MÓDULO DE CONTAMINACIÓN POR RESIDUOS

PLATAFORMAS DE ADECUACIÓN DE RESIDUOS PARA SU VALORIZACIÓN ENERGETICA

FEDERICO RUIZ AMORÓS

Edición 2007/8

MASTER PROFESIONAL EN INGENIERÍA Y GESTIÓN MEDIOAMBIENTAL

RESUMEN

La producción de residuos industriales orgánicos de carácter peligroso constituye en estos momentos un problema de gestión en España, de acuerdo con los principios estratégicos establecidos en la Unión Europea.

La creación de Centros de transferencia de adecuación de residuos para ser valorizados en cementeras, unido a la concesión de autorizaciones para estas industrias por parte de las Administraciones Públicas, puede resolver el problema de la forma más eficiente desde el punto de vista económico, social y medioambiental.

Junto con el marco legal actual que existe en España y con la experiencia acumulada en los países de la UE, EEUU y Canadá se puede abordar este tipo de soluciones con la seguridad de garantizar la salud humana y los recursos naturales, proporcionando una gestión eficaz y económica que permita tratar adecuadamente unos residuos que en su mayor parte tiene destino desconocido.

ÍNDICE

1. INTRODUCCIÓN……3

2. GENERACIÓN DE RESIDUOS INDUSTRIALES EN ESPAÑA…….5

3. LA INDUSTRIA CEMENTERA EN ESPAÑA……..6
3.1 El proceso Industrial de Fabricación del Cemento.....6
3.2 Distribución geográfica…….……..8

4. LA VALORIZACIÓN DE RESIDUOS EN CEMENTERAS…….9
4.1 Combustibles alternativos……9
4.2 Experiencia en Europa y España……..10

5. PLATAFORMAS DE ADECUACIÓN DE LOS RESIDUOS PARA SU VALORIZACIÓN…….11
5.1 Características de los residuos a tratar……11
5.2 Descripción del proceso……..14
5.3 Instalaciones del centro……...15
5.4 Producto final……..17

6. CONCLUSIONES…….18

7. BIBLIOGRAFÍA……20

1. INTRODUCCIÓN

La Ley de Residuos 10/98 de 21 de Abril define por primera vez en su artículo 3, el concepto de valorización como "*todo procedimiento que permita el aprovechamiento de los recursos contenidos en los residuos sin poner en peligro la salud humana y sin utilizar métodos que puedan causar perjuicios al medio ambiente*". A continuación se cita el anexo correspondiente donde vienen recogidos dichos procedimientos en los cuales el definido como R1 es "*utilización principal o como combustible o como otro medio de generar energía*" y el R4 es el "*reciclado o recuperación de metales de compuestos metálicos*".

Según datos recogidos de los agentes involucrados en la gestión de los residuos y los planes elaborados por las principales CC.AA, la cifra generación de residuos cuyo tratamiento podría ser objeto de incineración se estima en unas 480.000 t/a.

Al existir solamente una planta de incineración de residuos industriales, en Cataluña, con una capacidad de 45.000 t/a, la posibilidad de utilizar las condiciones que los hornos de cemento necesitan para su proceso normal, hacen factible, mediante una adecuación previa de dichos residuos, que la valorización pueda ser una solución eficiente para un 70% aproximadamente de este tipo de residuos que en muchos casos se tiene dificultad para darles el tratamiento adecuado, sin recurrir a su exportación.

El PNRP (1995-2000) aprobado en el Consejo de Ministros el 17 de Febrero de 1995, establecía entre otros, los siguientes principios conformes a los definidos por la Unión Europea:

- La prioridad de la recuperación en su aceptación de todo proceso industrial cuyo objeto es el aprovechamiento ya sea en forma de materias primas o de energía, definido en la Ley Básica 20/86 del 14 de Mayo de Residuos Tóxicos y Peligrosos, ya derogada por la Ley de Residuos ya mencionada.

- La autosuficiencia de cada país miembro y máxima proximidad de las instalaciones de tratamiento a los centros generadores de residuos peligrosos.

- Establecimiento de precios de tratamiento de los residuos peligrosos que permitan la correcta competencia y favorezcan los tratamientos ambientalmente más deseables.

