

«Los Residuos Industriales: Un esfuerzo tecnológico para su eliminación y tratamiento»

Se presenta un análisis de la problemática planteada en torno a los residuos industriales desde diversos puntos de vista. Se agrupan los residuos teniendo en cuenta los sectores que los generan y la naturaleza de los mismos. Con los datos disponibles, se cuantifican los residuos generados en Euskadi y en España, haciendo especial mención a los denominados residuos tóxicos y peligrosos (RT y P) por la carga contaminante que contienen o por la peligrosidad de los mismos. A continuación se hace un breve análisis de las técnicas clásicas de eliminación de residuos, y de su posible recuperación y valorización, destacando especialmente estas últimas por su positiva repercusión técnico-económica y medioambiental. Se analizan, asimismo, algunas líneas de investigación y desarrollo (I+D) que en el ámbito de los Programas Marco y otros de la CEE se refieren a temas específicos del medio ambiente. Finalmente, se incluye un breve resumen de los puntos más significativos del Plan Nacional de Residuos Tóxicos y Peligrosos de reciente aparición y que consideramos de interés para los sectores industriales y los profesionales involucrados en estos temas.

Hondakin industrialen inguruan sortutako problematikaren azterketa bat aurkezten da hemen, ikuspuntu desberdinetatik landuta. Hondakinak, sortzen dituzten sektoreak eta berorien izaera kontutan hartuz taldekatzen dira. Eta gero eskuartean ditugun datuekin, Euskadin eta Espainian sortutako hondakinak kuantifikatzen dira, hondakin toxiko eta arriskutsuen (RT eta P) aipamen berezia eginez, duten karga kutsagarriarengatik edo arriskuarengatik alegia. Jarraian, hondakinak ezabatzeke, edo beren berreskurapen eta balorazio posiblerako teknika klasikoaren azterketa labur bat egiten da, batez ere azken hauek azpimarratuz beren eragin tekniko-ekonomiko eta ingurugiroko positiboarengatik. Aztertzen dira orobat Programa Markoen eta EEEko beste hainbaten eremuan ingurugiroaren gai espezifikoei. Eta azkenik, oraindik berriki kaleratu eta gure ustez gai hauetan konprometituak dauden sektore industrialentzat eta berdin profesionalentzat ere interesgarria den «Plan Nacional de Residuos Tóxicos y Peligrosos»eko punturik esanguratsuenen laburpen txiki bat sartzen da bertan.

An analysis of the problems created relating to industrial waste is presented from several different points of view. Wastes are grouped together bearing in mind the sectors which generate these and the nature of same. With the available data, the types of waste generated in the Basque Country and in Spain are quantified, making special reference to so-called toxic and dangerous wastes (RT and P) due to the contaminants these contain or due to the danger they represent. Next, a brief analysis is made of traditional techniques of waste removal and of their possible recovery and valorisation, special mention being given to these due to their technical-economic and environmental repercussions. An analysis is made of some lines of research and development (R & D) which, within the system of Framework Programmes and other E.E.C. programmes, refer to specific subjects of the environment. Finally, a brief summary is included of the most significant points of the recent National Toxic and Dangerous Waste Programme, which we consider to be of interest for the industrial sectors and professionals involved in these matters.

1. Los residuos industriales y su generación
2. Recuperación de residuos: Presente y esfuerzo de investigación
3. Residuos tóxicos y peligrosos (RT y P), Plan Nacional

Palabras clave: Residuos industriales, residuos tóxicos y peligrosos, eliminación, tratamiento, Plan Nacional.
Nº de clasificación JEL: Q53, Q58

1. LOS RESIDUOS INDUSTRIALES Y SU GENERACIÓN

Pueden considerarse como residuos aquellas sustancias resultantes de procesos industriales u otros y que por carecer de interés para el usuario, son desechados.

Según su procedencia, los residuos se pueden agrupar en: Residuos urbanos, industriales y agropecuarios. Algunos residuos, debido a su problemática y características singulares, pudieran tratarse de forma separada: residuos hospitalarios, lodos de depuradoras, ...

Dentro del grupo de residuos industriales y considerando la peligrosidad que se puede derivar de su presencia, los clasificamos en residuos *inertes* y *residuos peligrosos*.

Se conocen como *residuos inertes*, en general, a un voluminoso y heterogéneo conjunto de residuos de procedencia muy diversa, generalmente sólidos. Atendiendo a su cuantía, se citan en primer lugar los escombros de construcción y en segundo lugar una parte importante de los procedentes de las industrias metalúrgicas.

Los residuos *peligrosos* proceden, al igual que en el caso anterior, de sectores

muy diversos. Cuantitativamente, la industria química y de transformados metálicos son los que generan un mayor volumen de residuos de este tipo; le siguen las industrias transformadoras de la madera, textil, cuero, etc.

La clasificación de un residuo en alguno de los dos grupos mencionados resulta fácil para según qué residuos con características evidentes, pero es mucho más problemático para muchos residuos que se encuentran en la frontera de ambos grupos. La metodología y los criterios concretos de clasificación tienen en este sentido una importancia muy grande a la hora de decantar un residuo hacia un lado u otro de la clasificación. Esta consideración adquiere especial relevancia cuando se examinan residuos muy voluminosos, muchos de ellos generados por la industria metalúrgica, y que se encuentran cercanos a dicha frontera. Su clasificación como inertes o especiales pueden hacer variar considerablemente las necesidades técnico-económicas para su eliminación.

1.1. Clasificación de los residuos industriales

El Real Decreto 833/1989 de 10 de

julio. (B.O.E. de 30 de julio de 1988), clasifica los residuos según el origen o procedencia, forma de gestionarlos, tipología, constituyentes tóxicos, actividad generadora del residuo y procesos implicados.

