

PROGRAMA FSE - EOI

**MANUAL PARA EL DIAGNOSTICO DE LA
GESTION MEDIOAMBIENTAL DE
AYUNTAMIENTOS**

**MANUALES Y METODOLOGIAS
MEDIOAMBIENTALES**

II

**ESCUELA DE ORGANIZACION INDUSTRIAL
M A D R I D**

1995

4.	CALIDAD DEL AIRE Y CONTROL DE RUIDOS	70
4.1	Competencias municipales sobre contaminación atmosférica. Legislación aplicable	71
4.2	Tipología de contaminantes atmosféricos y problemas actuales del municipio relacionados con la calidad del aire	73
4.3	Legislación sobre emisiones e inmisiones a la atmósfera	78
4.4	Mecanismos de control de la contaminación atmosférica	82
5.	CONTROL MEDIOAMBIENTAL DE LAS INDUSTRIAS	87
5.1	Competencias municipales sobre actividades clasificadas	88
5.2	Gestión de la concesión de permisos y licencias de establecimiento	88
5.3	Abastecimiento del agua en la industria	89
5.4	Control de vertidos a la red de saneamiento	90
5.5	Vertidos industriales a la red de saneamiento	93
5.6	Control de emisiones a la atmósfera	96
5.7	Mecanismos de sanción	98
6.	MEDIOAMBIENTE Y EL CIUDADANO	99
6.1	Actitud de la sociedad española ante los temas medioambientales	100
6.2	Campañas de mentalización ciudadana	101
6.3	Guía práctica de conducta	101

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 2.1:	Generación estimada de RSU per cápita, y crecimiento anual en %.	16
Tabla 2.2:	Datos medios de los RSU.	16
Tabla 2.3:	Composición nacional de los RSU (% en peso).	17
Tabla 2.4:	Datos globales de la composición de RSU (% en peso).	17
Tabla 2.5:	Sistemas de tratamiento y eliminación de RSU en España (1993).	21
Tabla 2.6:	Clasificación por selectividad de los RSU (% en peso).	23
Tabla 2.7:	Criterios de selección de los sistemas de tratamiento de RSU.	32
Tabla 2.8:	Inversiones necesarias para la recogida y limpieza de residuos (precios unitarios correspondientes a 1992).	37
Tabla 2.9:	Costes de tratamiento e inversiones estimadas según sistema de tratamiento (cifras correspondientes a 1992).	38
Tabla 3.1:	Plazos de implantación para el tratamiento de las aguas residuales urbanas, según el Plan Nacional de Depuración.	42
Tabla 3.2:	Dotación de abastecimiento en función del número de habitantes equivalentes.	43
Tabla 3.3:	Consumos urbanos en litros/hab-eq.día según usos.	44
Tabla 3.4:	Demanda biológica de oxígeno y sólidos en suspensión totales en función del tipo de población.	44
Tabla 3.5:	Caudales medios generados en actividades diversas.	45
Tabla 3.6:	Composición típica de las aguas residuales urbanas.	46
Tabla 3.7:	Número de personas empleadas en una EDAR de tipo fangos activos en función de su capacidad de tratamiento (Fuente: Estimating Staffing for municipal wastewater facilities, EPA).	48
Tabla 3.8:	Reparto de los costes de explotación en % de una EDAR en función de su tamaño.	50
Tabla 3.9:	Costes de explotación de una EDAR según la línea de tratamiento.	52

Tabla 3.10: Métodos de tratamiento recomendados para el aprovechamiento de aguas residuales.	56
Tabla 3.11: Carga contaminante en España.	63
Tabla 3.12: Rango de toxicidad de algunas sustancias minerales y orgánicas en depuración biológica aerobia.	65
Tabla 3.13: Concentraciones máximas instantáneas de contaminantes permisibles en las descargas de vertidos no domésticos.	67
Tabla 4.1: Reparto de competencias en la protección del ambiente atmosférico.	72
Tabla 4.2: Origen de los principales contaminantes en el medio urbano.	75
Tabla 4.3: Factores de emisión de vehículos (gr/km). Pauta de conducción urbana.	75
Tabla 4.4: Factores de emisión de calefacciones (gr/Mkcal).	76
Tabla 4.5: Disposiciones legales que regulan en nuestro país las emisiones e inmisiones de contaminantes atmosféricos.	78
Tabla 4.6: Valores de referencia para la declaración de situación de emergencia.	79
Tabla 4.7: Límites de ruido en ambientes exteriores fijados en la Ordenanza Municipal de Madrid.	80
Tabla 4.8: Niveles máximos en el interior de edificios, según el "Modelo de Ordenanza municipal de protección ambiental" del MOPTMA.	80
Tabla 4.9: Valores límite de emisión de ruido (Leq dB (A)) previstos en el futuro Real Decreto.	81
Tabla 5.1: Datos indicativos de consumo de agua en la industria.	89
Tabla 6.1: Medidas adoptadas para proteger el medio ambiente.	100