En su diagnóstico de la situación actual, cuando el Plan cita los principales problemas detectados, en el punto 5 decía textualmente:

"*Insuficiente capacidad global de tratamiento de los residuos actualmente generados, con excepción de las plantas de tratamiento físico-químicos, cuya capacidad resulta suficiente a medio plazo. Se estima que sólo existe actualmente capacidad global para tratar el 20 por 100 del volumen de los residuos peligrosos que no reciben tratamiento en sus plantas de origen, aunque la situación es muy diferente por Comunidades Autónomas. Ello supone un inaceptable flujo de residuos peligrosos no controlados en cuanto a*

su tratamiento final, del cual se exporta un porcentaje elevado de difícil cuantificación", fijando entre los objetivos prioritarios el que "*para el año 2000 deberá estar garantizado el acceso de todos los residuos peligrosos que se generen a infraestructuras de tratamiento adecuadas desde el punto de vista ambiental y viables económicamente*".

Pues bien, en el borrador del Plan Nacional Integrado de Residuos Peligrosos (PNIR) 2007-2015, se sigue incidiendo en las deficiencias de ciertos tipos de tratamiento, las diferencias en cuanto a gestión de residuos peligrosos llevados a cabo por las Comunidades Autónomas, así como el insuficiente nivel de reutilización, valorización y reciclado de los residuos, fijando para la valorización energética un 5% de media en el horizonte del 2015.

2. GENERACIÓN DE RESIDUOS INDUSTRIALES EN ESPAÑA

De acuerdo con el citado PNIR (2007-2015) la producción de residuos peligrosos en el año 2002, que necesitan un tratamiento externo se eleva a unas 3.200.000 t/a. Estas cifras son más o menos coherentes, en función de nuestra población y tipo de industria en relación con países de nuestro entorno. La generación de residuos mineros, caracterizados como peligrosos, son del orden de 2.000.000 t/a.

Partiendo de dichos datos podemos realizar la estimación de infraestructuras externas necesarias y recogidas en la Tabla 1.

Si suponemos que la valorización energética de los residuos industriales orgánicos de carácter peligroso estuviera dentro de los residuos susceptibles de ser tratados por incineración, nos encontramos con un déficit de tratamiento a nivel nacional de unas 330.000 t/a.

TABLA 1.- PREVISIÓN DE CREACIÓN DE INFRAESTRUCTURAS EXTERNAS

	Cantidades (t/a)
PRODUCCIÓN TOTAL DE RESIDUOS PELIGROSOS (2002)	**3.200.000**
INCINERACIÓN (15% de la Producción total)	**480.000**
OBJETIVO DE MINIMIZACIÓN (35% de la Incineración)	**168.000**
OFERTA ACTUAL DE TRATAMIENTO	**45.000**
DÉFICIT	**267.000**

3. LA INDUSTRIA CEMENTERA EN ESPAÑA

3.1 El proceso industrial de fabricación de cemento

El proceso de fabricación del cemento se divide en tres etapas básicas:

La obtención y preparación de materias primas: caliza, marga, arcilla, pizarra, etc.
La cocción de una mezcla convenientemente dosificada de estos materiales finamente molidos para obtener un producto intermedio denominado clínker.
La molienda conjunta de clínker con yeso y adiciones (cenizas volantes, escorias de horno alto, puzolanas, etc) para dar lugar al cemento.

La cocción del material requiere de temperaturas del orden de 1450 ºC en el horno rotativo, un cilindro cuasi horizontal que rota sobre su eje y está recubierto en su interior con ladrillos refractarios.