En cuanto a la tipología, la norma establece una clasificación en 41 tipos de residuos atendiendo fundamentalmente a su procedencia. En el cuadro n.º 1 reproducimos dicha clasificación.

Cuadro n.º 1. Tipos de Residuos Tóxicos y Peligrosos, según el R.D. 833/1988.

RESIDUOS CONSISTENTES EN:

- Residuos de hospitales o de otras actividades médicas.
- Productos farmacéuticos, medicamentos, productos veterinarios.
- Plaguicidas.
- Otros biocidas.
- Residuos de productos empleados como disolventes.
- Sales de temple cianuradas.
- Aceites y sustancias oleosas minerales.
- Mezclas aceite/agua o hidrocarburo/agua, emulsiones.
- Productos que contengan PCB y/o PCT.
- Materias alquitranadas, producidas por refinado, destilación o pirolisis.
- Tintas, colorantes, pigmentos, pinturas, lacas, barnices.
- Resinas, látex, plastificantes, colas.
- Sustancias químicas no identificadas y/o nuevas que provienen de actividades de investigación, de desarrollo y de enseñanza, y cuyos efectos sobre el hombre y/o sobre el medio ambiente son desconocidos.
- Productos pirotécnicos y otras materias explosivas.
- Productos de laboratorios fotográficos.
- Todo material contaminado por un producto de la familia de los dibenzofuranos policlorados.
- Todo material contaminado por un producto de la familia de las dibenzo-para-dioxinas policloradas.
- Jabones, materia grasa, ceras de origen animal o vegetal.
- Sustancias orgánicas no halogenadas no empleadas como disolvente.
- Sustancias orgánicas sin metales.
- Escorias y/o cenizas.
- Tierras, arcillosas o arenas, comprendidos lodos de dragado, que, por su situación puedan estar contaminados.
- Sales de temple no cianuradas.
- Partículas o polvos metálicos.
- Catalizadores usados.
- Líquidos y lodos que contengan metales.
- Residuos de tratamiento de descontaminación.
- Lodos de lavado de gases.
- Lodos de instalaciones de purificación de agua y de estaciones depuradoras de aguas residuales.
- Residuos de descarbonatación.
- Residuos de columnas intercambiadoras de iones.
- Lodos de alcantarillado.
- Aguas sucias no recogidas expresamente en el presente cuadro.
- Residuos de la limpieza de cisternas o de herramientas.
- Materiales contaminados.
- Recipientes contaminados que hayan contenido uno o varios de los constituyentes enumerados en el cuadro n.º 2.
- Baterías y pilas eléctricas.
- Aceites vegetales.
- Residuos que procedan de la recogida selectiva de los residuos sólidos urbanos y presenten características de residuos peligrosos.
- Cualquier otro residuo que contenga uno cualquiera de los constituyentes enumerados en el cuadro n.º 2.

Respecto de los componentes que confieren al residuo su potencial tóxico y contaminante, la norma española referida distingue un total de 36 productos químicos a considerar; la potencial peligrosidad de estos productos radica naturalmente en su concentración en el residuo. En el cuadro n.º 2 se indican estos productos.

Con posterioridad, la Orden n.º 26488, de 13 de octubre de 1989 (B.O.E. de 10 de noviembre de 1989), determina los métodos de caracterización de los residuos tóxicos y peligrosos en función de diferentes ensayos de inflamabilidad, corrosividad, toxicidad del residuo y de sus lixiviados, etc. Esta Orden establece también los criterios de evaluación-clasificación según los resultados obtenidos.

Cuadro n.º 2. Sustancias que pueden dar carácter tóxico a un residuo según el R.D. 833/1988.

RESIDUOS QUE TIENEN COMO CONSTITUYENTES:

- El berilio, compuesto de berilio.
- Los compuestos de cromo hexavalente.
- Los compuestos solubles en cobre.
- El arsénico, compuestos de arsénico.
- El selenio, compuestos de selenio.
- El cadmio, compuestos de cadmio.
- El antimonio, compuestos de antimonio.
- El telurio, compuestos de telurio.
- El mercurio, compuestos de mercurio.
- El talio, compuestos de talio.
- El plomo, compuestos de plomo.
- Los cianuros inorgánicos.
- Las soluciones ácidas y los ácidos en forma sólida.
- Las soluciones básicas o las bases en forma sólida.
- El amianto (polvos y fibras).
- Los carbonilos metálicos.
- Los peróxidos.
- Los cloratos.
- Los percloratos.
- Los nitruros.
- Los PCB y/o PTC.
- Los compuestos farmacéuticos y veterinarios.
- Plaguicidas y otros biocidas.
- Los isocianatos.
- Los cianuros orgánicos.
- Los fenoles, compuestos fenólicos.
- Los disolventes halogenados.
- Los disolventes orgánicos no halogenados.
- Los compuestos organohalogenados, con exclusión de las materias polimerizadas inertes y otras sustancias que figuran en este cuadro.
- Los compuestos aromáticos, los compuestos orgánicos policíclicos y heterocíclicos.
- Los éteres.
- Todo producto de la familia de los dibenzofuranos policlorados.
- Todo producto de la familia de las dibenzo-para-dioxinas policloradas.
- Los productos a base de alquitrán procedentes de operaciones de refinado y los residuos alquitranados procedentes de operaciones de destilación.
- Los aceites usados minerales o sintéticos, incluyendo las mezclas agua-caliente y las emulsiones.
- Las sustancias químicas de laboratorio no identificables y/o nuevas cuyos efectos sobre el medio ambiente no sean conocidos.