1. PLANIFICACIÓN DE LA POLÍTICA MEDIOAMBIENTAL MUNICIPAL

1. PLANIFICACIÓN DE LA POLÍTICA MEDIOAMBIENTAL MUNICIPAL

1.1 Plan de política medioambiental municipal

El traspaso de competencias en el área de Medio Ambiente a los Ayuntamientos hace necesario el establecimiento de una política medioambiental a nivel municipal que le permita fijar los objetivos, definir las tareas y asignar los medios necesarios para llevar con eficacia sus funciones medioambientales. Dicha política medioambiental dependerá de las necesidades reales de cada municipio y deberá permitir optimizar al máximo sus recursos humanos y materiales.

La planificación de la política medioambiental municipal pretende, por una parte, aunar los objetivos municipales desde el punto de vista de administración pública y, por otra, permitir conocer las posibilidades reales de actuación de la estructura municipal. Lo más importante es la eficacia, la cuál depende del establecimiento de objetivos viables traducidos a acciones concretas y operacionales.

Por todo ello, en la elaboración del programa para el establecimiento de un Plan de Política Medioambiental Municipal (PPMM) deben determinarse:

- Una **POLÍTICA ESTRATÉGICA**: Se debe conocer la política deseable del municipio en el área del medio ambiente.
- Una **POLÍTICA OPERACIONAL**: El municipio debe poseer o poder crear los medios técnicos y humanos para llevar a cabo sus actuaciones medioambientales.
- Un **MARCO INSTITUCIONAL**. El plan debe encajar en la estructura organizativa del municipio.

El establecimiento de un PPMM en un Ayuntamiento le ayudaría, entre otros aspectos, a:

- Conocer la legislación que les afecta.
- Conocer todos los aspectos de la problemática medioambiental del municipio.
- Establecer prioridades.
- Definir sus estrategias de actuación.
- Instrumentar los medios necesarios.
- Aplicar normas y conceder permisos.
- Aplicar y argumentar de cara a la población impuestos medioambientales.

El proyecto para la elaboración de un PPMM consta de cuatro fases:

1. Inventario de problemas y necesidades.
2. Establecimiento del marco de actuación. Verificación del mismo.
3. Elaboración de alternativas.
4. Toma de decisiones.

A continuación se describe el contenido de cada una de las fases.

Inventario de problemas y necesidades

La mayoría de los ayuntamientos no conocen el alcance de sus responsabilidades ambientales:

- molestias por ruido, seguridad, olor, aguas residuales, residuos, contaminación atmosférica por industrias,
- gestión de aguas residuales y RSU,
- protección del entorno ecológico y paisajista

Consecuentemente desconocen en profundidad la causa de dichos problemas ambientales:

- industrias,
- su propia población,
- inversores,
- administraciones superiores (construcción de carreteras, líneas de alta tensión, represas y demás infraestructuras grandes que pueden atravesar el término municipal)

Y por tanto, no pueden identificar sus necesidades en relación con:

- acciones que se deben acometer,
- infraestructuras necesarias,
- inversiones,
- ingresos,
- necesidades de personal.

Caso de que conozcan en toda su amplitud lo anteriormente expuesto, les parece una montaña sin cima y no saben donde empezar a derribarla ni cómo hacerlo.

El inventario, pues, constará de una detallada relación de todos los aspectos medioambientales que afectan a un municipio:

- las responsabilidades de ayuntamientos en temas ambientales
- los problemas más frecuentes que afrontan los ayuntamientos
- las herramientas (técnicas y humanas) que deben poseer los ayuntamientos

Como RESULTADO DE ESTA PRIMERA FASE se obtendrá:

- *Un conocimiento de las funciones municipales en el área medioambiental.*
- *Un conocimiento de la capacidad de ejecución de las tareas medioambientales.*
- *Un conocimiento de las "ambiciones medioambientales". Establecimiento de directrices y funciones de la política estratégica.*

Establecimiento y verificación del marco de actuación

En esta segunda Fase, se estructurará la información obtenida en el inventario, creando un marco de actuación y definiendo en profundidad las diferentes áreas de actuación. Esta fase se compone de dos actividades principales:

- El establecimiento del marco de actuación. Para ello, se analizará toda la información y se elaborará el plan de actuación
- La verificación del mismo, mediante contactos con los interesados para contrastar los resultados y conocer donde ven ellos los puntos críticos.