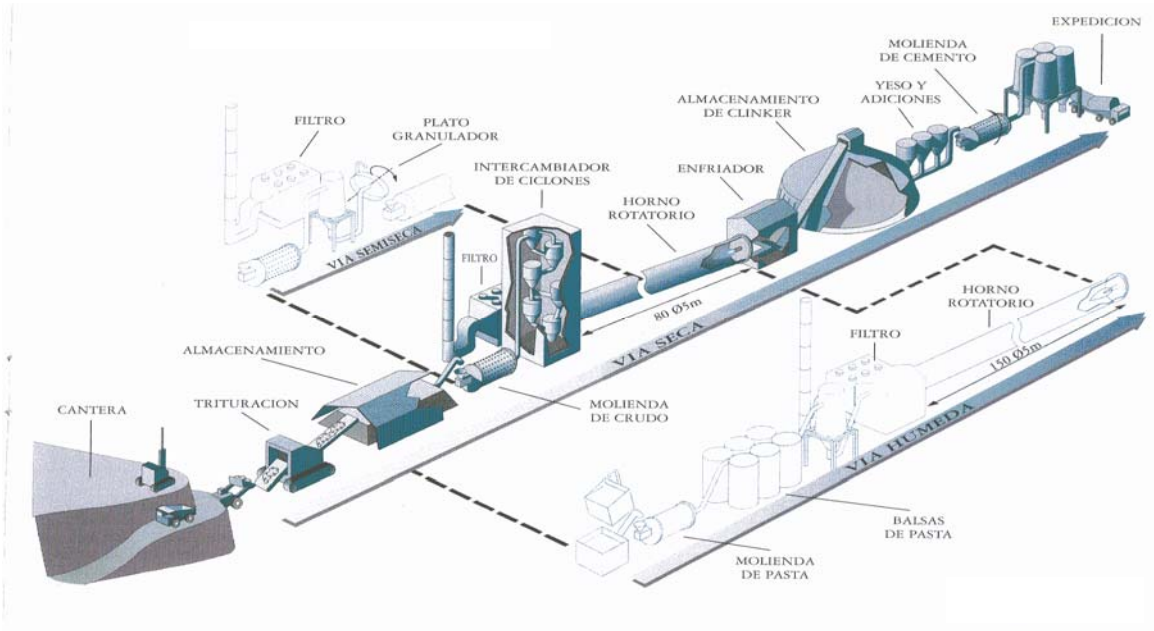
En función de cómo se procesa el material antes de su entrada en el horno de clínker, se distinguen cuatro tipos de proceso de fabricación: vía seca, vía semi-seca, vía semi-húmeda y vía húmeda.

En el proceso vía seca, la materia prima es introducida en el horno en forma de seca y pulverulenta. El sistema del horno comprende una torre de ciclones para intercambio de calor en la que se precalienta el material en contacto con los gases provenientes del horno rotatorio. El proceso de descarbonatación de la caliza (calcinación) puede estar casi completado antes de la entrada del material en el horno si se instala una cámara de combustión a la que se añade parte del combustible (precalcinador).

En el proceso vía húmeda, utilizado a menudo para materias primas de alto contenido en humedad, el material de alimentación se prepara mediante molienda húmeda, el material de molienda húmeda y la pasta resultante, con contenido de agua de un 30-40%, es alimentada en el extremo más elevado del horno inclinado.

En los procesos vía semi-seca y semi-húmeda, el material de alimentación se obtiene añadiendo o eliminando agua (filtros prensa), respectivamente, de forma que se obtienen “pellets” con un 15-20% de humedad que son depositados en parrillas móviles a través de las cuales se hacen circular los gases calientes provenientes del horno rotatorio. Cuando el material alcanza la entrada del horno, el agua se ha evaporado y la calcinación ha comenzado.
En la actualidad, en torno al 78% de la producción de cemento en Europa se realiza en hornos de vía seca; otro 16% se realiza en hornos vía semi-seca o semi-húmeda; y un 6% de la producción europea se realiza mediante vía húmeda.

FIGURA 1.- PROCESOS DE FABRICACIÓN DE CEMENTO



Debido a la alta temperatura (1450-2000 ºC), un tiempo de residencia de los gases muy superior a los 2 segundos, un ambiente alcalino y la ausencia de residuos, el proceso de fabricación del cemento es idóneo para la valorización de residuos industriales orgánicos, ya que estas condiciones son superiores a las establecidas en el Real Decreto 653/2003 de Incineración de Residuos Peligrosos.

3.2 Distribución Geográfica

En España existen 58 hornos de los cuales 48 son vía seca, 4 de vía semi-seca y 6 de vía húmeda.

FIGURA 2. FÁBRICAS DE CEMENTO EN ESPAÑA

Esta distribución geográfica permite cumplir con el principio de proximidad fijado, tanto en la estrategia europea como nacional y autonómica en la gestión de los residuos, ya que como se ve en la Figura 2 sólo La Rioja no tiene dentro de su territorio una fábrica de cemento.