Cuadro n.º 3. Residuos inertes generados en la C.A.P.V.

(Tm/año)

TIPOS DE RESIDUOS	ARABA	GIPUZKOA	BIZKAIA	C.A.P.V.
Arenas de moldeo	31.000	83.000	103.000	217.000
Sólidos y fangos con metales (escorias)	120.000	320.000	450.000	890.000
Polvos de acerías	14.500	27.300	3.600	45.400
Cascarilla	14.300	36.900	14.300	65.500
Refractarios	5.000	6.900	3.400	15.300
Escombros de construcción	200.000	500.000	900.000	1.600.000
Cenizas	—	93.300	—	93.300
Otros	2.000	65.000	200.000	267.000
TOTAL	386.800	1.132.400	1.674.300	3.193.500

1.2. Generación de residuos

1.2.1. En Euskadi

El capítulo de «Residuos» del «Resumen del Estado Actual del Medio Ambiente en Euskadi» (1), publicado por el Gobierno Vasco en 1986, ofrece una síntesis de los resultados obtenidos en diferentes estudios e inventarios. Un resumen de los principales datos se presenta en los cuadros n.ºs 3 y 4. Existen estudios posteriores sobre sectores parciales (industria galvánica) (2 y 3), abarcando partes del territorio de la C.A.P.V.

1.2.2. En España

El Plan Nacional de Residuos Industriales (4), recientemente aparecido y que desarrolla la Ley 20/1986, de 14 de

mayo, «Ley Básica de Residuos Tóxicos y Peligrosos», hace una estimación de la generación de residuos tóxicos y peligrosos por Comunidades Autónomas y para la totalidad del Territorio Nacional que se reproduce en el cuadro n.º5.

Según este estudio, en España se producen actualmente una cantidad del orden de 1.700.000 Tm/año de residuos tóxicos y peligrosos, de los que la C.A.P.V. participaría con 263.000 Tm/año. No se conocen datos industriales no catalogados como tóxicos y peligrosos en España.

Según el Ministerio de Medio Ambiente Francés (5), en 1982 se generaron, en Francia, más de 50 millones de Tm de residuos industriales, de los cuales 2 millones correspondieron a residuos tóxicos y peligrosos.

Según el informe «La C.E.E. y la Protección del Medio Ambiente» (6), la Comunidad Europea produce anualmente más de 2.000 millones de Tm/año de residuos, el 80 % de los cuales es reutilizable o reciclable en forma de materias primas y/o energía.

(1) Gobierno Vasco (1986). Departamento de Política Territorial y Transportes. «Resumen del estado actual del medio ambiente en EUSKADI». Vitoria.

(2) Diputación Foral de Guipúzcoa (1987). «Evaluación de los baños concentrados agotados y de las cargas contaminantes de los efluentes continuos de la Industria Galvánica». San Sebastián.

(3) Sasa (Soluciones Ambientales, S.A.) (1986). «Estudio Inventario de Residuos Industriales de las Empresas clasificadas en el C.A.E. en el apartado 313 de Vizcaya». Bilbao.

(4) M.O.P.U. (1990). «Plan Nacional de Residuos Industriales». Madrid.

(5) Ministère de l'environnement (1982). «Guide pour l'élimination et la valorisation des déchets industriels». Paris.

(6) A.P.D. (1990). «La Gestión Medio Ambiental». Bilbao.

Cuadro n.º 4. Residuos potencialmente tóxicos generados en la C.A.P.V.

(Tm/año)

TIPOS DE RESIDUOS	ARABA	GIPUZKOA	BIZKAIA	C.A.P.V.
Compuestos de metales pesados	3.662	32.468	2.213	38.343
Acidos y alcalis	26.707	8.951.558	41.737	9.020.002
Residuos de cianuros	43	176	113	332
Residuos de Cr+6	1.459	3.126	3.502	8.087
Residuos de aceites y grasas	2.637	10.254	12.475	25.366
Biocidas y productos farmacéuticos	—	31	—	31
Compuestos orgánicos no halogenados	2.947	12.014	6.714	21.675
Compuestos orgánicos halogenados	542	921	1.246	2.709
Otros	992	1.244	3.055	5.291
TOTAL	39.989	9.011.792	71.055	9.121.836

Cuadro n.º 5. Cuantificación de Residuos Tóxicos (RT) y Peligrosos (P) por CC.AA. según el Plan Nacional

(Tm/año)

CCAA.	INCINERACIÓN	TRATAMIENTO FÍSICO-QUÍMICO	DEPOSITO SEGURIDAD	TOTAL
ANDALUCÍA	17.000	40.000	110.000	167.650
ARAGÓN	13.500	25.250	59.900	98.650
ASTURIAS	3.300	11.000	56.000	70.300
BALEARES	1.500	2.500	15.000	19.000
CANARIAS	4.950	3.350	18.550	26.850
CANTABRIA	3.500	6.800	12.000	22.300
CASTILLA-LA MANCHA	5.250	10.300	20.200	35.750
CASILLA Y LEÓN	21.000	22.350	72.800	116.150
CATALUÑA	75.000	98.000	285.000	458.000
EXTREMADURA	1.150	9.050	12.500	22.700
GALICIA	8.150	7.350	28.350	43.850
MADRID	26.000	57.000	65.000	148.000
MURCIA	3.000	6.000	8.500	17.500
NAVARRA	10.000	10.000	9.000	29.000
PAÍS VASCO	30.000	156.000	77.000	263.000
LA RIOJA	7.200	2.150	4.400	13.750
VALENCIA	15.850	20.750	119.350	155.950
TOTAL	246.350	487.850	974.200	1.708.400

2. RECUPERACIÓN DE RESIDUOS: PRESENTE Y ESFUERZO DE INVESTIGACIÓN

2.1. Técnicas de eliminación de residuos

Las líneas habituales de actuación sobre los residuos industriales son: *incineración, vertido controlado y tratamiento físico-químico* (7).

