueden producirlo los hornos rotatorios SP/PC)
BSE	Enfermedad de las vacas locas (Encefalopatía espongiforme bovina)
CKD	Polvo de horno rotatorio de cemento [en algunos casos pueden producirlo hornos rotatorios largos de proceso seco y húmedo (cadena)]
CP	Producción más limpia
CSI	Iniciativa de Sostenibilidad de Cemento
DRE	Eficiencia de destrucción y eliminación
EC	Comunidad Europea
EMR	Monitoreo y reporte de emisiones
ELV	Valor límite de emisión
EPA	Agencia de Protección Ambiental
ESP	Precipitador electrostático
HHV	Poder calorífico superior
IGO	Organizaciones internacionales gubernamentales
LCA	Análisis de los ciclos biológicos
MBI	Instrumentos basados en el mercado
ONG	Organización no gubernamental
OEL	Límites de exposición laboral
OH&S	Salud y seguridad en el trabajo
COPs	Contaminantes orgánicos persistentes
RDF	Combustibles derivados de desperdicios
SNCR	Reducción no catalítica selectiva
SP/PC	SP = Horno rotatorio de precalentamiento por suspensión (o ciclón) PC = Horno rotatorio de precalcinación (también incluye un precalentador de ciclón)
TOC	Carbono orgánico total
UNEP	Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente
VDI	Asociación Alemana de Ingenieros
WBCSD	Consejo Mundial de Empresas para el Desarrollo Sostenible
µS	µ-Sievert

Abreviaturas generales y de sustancias químicas

Abreviaturas de sustancias químicas

Al_2O_3	Óxido de aluminio
As	Arsénico
BTX (C_6H_6)	Benceno
BTX	Benceno, tolueno, xileno
$CaCO_3$	Carbonato de calcio
Cd	Cadmio
Co	Cobalto
CO	Monóxido de carbono
CO_2	Dióxido de carbono
Cr	Cromo
Cu	Cobre
Fe_2O_3	Óxido de hierro
HCB	Hexaclorobenceno
HCl	Ácido clorhídrico
HF	Ácido fluorhídrico
Hg	Mercurio
CH_4	Metano
Mn	Manganeso
NH_3	Amoníaco
NO_x	Óxidos de nitrógeno
Ni	Níquel
O_2	Oxígeno
PAH	Hidrocarburos poliaromáticos
Pb	Plomo
PCBs	Bifenilos policlorados
PCDDs	Dibenzodioxinas policloradas
PCDFs	Dibenzofuranos policlorados
Sb	Antimonio
SO_2	Dióxido de azufre
SO_x	Óxidos de azufre
SiO_2	Dióxido de silicio
TCE	Tricloroetileno
TCM	Tetraclorometano
Tl	Talio
V	Vanadio
VOC	Compuesto orgánico volátil
Zn	Zinc

Glosario

Combustibles y materias primas alternativos (AFR)
Alimentación a la producción de clinker derivada del flujo de residuos que contribuye con energía y materias primas.

Clinker
Producto intermedio en la fabricación de cemento, producido por la descarbonización, sinterización y enfriamiento rápido de la piedra caliza del suelo.

Concreto
Material producido por la mezcla de cemento, agua y áridos. El cemento actúa como adhesivo y el contenido de cemento promedio en el concreto es de aproximadamente 15%.

Responsabilidad social de la empresa (CSR)
Compromiso de la empresa de contribuir al desarrollo sostenible al trabajar con los empleados, sus familias, la comunidad local y la sociedad en general para mejorar su calidad de vida.

Polvo
Polvo total contenido en el gas limpio después de desempolvar el equipo. (En el caso de las chimeneas principales de los hornos rotatorios de cemento, más de 95% del polvo contenido en el gas limpio tiene una calidad de PM10; es decir, su material formado de partículas (PM) es menor que 10 micras.)

Ecoeficiencia
Reducción en la cantidad de recursos usados en la producción; por ejemplo, el consumo de materiales, recursos naturales y energía en comparación con la producción; en esencia, hacer más con menos.

Residuos electrónicos
Son residuos de equipo eléctrico y electrónico; entre ellos, todos los componentes, premontajes y productos consumibles que son parte del producto al momento del residuo (def. de acuerdo con la Directiva EU 2002/96/EC de enero de 2003).

Aplicación de final de ciclo
Residuos de concreto que no se reutilizan, sino que se disponen en un confinamiento ("final de ciclo").

Combustibles fósiles
Combustibles no renovables, basados en carbono, usados tradicionalmente en la industria cementera, incluyendo carbón y aceite.

Ecología industrial
Marco general para mejorar la eficiencia de los sistemas industriales mediante la imitación de aspectos de ecosistemas naturales, incluyendo la transformación de residuos en materia prima; un residuo de la industria se convierte en otro insumo de la industria.

Horno rotatorio
Horno industrial grande para producir clinker, que se usa en la fabricación de cemento.

Lixiviación
La extracción por un lixiviante (agua desmineralizada u otros) de componentes orgánicos y/o inorgánicos de un material sólido en una colada mediante uno o más mecanismos de transporte físico-químicos.

Accidente laboral
Una lesión relacionada con el trabajo después de la cual la persona accidentada no puede trabajar por lo menos un turno completo o todo un día hábil.

Salud y seguridad en el trabajo (OH&S)
Políticas y actividades para fomentar y garantizar la salud y seguridad de todos los empleados, subcontratistas, terceras partes y visitantes.

Calidad
La calidad se define como el grado en el cual un conjunto de características inherentes cumple con los requisitos (def. de conformidad con ISO 9000).

Partes interesadas
Un grupo o individuo que puede afectar a una organización o sus actividades o que resulte afectado por ellas.

Diálogo con las partes interesadas
El compromiso de los interesados en un proceso de consulta informal y/o formal para explorar las necesidades y percepciones específicas de los mismos.

Residuos
Cualquier sustancia u objeto que el propietario dispone o se propone o es necesario disponer o que tiene que ser tratado para proteger la salud pública o el ambiente.

Notas

Notes