4. LA VALORIZACIÓN DE RESIDUOS EN CEMENTERAS

4.1 Combustibles alternativos

El horno de clínker es un proceso intensivo en energía, ya que por cada 100 kg de clínker se necesitan 10 kg de combustible.

Al valorizar un residuo se aprovecha la energía calorífica contenida en un mismo, es decir, aquellos que tienen materia orgánica en su composición.

Dadas las condiciones del horno se garantiza la destrucción de los compuestos orgánicos en los mismos anulando su peligrosidad, incorporándose al clínker los metales contenidos tanto en los combustibles tradicionales como alternativos, como en las materias primas. Sólo los más volátiles, como el mercurio (Hg) y el talio (Tl) tienen que ser controlados en la entrada.

Las características alcalinas de las materias primas permiten la captación de los compuestos halógenos y del azufre.

No obstante todos los componentes de los combustibles derivados de residuos son controlados a la entrada del horno para no afectar a las condiciones de seguridad, operación y medioambientales y de calidad del cemento.

Los estudios llevados a cabo sobre cemento y clinker, ponen de manifiesto que la utilización de combustibles alternativos derivados de residuos garantiza la seguridad, la compatibilidad del proceso y el respeto al medioambiente, al no haber variación en la calidad de dichos productos, cuando se utilizan combustibles alternativos en sustitución de los combustibles fósiles tradicionales.

4.2 Experiencia en Europa y en España

La utilización de combustibles alternativos derivados de residuos se inició en Europa a mediados de los años setenta, coincidiendo con la segunda crisis del petróleo.

La sustitución alcanza actualmente a un 13% de la energía térmica empleada equivalente a unos 3,3 millones de toneladas de carbón en unas 80 plantas, localizadas en 12 de los 15 países de la Unión Europea.

En algunos países europeos el nivel de sustitución puede superar el 50%.

En el caso de España sólo una pequeña parte los 58 hornos operativos utilizan actualmente residuos como combustibles alternativos de forma continuada, lo que finalmente supone un nivel de sustitución para el conjunto de la industria cementera del 6 %.

Los residuos empleados como combustibles alternativos son los siguientes:

TABLA 2 . RESIDUOS UTILIZADOS COMO COMBUSTIBLES EN TONELADAS

TIPO DE RESIDUO	Europa (2004)	España (2006)
NEUMÁTICOS USADOS	580.000	40.000
ACEITES USADOS	380.000	9.500
RESIDUOS DE PAPEL/MADERA	180.000	14.000
DISOLVENTES USADOS	260.000	19.500
LODOS DE DEPURADORA	250.000	5.500
HARINAS ANIMALES	950.000	56.000

Fuente: Oficemen y Elaboración Propia

5. PLATAFORMAS DE ADECUACIÓN DE LOS RESIDUOS PARA SU VALORIZACIÓN.

Una de las opciones que pueden resolver el problema del déficit de instalaciones para los residuos que se producen, y para optimizar el uso del potencial de los hornos de las plantas cementeras es la adecuación previa de los residuos para su valorización en dichos hornos.

Esta opción se podría materializar a través de un Centro de Transferencia que seleccionaría los residuos peligrosos que lleguen a la instalación, para a partir de estos elaborar un combustible (combustible derivado de residuos (CDR)) con las características más adecuadas al proceso de cada horno específico de cementera al que fuera destinado.

5.1 Características de los residuos a tratar

ORIGEN

Los residuos a gestionar en el Centro de Transferencia son fundamentalmente residuos industriales de carácter orgánico y clasificado como peligrosos según la normativa vigente.

Por tanto y de acuerdo con la experiencia, hace que presumiblemente sean admisibles residuos tales como:

- Disolventes no halogenados
- Residuos aceitosos
- Residuos de hidrocarburos
- Pinturas y lodos
- Barnices y tintes
- Fondos de tanques
- Hidrocarburos con lodos
- Residuos de destilación
- Fondos de cubas de disolventes
- Lejías negras y aguas residuales industriales
- Líquidos orgánicos
- Disolventes ligeramente halogenados
- Residuos orgánicos pastosos

Siendo los componentes químicos más corrientes de estos residuos:

- Hidrocarburos aromáticos
- Hidrocarburos alifáticos
- Alcoholes
- Acetatos
- Cetonas
- Esteres