La gestión de residuos industriales parte de una correcta caracterización de los mismos. Es decir, previamente se necesita conocer los datos físico-químicos y químicos del residuo para evaluar su inflamabilidad, riesgo de explosión, presencia de elementos contaminantes, riesgo de su solubilización, posibilidad de corrosión, etc. Se debe conocer también el origen del residuo, es decir, el proceso industrial que lo generó y la toma de muestras debe ser representativa.

Las sustancias tóxicas a evaluar serían fundamentalmente: cromo total, plomo, cinc, níquel, cadmio, cobre, cianuros libres y totales, fenoles, cloruros, nitratos, amonio, fluoruros, sulfuros, detergentes, PCB'S, pesticidas, compuestos organoclorados, entre otros.

Las condiciones de recogida, transporte y almacenamiento, son problemas importantes cualquiera que sea el tratamiento posterior. En la mayoría de los casos es deseable determinar cierto número de parámetros adicionales como: Consistencia y Viscosidad, Agresividad, Conductividad, Envejecimiento y Polimerización, Compatibilidad de mezclado con otros productos, Homogeneidad, Tensión de vapor, Toxicidad, Propiedades bacteriológicas, etc.

Si se desea explorar la posibilidad de *una incineración* del residuo, conviene conocer datos de: poder calorífico, contenido de agua y punto de ignición, en cuanto afectan directamente al rendimiento de la operación. Pero hay otros que pueden perjudicar a los equipos de incineración como: presencia de álcalis, metales pesados, halógenos y azufre.

Otro aspecto a tener muy en cuenta es la potencial contaminación atmosférica que se puede crear en el proceso de

incineración, a este respecto conviene analizar la presencia en las emisiones de: polvos metálicos, gases tóxicos (CO, HCN, halógenos, ácidos halogenados, SO₂, etc.), etc.

Si se pretende evaluar la posibilidad de *vertido controlado* de un determinado residuo a un vertedero, es preciso en primer lugar analizar los posibles riesgos que pudieran crearse. La decisión ha de tomarse después de un minucioso análisis cuyos pasos más significativos podrían ser:

- Examen físico de la muestra del residuo para detectar el número de fases presentes y su naturaleza y proporción, color, olor, tanto por ciento de humedad, etc.
- Análisis físico-químico (inflamabilidad...), químico (contenido en metales, fenol, cianuro..., características en cuanto a reactividad con otros residuos o materiales de vertedero...) y toxicológico del residuo.
- Ensayo de lixiviación (8) del residuo y análisis químico y ecotoxicológico del lixiviado obtenido.

Finalmente, y de acuerdo con la información proporcionada por las pruebas y análisis a que se ha sometido el residuo, se procede a su vertido o bien se rechaza éste de acuerdo con la legislación al respecto.

Algunos tipos de residuos precisan, antes de su eliminación un *tratamiento físico-químico* previo como neutralización, eliminación de cianuros, eliminación de cromo VI, precipitación de metales, intercambio iónico, deshidratación y filtración.

- La neutralización consiste en ajustar el pH de la solución añadiendo un ácido o base, según las condiciones iniciales del residuo. Si además éste contiene sustancias orgánicas es necesario un tratamiento complementario. La neutralización por acidificación no es posible en el caso de residuos cianurados por el problema añadido que resultaría al desprenderse ácido cianhídrico.
- La eliminación de cianuros se puede efectuar oxidándolos para obtener cianatos mediante cloración alcalina

(7) Murat, M. (1981). «Valorisation des déchets et des sous-produits industriels». Ed. Masson. París.

(8) La lixiviación es el proceso de extracción de un constituyente soluble de un sólido mediante un disolvente.

con hipoclorito sódico, pudiéndose también hacer un tratamiento a base de permanganatos, peróxidos, ozonización, etc.

- El Cromo VI muy tóxico, se puede transformar en Cromo III menos tóxico y factible de precipitar como hidróxido mediante bisulfito sódico, anhídrido sulfuroso o sulfato ferroso.
- Los metales presentes en soluciones ácidas o alcalinas precipitan por ajuste del pH, lo cual puede realizarse por adición de sosa o cal, dando hidróxidos insolubles.
- El intercambio iónico no es un proceso especialmente usado de eliminación de sustancias tóxicas, sin embargo, su fijación sobre resinas permite concentrar la producción de un pequeño volumen de residuos para un más cómodo almacenamiento y posterior tratamiento.
- La deshidratación es un proceso a veces necesario cuando se trata de manejar fangos y barros de gran volumen que resultan del proceso.

Hecho este breve repaso de la problemática que plantean las distintas formas de eliminación de residuos vamos a incidir en un punto que creemos del mayor interés desde el punto de vista del mantenimiento de la calidad del medio ambiente, que es la valorización y recuperación de residuos.

2.2. Recuperación y valorización de residuos

2.2.1. Características generales

Cuando es posible a un costo razonable, siempre es preferible la recuperación de un residuo a su eliminación.

Existen dos modos de valorización: valorización energética y recuperación de elementos a partir de un residuo.

La valorización energética consiste normalmente en el empleo del residuo como combustible de sustitución, o bien en la recuperación de calor de una unidad de incineración. La concepción de los equipos recuperadores de calor debe estudiarse en función de las características físico-químicas de los residuos.

La energía producida puede ser utilizada para calentamiento o generación de vapor de proceso, o bien ser utilizada

en diversas operaciones de planta, como el secado u otros.

La recuperación de elementos de un residuo de cara a un reciclaje de los mismos, implica normalmente ciertas transformaciones del residuo, que pasa a ser considerado como una materia prima secundaria.

Un gran número de residuos industriales no son recuperados debido a su naturaleza heterogénea o a la ausencia de tecnologías utilizables con un costo económicamente aceptable. A veces es un problema de falta de información sobre una determinada técnica de valorización existente, lo que hace que ciertos residuos no sean recuperados cuando existe viabilidad técnico-económica cierta.

Se utilizan técnicas de separación o extracción que no son específicas del campo de recuperación de residuos, pero que son habitualmente empleadas en otros procesos industriales. Su elección y adaptación a la valorización de residuos depende no sólo de la naturaleza físico-química de éstos, sino también de la calidad del producto que se desea recuperar.

En algunos casos, las técnicas clásicas como: decantación, floculación, filtración, centrifugación, etc., son suficientes; pero en otros, se precisan técnicas más complejas, algunas de las cuales ya muy conocidas son: absorción, ultrafiltración, osmosis inversa, electrodiálisis, intercambio iónico, etc. (9).

Toda empresa, grande o pequeña, que genere residuos puede y debe plantearse la recuperación y valorización de los mismos. El responsable de este tema debe plantearse: cuales son las características del residuo y de los elementos que contiene, cuáles pueden ser mejor valorizadas, cuáles son las salidas para el residuo recuperado, qué características se desean para el producto final, qué técnica de valorización se puede utilizar, cuál es la rentabilidad económica en comparación con otras posibles alternativas.

El industrial que no puede reciclar el residuo por sí mismo, debe informarse de las posibilidades de valoración en otra empresa o sector industrial diferente; debe preguntarse: a quién puede servir

(9) Noyes Data Corporation (1978). «Unit Operations for Treatment of Hazardous Industrial Wastes». New Jersey. U.S.A.

el residuo, qué sector industrial puede utilizarlo, si existe alguna empresa del mencionado sector en el entorno, etc.

2.2.2. *Algunas líneas posibles de valorización de residuos*

Existen actualmente formas de recuperación de metales presentes en pequeñas cantidades en los residuos, tal es el caso de la recuperación del cobre de residuos con menos del 10 % de cobre, recuperación del titanio y cobalto presentes en ciertas aleaciones, o la recuperación de metales no férricos a partir de lodos y escorias metálicas.

En las empresas del sector galvanizado, importantes por el volumen de producción en la C.A.P.V., la recuperación de algunos baños agotados podría ser de interés económico y de beneficiosa repercusión en el medio ambiente.

Los metales pueden recuperarse por electrólisis del baño usado (como es el caso del Cu), o bien por desplazamiento químico y recristalización de sales (caso del níquel). También se pueden aplicar técnicas de membrana (electrodialisis, osmosis inversa, etc.). De las aguas de enjuague débilmente concentradas pueden extraerse el Cu, Ag, Cd y Zn.

Otro grupo importante de residuos lo constituyen aquéllos que contienen disolventes. Estos pueden recuperarse prácticamente sin excepción siempre que las impurezas no lleguen al 30 % del residuo. Las líneas de actuación pueden ser procesos de destilación fraccionada.

Finalmente, mencionaremos los aceites industriales, cuyos residuos se pueden clasificar en dos grupos: aceites «claros» procedentes de transformadores, turbinas, circuitos hidráulicos, etc., y aceites «negros» procedentes de motores, de temple, laminado, etc.

El vertido indiscriminado de aceites usados engendra una contaminación importante por sus efectos tóxicos sobre la fauna y flora al impedir la correcta oxigenación del agua. Su utilización como combustibles es igualmente perjudicial por la emisión de sustancias nocivas como el plomo.

El MOPU (4) evalúa el consumo de aceite mineral en España, referido a estimaciones de 1989 en más de 320.000 Tm/año, de las cuales se recogen actualmente unas 38.500 Tm/año como

aceite usado.

La regeneración de aceites requiere medios industriales importantes y debe ser confiada a empresas especializadas, imponiéndose por tanto un tratamiento centralizado.

Sin embargo, el proceso de recogida y regeneración de aceites no es una operación económicamente rentable frente a los aceites de primera destilación, lo cual implica que su gestión debe estar subvencionada (4).

2.3. **El esfuerzo en investigación. Programas C.E.E.**

La C.E.E. (10), consciente de la importancia que tiene impulsar y coordinar la investigación entre los países miembros, creó para el período 1984-1987, el primer Programa Marco, dotado con 3.700 millones de ecus. El segundo Programa Marco comprende el período 1987-1991 y ha sido dotado con 5.396 millones de ecus; a éste nos referiremos en cuanto a que es el que actualmente está en vigor. Hay un tercer Programa Marco para el período 1990-1994, que comentaremos brevemente al final del presente capítulo.

El Programa 1987-1991 incluye ocho ámbitos de actuación: calidad de vida, sociedad de la información, modernización de los sectores industriales, explotación y aprovechamiento de los recursos biológicos, energía, ciencia y tecnología al servicio del desarrollo, recursos marinos y cooperación científica y técnica europea.

Respecto de las líneas de investigación y desarrollo (I + D) dentro del campo concreto de recuperación de residuos industriales, el Programa Marco lo incluye en los capítulos: primero (medio ambiente), tercero (materias primas y reciclado) y quinto (almacenamiento y gestión de residuos radiactivos).