- Glicoles
- Hidrocarburos ligeramente clorados
- Hidrocarburos oxigenados

Los generadores típicos de este tipo de residuos son:

- Talleres de automóviles:
  - Residuos oleosos
  - Anticongelantes
  - Fluidos de transmisión
  - Neumáticos
- Refinerías:
  - Fondos de tanques
  - Catalizadores agotados
  - Sólidos de filtros API
  - Sólido del catalizador DAF
  - Productos fuera de especificación
  - Limpieza de balsas
- Gestión de residuos:
  - Fondos de tanques
  - Suelos contaminados
  - Fondos de destilación
- Otros:
  - Residuos de aceites lubricantes
  - Lodos de aguas residuales

Los sectores más importantes generadores de este tipo de residuos son; las industrias químicas y petroquímicas, farmacéuticas, fabricantes de pinturas, de tintas de impresión, imprentas, fabricantes de automóviles, regeneradores de disolventes, laboratorios, gestores intermedios o centros de transferencia de residuos.

CONDICIONES DE ACEPTABILIDAD

Respecto a los residuos que serían admitidos en un Centro de estas características y de acuerdo, con el permiso de la autoridad medioambiental de la Comunidad Autónoma correspondiente, y con objeto de garantizar la preparación de un combustible que asegure posteriormente una combustión completa, segura y ambientalmente correcta se debería excluir:

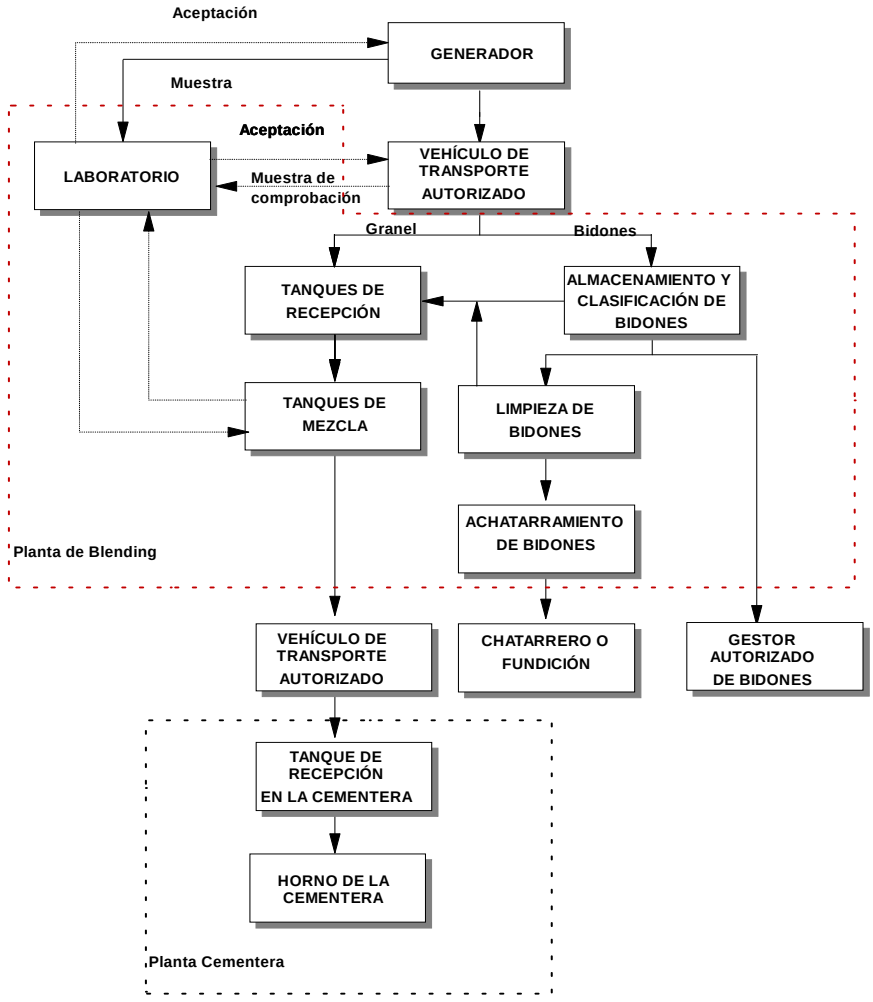
- Residuos con más de 50 ppm en PCB´s o PCT´s
- Residuos con alto contenido en halógenos
- Toda sustancia que pueda producir olores nauseabundos
- Productos infecciosos
- Productos explosivos
- Productos lacrimógenos
- Productos radiactivos o que emitan radiación ionizante
- Productos corrosivos
- Productos que puedan reaccionar entre ellos o al quemarse, originando mezclas explosivas o vapores tóxicos
- Todo producto que tenga una prohibición, legal o reglamentaria, para su combustión en hornos de cementeras
- Productos que emitan gases tóxicos al entrar en contacto con el aire, agua o con ácido
- Residuos de plaguicidas organohalogenados

Además, con carácter general, no se deberían admitir residuos contaminados con otras sustancias que imposibilitaran su manipulación y mezcla.

5.2 Descripción del proceso

En el diagrama de flujo adjunto se puede apreciar esquematizado, el proceso que se seguiría en el Centro de Transferencia. Dicho proceso se inicia en el momento en que un generador desea que se le gestione un residuo, para lo que deberá enviar, en primer lugar, una muestra representativa del mismo.

DIAGRAMA DE FLUJO DEL RESIDUO EN LA PLANTA



5.3 Instalaciones del centro

Las principales características para un Centro de Transferencia con una capacidad de producción de combustible derivado de residuos de mas de 40.000 t/a, serían las siguientes:

- Superficie aproximada: 10.000 m^2
- Capacidad de almacenamiento: 2.100 m^3

Esta capacidad está distribuida en 1.850 m^3 en depósitos de recepción, mezcla y expedición y 250 m^3 de almacenamiento en bidones.

Estas instalaciones deben contar con sus correspondientes cubetos de retención, equipos de bombeo y trasvase.

Su clasificación desde el punto de vista de diseño de la instalación sería Clase B Subclase B1, con adopción de protecciones antideflagrantes y con un sistema completo de prevención y extinción de incendios.

Laboratorio de análisis y control acreditado

El laboratorio debe contar con una gran variedad de modernas técnicas instrumentales, que junto con los procedimientos elaborados, procedentes de la experiencia en preparación de combustibles secundarios procedentes de residuos a cementeras, es la principal instalación desde el punto de vista de seguridad ambiental y de optimización del proceso.

En lo referente a análisis, metodología y control de garantía de calidad del laboratorio hay que resaltar que la analítica requerida por el proceso en su conjunto, tanto para la aceptación del residuo como para la certificación del combustible secundario elaborado, se realizará aplicando procedimientos y métodos internacionalmente reconocidos y aceptados por la legislación vigente (EPA, ASTM, etc.). Dicha analítica se resume en cinco grupos de parámetros:

PARÁMETROS GENERALES:

Parámetro	**Técnica**
Poder calorífico	Calorimetría
Cloro	Cromatógrafo iónico
Bromo	Cromatógrafo iónico
Cenizas	Gravimetría
Densidad	Gravimetría
Viscosidad	Viscosimetría
PH	Electrometría
Sólidos	Volumetría
Azufre	Cromatógrafo iónico
Flúor	Cromatógrafo iónico
Punto de inflamación	Sistema en vaso cerrado
Humedad	Volumetría
Radioactividad	Contador Geiger

METALES:

Parámetro	**Técnica**
Plomo	AA/ICP/FRX
Níquel	AA/ICP/FRX
Berilio	AA/ICP/FRX
Vanadio	AA/ICP/FRX
Cromo	AA/ICP/FRX
Manganeso	AA/ICP/FRX
Arsénico	AA/ICP/FRX
Cadmio	AA/ICP/FRX
Antimonio	AA/ICP/FRX
Mercurio	AA/ICP/FRX
Talio	AA/ICP/FRX
Cinc	AA/ICP/FRX
Cobre	AA/ICP/FRX

COMPUESTOS ORGÁNICOS:

Parámetro	**Técnica**
Policlorobifenilos PCB's	C. Gases
Orgánicos Volátiles	C. Gases/Espectrometria de Masas
Orgánicos Semivolátiles	C. Gases/Espectrometria de Masas

COMPATIBILIDAD:

Análisis de compatibilidad específicos entre los residuos a mezclar para evitar reacciones o polimerizaciones no deseadas.