Dentro del capítulo *de Medio Ambiente*, las líneas (I + D) se orientan principalmente a proporcionar una base científica para la puesta en marcha de la política de medio ambiente en la Comunidad, aportando los conocimientos necesarios a corto y medio plazo para su

(10) Consejo Superior de Cámaras Oficiales de Comercio, Industria y Navegación de España (1989). «Los Programas (I+D) de Investigación y Desarrollo de la C.E.E.». Madrid.

realización. El programa está dotado con 55 millones de ecus y los campos prioritarios de actuación son los efectos de los materiales contaminantes sobre la salud, los efectos ecológicos de los materiales contaminantes, la evaluación de los productos químicos, la calidad del aire, la calidad del agua, la calidad de los suelos, la investigación sobre el ruido, la investigación sobre ecosistemas, la investigación sobre residuos, la reducción de la contaminación y los fundamentos científicos de la legislación en materia de medio ambiente y de gestión.

El programa de I + D en el sector de las *materias primas y reciclado* comprende el período 1990-1992, está dotado con un presupuesto de 45 millones de ecus, y el principal objetivo es contribuir a mejorar la posición competitiva en el mercado mundial de las industrias comunitarias relacionadas con las materias primas y el reciclado.

Dentro de este programa se incluyen dos capítulos relativos a residuos industriales: *reciclado de metales no férricos y de uso estratégico, y reciclado de residuos*.

El primero de ellos, dotado con 5,3 millones de ecus, abarca seis temas concretos: caracterización y clasificación de los materiales secundarios, separación y concentración física, procesos pirometalúrgicos avanzados, técnicas de refinado e instrumentación y control de los procesos.

El segundo, dotado con 9,7 millones de ecus, incluye: toma de muestras, análisis y clasificación de los residuos, técnicas de reciclado y producción de energía a partir de los residuos.

El programa relativo a *almacenamiento y gestión de residuos radiactivos* va destinado al tratamiento y acondicionamiento de los residuos nucleares, a la comprobación de la calidad de los envases y a la demostración de las opciones de eliminación a largo plazo de residuos en formaciones geológicas; está dotado con 79,6 millones de ecus para el período 1990-1994. Los objetivos van dirigidos a preparar un sistema completo de gestión de residuos radiactivos que garantice la seguridad de la población y la protección del medio ambiente en todas las fases de la gestión y particularmente en la fase final de evacuación. Las prioridades son la reducción de la cantidad de residuos y la emisión al medio ambiente,

desarrollando procedimientos para el confinamiento de los mismos, viabilidad de la *evacuación geológica profunda*, estudios de seguridad, etc.

Existen otros programas de I+D específicos en el ámbito de la C.E.E., como los del Centro Común de Investigaciones (C.C.I.) o los programas EUREKA, SPRINT, COMETT II, ERASMUS, etc.

Los programas C.C.I. incluyen los ámbitos de actuación: calidad de vida y modernización de sectores industriales y energía. Dentro del ámbito de *Calidad de vida* figuran programas sobre *medio ambiente* dotados con 146 millones de ecus, que incluyen las líneas de: protección del medio ambiente (77 millones de ecus), aplicación de técnicas de teledetección (36,5 millones de ecus) y riesgos industriales (32,5 millones de ecus).

En el ámbito de *la Energía* aparece un capítulo de gestión de residuos radiactivos dotado con 48,5 millones de ecus.

El programa EUREKA, cuyo objetivo es incrementar la competitividad de las empresas, se extiende actualmente a 19 países europeos, siendo los de la C.E.E. miembros de pleno derecho. Los proyectos que aspiren a una financiación comunitaria han de cumplir ciertos requisitos: referirse no sólo a investigación, sino a productos acabados, deben incluir al menos dos países europeos, debe comunicarse a los coordinadores nacionales para evaluar el proyecto y su intervención financiera. Actualmente existen más de 500 empresas o centros de investigación que participan en el programa con 207 proyectos, de los cuales 11 se refieren específicamente a temas de medio ambiente.

No comentaremos otros programas como SPRINT, COMETT, ERASMUS, etc., porque su temática no se ajusta a los objetivos del capítulo que nos ocupa.

El tercer programa Marco (1990-1994) incluye las áreas siguientes: tecnologías de la difusión, gestión de recursos naturales y gestión de recursos intelectuales.

La inversión global del programa es de 7.700 millones de ecus. Dentro del área de gestión de recursos naturales figura un capítulo dedicado al medio ambiente, dotado con 700 millones de ecus, que abarca programas sobre: cambios

globales del clima, *tecnologías e ingeniería del medio ambiente*, grandes proyectos integrados de inversión e investigación sobre aspectos económicos y sociales.

3. RESIDUOS TÓXICOS Y PELIGROSOS (RT Y P). PLAN NACIONAL

La Ley 20/1986, de 14 de mayo, «Ley Básica de Residuos Tóxicos y Peligrosos», constituye el punto de partida legal, al cual es obligado referirse al tratar el tema que nos ocupa. Dicha ley recoge ya directrices al respecto de la C.E.E. (Directiva de 20-3-1978, 78/519). En esta ley aparecen claramente indicadas normas especiales sobre recogida, transporte, tratamiento, almacenamiento y destino final de los denominados «residuos tóxicos y peligrosos».

Según la citada ley, se entiende por residuos tóxicos y peligrosos (RT y P), los materiales sólidos, pastosos, líquidos, así como los gaseosos contenidos en recipientes que, siendo el resultado de un proceso de producción, transformación, utilización o consumo, su producto se destine al abandono y contengan en su composición alguna de las sustancias y materias que la Ley referida recoge en su anexo, donde aparecen 29 tipos de sustancias objeto de esta calificación.

El Real Decreto 833/1988, de 20 de julio, donde aparece el Reglamento para el desarrollo de la Ley 20/1986, clasifica los residuos tóxicos atendiendo a diversos criterios, y en cuanto a los tipos

de sustancias a incluir extiende los 29 tipos mencionados en la Ley a 36 (cuadro n.º 2).

Finalmente, la Orden n.º 26488, de 13 de octubre de 1989, determina los métodos de caracterización de los residuos tóxicos y peligrosos, y la Orden n.º 5276, de 28 de febrero de 1989, regula la gestión de aceites usados.

En 1989 el M.O.P.U. publica el denominado Plan Nacional de Residuos Industriales según lo previsto en el artículo undécimo de la Ley 20/1986. En su preámbulo se reconoce implícitamente la dificultad de cuantificar la generación actual de RT y P y su evolución en el tiempo. El Plan evalúa y cuantifica las necesidades de actuación en este ámbito, contempla diversas alternativas de tratamiento y plantea objetivos, instrumentos y órganos de actuación; establece procedimientos de recogida y se valoran económicamente las actuaciones y su programación en función del tiempo.

3.1. Problemas y objetivos

En el Plan de RT y P se reconoce que la procedencia de los RT y P es muy diversa, afectando a los sectores industriales, al sector asistencial (hospitales, clínicas, ...) e incluso se pueden detectar en algún tipo de residuos urbanos, con una cuantificación anual en torno a 1.700.000 Tm y más de 35.000 empresas involucradas.

En cuanto a la distribución de los residuos generados, el Plan de RT y P

Cuadro n.º 6. **Cuantificación de las necesidades de gestión de residuos, según el Plan Nacional de RT y P**

(Tm/año)

	INCINERACIÓN	TRATAMIENTO FÍSICO-QUÍMICO	DEPOSITO SEGURIDAD
TOTAL INVENTARIADO	246.350	487.850	974.200
ADECUADAMENTE GESTIONADOS «IN SITU»	5.500	11.200	20.000
NECESIDADES PARTICULARES DE GESTIÓN	27.200	41.000	103.000
OFERTA GESTIÓN EXISTENTE	625	126.200	48.000
DEMANDA DE SERVICIOS DE RT Y P	127.000	185.000	482.000

Cuadro n.º 7. Costes de inversión y mantenimiento para plantas de tratamiento centralizado, según el Plan Nacional de RT y P

Sistema de tratamiento	CAPACIDAD (Tm/año)	INVERSIÓN (millones ptas.)	MANTENIMIENTO (Ptas./Tm)
INCINERACIÓN	30.000	3.270	25.000
TRAT. FISICO-QUIMICO	40.000	490	5.000
DEPOSITO SEGURIDAD			
TIPO A	40.000	600	6.500-7.500
TIPO B	40.000	385	4.900

aporta datos por Comunidades Autónomas; un resumen que indica la cuantía de residuos generada anualmente por Comunidades Autónomas, aparece en el cuadro n.º 5.

El Plan de RT y P cifra en un 60 % de los residuos generados, como objetivo razonable de residuos a tratar en el próximo quinquenio, de acuerdo con planes análogos de otros países europeos. En el cuadro n.º 6 se muestra la cuantificación de las necesidades de gestión de residuos que establece el plan, en donde aparecen las tres líneas habituales de tratamiento; incineración, tratamiento físico-químico y depósito de seguridad, mencionadas ya en el apartado 2.1.

Un tema de suma importancia es el referido a los costes de inversión y mantenimiento de instalaciones centralizadas de tratamiento de residuos. El Plan de RT y P hace unas estimaciones del coste de inversión en función de la capacidad de tratamiento de las plantas, y de los costes de mantenimiento por tonelada tratada. En el cuadro n.º 7 reproducimos estos datos, si bien habrán de tomarse como valores meramente estimativos, como el propio Plan reconoce, sobre todo los referidos a costos de explotación o mantenimiento, donde influyen notablemente las características del residuo y el porcentaje de utilización de la planta medido sobre su capacidad nominal.

El Plan Nacional RTy P pretende, de acuerdo con la Ley básica de RT y P «racionalizar, coordinar y optimizar la gestión de este tipo de residuos»,

fomentando la «recuperación de la energía y materias primas contenidas en los RT y P, la transformación de los mismos en inocuos y el desarrollo de nuevas tecnologías tanto de eliminación como de procesos poco generadores de residuos».

En este sentido, el Plan apuesta por el desarrollo y utilización de «tecnologías limpias» en los procesos productivos al objeto de eliminar o reducir al mínimo la generación de residuos, anunciando la creación de un «servicio de gestión de RT y P», de iniciativa pública, privada o mixta.

3.2. Instrumentos del Plan

Se concretan en nueve programas de actuación para atender los objetivos previstos.

1. *Programa de inversiones en Infraestructura de Servicios de gestión de RT y P.* Con unos objetivos para 1993 concretados en una capacidad en plantas de incineración de 100.000 y 200.000 Tm/año en plantas de tratamiento físico-químico. Adicionalmente se contempla la construcción de depósitos de seguridad para almacenar 450.000 Tm/año.
2. *Programa de Fomento de Tratamiento «IN-SITU» y actividades de recuperación.* Destinado a aquellas empresas generadoras de residuos que opten por gestionarlas ellas mismas. Incluye un catálogo de actividades posibles objeto de este programa, como son: recuperación de disolventes, resinas de cambio