Plataforma de carga y descarga de cisternas y bidones
Zona de circulación y aparcamiento de cisternas y vehículos
Edificio de oficinas que incluye el laboratorio

El Centro deberá estar proyectado con un alto grado de seguridad, producto del correspondiente análisis de riesgos que se haya realizado y cuyas conclusiones y medidas estarán recogidas en detallados planes de emergencia y de autoprotección que deberán ser evaluados y aprobados por las autoridades competentes.

5.4 Producto final

El producto final obtenido tendrá una especificación que limite el contenido en halógenos, sulfuros, pH, viscosidad, metales, PCB´s y radiactividad con el objetivo de obtener una alta compatibilidad con el porcentaje de combustible fósil que se va a sustituir y con la química del propio proceso de fabricación del clinker, en función de los materiales utilizados como materia prima, sin olvidar las emisiones al exterior.

Además se determinará un Poder Calorífico mínimo que corresponda al criterio de valorización.

Es por eso que se hacen necesarios los estudios y las pruebas previas para calcular y evaluar con la mayor exactitud posible la composición final certificada de cada cisterna de combustible secundario que va destinada a cada cementera.

Dicha especificación deberá contar con la autorización de los servicios ambientales de la correspondiente Comunidad Autónoma.

6. CONCLUSIONES

La creación de un Centro de Transferencia para producir combustibles secundarios a partir de residuos cuya finalidad es la valorización tanto material como energética en instalaciones industriales y en concreto en hornos de cementeras, se basa en una alta especialización tanto de personal y de medios de análisis y control, como en el estricto cumplimiento de la normativa para preservar la seguridad, la calidad de los productos y el medioambiente.

Un Centro específico para este tipo de actuación tiene las siguientes ventajas:

Para los productores de residuos

- Proporcionándoles un destino adecuado para valorizar sus residuos.
- Profesionalidad y economía en dicha gestión.

Para la Industria Cementera

- Ahorro en la factura energética.
- Combustible derivado de residuos homogéneo (siempre la misma composición).
- Gestión externa especializada.
- Mejoras medioambientales al emitir menos gases, algunos de efecto invernadero, lo que contribuye a cumplir con los objetivos del Protocolo de Kyoto.
- Facilitar su tramitación administrativa para solicitar el título de gestor.

Para las Autoridades

- Contar con un instrumento (binomio Centro de Transferencia-Horno de Cemento) para llevar a cabo, dentro de la jerarquía establecida de gestión de residuos, la valorización de los residuos que se produzcan en el territorio bajo su competencia dentro de los objetivos definidos en sus respectivos Planes de Gestión.
- Cumplir con los principios establecidos de proximidad y autosuficiencia.
- Facilidad de control e inspección sobre la valorización de residuos en el horno de cementera, al ser una única corriente homogénea debidamente caracterizada la que se utilizará como combustibles secundario.

Para el Medio Ambiente

- Gestión adecuada de ciertas corrientes de residuos.
- Ahorro de combustibles fósiles tradicionales.
- Instalaciones eficientes en la gestión de residuos mejorando emisiones a la atmósfera sin producir ni residuos sólidos ni vertidos.
- Mejora del balance ambiental global al minimizar el transporte de estos residuos a plantas de países de la Unión Europea. Se estima una exportación a estos países de unas 10.000 t/a de residuos incinerables.

7. BIBLIOGRAFÍA

- CEMBUREAU. (1997). *Best Available Techniques for the Cement Industry*.
- ENVIRONMENTAL TOXICOLOGY INTERNATIONAL (1992). *All Firep Up. Burning Waste in Cement Kilns.*
- HISALBA, EMGRISA, TERIS-SCORI, ISE. *(1998). La contribución de la Industria del Cemento en la Gestión de residuos. Aplicación al caso de HISALBA (Lorca-Murcia). Proyecto THERMIE "B".*
- IDAE.(2000).*La utilización de residuos industriales como combustibles alternativos en el. Sector de Fabricación de Cemento.*
- MINER.(1996).*Industrias del Cemento. Memoria del año 1996.*
- OFICEMEN. (1998).*Combustibles alternativos en la Fabricación del Cemento*.
- OFICEMEN (2002). *La utilización de residuos como combustibles alternativos en la Industria Europea y Española. Ejemplos en España. Ponencia de D. Pedro Mora Peris.*