- iónico, ácidos y bases, metales y sus compuestos, productos descontaminantes, residuos de catalizadores, entre otras.
3. *Programa de fomento de tecnologías limpias.* Dirigido a la modificación de procesos productivos con la finalidad de reducir o eliminar la generación de residuos, bien sea elaborando productos alternativos, o modificando el proceso de obtención del producto en el sentido de producir menos cantidad de residuos.
 4. *Programa de fomento al desarrollo de planes de investigación.* Contempla todos los proyectos I + D con objetivos similares a los expuestos en el Plan y que pueden surgir a iniciativa de: empresas generadoras de residuos, empresas gestoras de residuos, empresas de ingeniería, bienes de equipo u otros.
 5. *Programa de Promoción, Información y Publicidad.*
 6. *Programa de Identificación, Control y Recuperación de Espacios afectados por RT y P.* Encaminado a la detección, caracterización y saneamiento de espacios naturales afectados por vertidos de RT y P incontrolados; las medidas a establecer tenderían al aislamiento, mejora, clausura y sellado de áreas, traslados de residuos, inertización, etc.
 7. *Programa de Inversiones en la Estructura de los «Centros de Recogida».* El Plan Nacional de RT y P contempla la acción de una red de «Centros de Recogida» cuya finalidad es acercar físicamente el productor y el gestor de residuos. La financiación de este programa corresponderá a las CC.AA. y Entes Locales.
 8. *Programa de reutilización de aceites usados.* Dado que la regeneración de aceites no es hoy una operación económicamente rentable frente a los aceites de primera utilización, el Plan apuesta por otras soluciones como la incineración, solución que aunque parece arriesgada en cuanto que la mayoría de los aceites usados contienen metales (como el plomo) que se liberarían con los gases de

combustión pasando a la contaminación en este caso de la atmósfera. En este apartado, las subvenciones propuestas por el Plan se calcularían a partir del coste de los servicios no cubiertos basados en costes medios.

9. *Programa de Eliminación de PCB_s y PCT_s.* Los policlorobifenilos y policloroterfenilos que se utilizan en combinación con el triclorobenceno en la refrigeración de transformadores eléctricos, son sustancias poco degradables que se acumulan en los organismos vivos.

El Plan estima en 12.000 Tm el stock actual de PCB'S en los transformadores españoles y considera que el proceso a seguir con este tipo de residuos es la incineración controlando los subproductos en orden a evitar posibles contaminantes (dioxinas). Creemos que la aplicación de nuevas tecnologías para eliminación de residuos podría resultar ventajosa desde el punto de vista medio ambiental. En este caso, por ejemplo, se podría aplicar la técnica de Plasma Térmico (11) que aporta mejores resultados que las técnicas convencionales.

Los programas esbozados en el Plan, se concretarán mediante: inversiones directas de la Administración Central en instalaciones, equipos y servicios; inversiones de las CC.AA. y Entes Locales acogidos al sistema de incentivos e inversiones de la iniciativa privada acogida a sistemas de incentivos.

La incentivar a empresas se prevé bajo la forma de subvenciones o por sistemas de coparticipación. Las subvenciones, tienen según el plan un tope de 15 % neto sobre la inversión aprobada (equivalente a un 25 % bruto).

La participación del Estado en la titularidad de empresas de gestión de RT y P se justifica por el apoyo financiero técnico y económico que inicialmente podrían precisar.

En cuanto a las instalaciones asumidas directamente por las CC.AA., el estado aportará el 30 % en la construcción.

(11) Bernal, F.S. (1990). «El Plasma Térmico: una alternativa eficaz a los procedimientos convencionales para eliminación de PCB'S». Medio Ambiente RETEMA (enero-febrero), pp. 9-11.

3.3. Valoración económica

Los nueve programas de actuación concretos brevemente enunciados en el apartado anterior van acompañados de la correspondiente valoración económica. En el cuadro n.º 8 se aportan datos sobre la inversión prevista para el período 1989-1993, así como la parte de esta inversión procedente de los Presupuestos Generales del Estado (P.G.E.). La inversión total prevista para este período es de 62.104 millones de pesetas, y las

aportaciones de los P.G.E. serán de 22.694 millones de pesetas.

En cuanto a la C.A.P.V., la inversión prevista para el período 1989-1993 estaría en torno a los 8.000 millones de pesetas, según los convenios del Plan Nacional que se comenta. Este dato se ha deducido teniendo en cuenta el volumen de residuos generados en Euskadi, respecto del volumen correspondiente al total del Estado (cuadro n.º 5) y las correspondientes valoraciones económicas (cuadro n.º 8).

Cuadro n.º 8. Valoración económica de los programas de actuación, según el Plan Nacional de RT y P

Programa	CAPACIDAD EN 1993 (1.000 Tm/año)	INVERSIÓN PREVISTA (1989-1993) (millones ptas.)	APORTACIONES DE LOS P.G.E. (millones ptas.)
1. INCINERACIÓN TRAT. FÍSICO-QUÍMICO DEP. SEGURIDAD	100 200 440	9.810 2.264 5.500	6.390
2. TRATAMIENTO «IN SITU» RECUPERACIÓN	175	4.000	1.000
3. FOMENTO DE TÉCNICAS LIMPIAS	250	26.000	6.500
4. I + D	—	No cuantificado	—
5. PROMOCIÓN, INFORMACIÓN, PUBLICIDAD	—	1.500	1.500
6. IDENTIFICACIÓN, CONTROL Y RECUPERACIÓN DE ESPACIOS CONTAMINADOS	—	2.500 (A) 2.500	2.500
7. CENTROS DE RECOGIDA	510	3.230	—
8. ACEITES USADOS	90-100	4.800	4.800
9. ELIMINACIÓN DE PCB'S	—	A realizar en las instalaciones previstas en programas anteriores	—

Notas: A: Inversión CC.AA.
P.G.E.: Presupuestos Generales del Estado.