Establecimiento del marco de actuación

El marco de actuación cubre todos los aspectos del funcionamiento de la administración local en el campo medioambiental. Ello puede concretarse en las siguiente áreas:

- **Area administrativa**
 - Actual política medioambiental.
 - Política de prioridades medioambientales.
 - Problemáticas específicas.
 - Relación con otros organismos de la Administración (Autonómica y Central).
 - Definición de la nueva política.
 - Cuantificación y cualificación del personal necesario para llevar a cabo la política medioambiental del ayuntamiento.
 - Trabajos que se pueden subcontratar.
- **Definición de competencias (coordinación entre servicios)**
 - Coordinación de la política medioambiental con otros campos relevantes de la política municipal.
 - Situación del desarrollo de la política medioambiental.
- **Contactos con "grupos afectados" (ciudadanos, industrias, empresas de servicios municipales, otras Administraciones, etc.)**
- **Puntos fuertes y débiles de la actual ejecución de las funciones municipales en materia de medio ambiente.**
- **Traducción al área medioambiental de aspectos tales como: organización, funciones, prioridades, aproximación integral.**
- **Elaboración de un plan de ejecución definiendo las actividades medioambientales en cantidad y calidad**
 - **Areas de actividad:**
 - * Residuos Sólidos Urbanos, ruido, suelos, atmósfera, suministro de agua y depuración de aguas residuales, seguridad, etc.
 - **Otras areas relevantes:**
 - * Planificación territorial
 - * Construcción y vivienda
 - * Naturaleza y paisajismo

- Política medioambiental en relación con las industrias.
 - Conservación y mantenimiento
 - Educación e información
 - Cooperación intermunicipal
 - Consecuencias económicas: programas de inversión, costes-ingresos, fuentes de financiación.
- Comparación de este nuevo plan con el plan de ejecución actual
 - Elaboración de un marco de actuación:
 - Formulación de las líneas maestras de la política ambiental
 - Formulación de líneas de actuación, metas a alcanzar con el tiempo.
 - Formulación de los "cuellos de botella" que pueden surgir con la actual organización.

Como RESULTADO DE LA PRIMERA PARTE DE LA SEGUNDA FASE se obtendrá:

Un Plan de Actuación.

Verificación del Plan de Actuación

Una vez elaborado el Plan de Actuación, se presentará a diferentes organismos, para recoger sus comentarios y sugerencias. Sin duda, surgirán observaciones, objeciones, críticas, etc. que tratadas de forma constructiva contribuirán a enriquecer y mejorar la operatividad PPMM.

Como RESULTADO DE LA SEGUNDA PARTE DE LA SEGUNDA FASE se obtendrán:

Diferentes alternativas respecto al Plan de Actuación.

Elaboración de alternativas

En esta Fase se estudiarán las alternativas al Plan, formulado en la segunda Fase, para evaluar sus consecuencias en cuestiones relacionadas con:

- La facilidad para ser incorporado en la estructura organizativa de un municipio.
- La demanda de conocimientos técnicos (ambientales) exigidos a los funcionarios de un municipio.
- La aceptación del mismo (consecuencias políticas, aceptación por parte de las industrias, la población y los funcionarios del ayuntamiento).
- Costes.
- La política medioambiental municipal debe estar en concordancia con los objetivos de la política nacional y autonómica medioambiental.
- Se debe considerar la gestión medioambiental municipal aplicando criterios de rentabilidad empresarial. Ello quiere decir, por ejemplo, que no se deben crear servicios permanentes si resulta más rentable subcontratarlos externamente, o que hay que estudiar la política de ingresos en relación con los gastos derivados, determinando tasas, cánones, costes de concesión de licencias, etc.

Como RESULTADO DE LA TERCERA FASE se obtendrán:

Las consecuencias que sobre las actividades, organización y aspectos económicos tendrá el Plan de Política Medioambiental Municipal y las tareas que se deriven del mismo.

Toma de decisiones

El manual del PPMM, junto con el informe de evaluación de las alternativas formará la base para la toma de decisiones por parte de la administración.

Concretamente debe definirse el Plan de Política Medioambiental Municipal, incluyendo el Plan de ejecución de las tareas derivadas del mismo, a:

- Corto plazo. Acciones concretas
- Medio plazo. Directrices
- Largo plazo. Revisión de la Política.

También se tomarán decisiones respecto a la organización necesaria.

1.2 Financiación de servicios medioambientales

Autofinanciación: tarifas

Los servicios de suministro de agua, saneamiento y recogida de basuras se financian típicamente con tarifas. Aunque se trata de servicios con fuertes externalidades por su incidencia en la salud y otros intereses públicos, hay una tendencia general a permitir su financiación con tasas o percepciones asociadas a su uso, que adoptan formas jurídico-tributarias muy diversas.

La utilización de tarifas se suele enjuiciar favorablemente desde el punto de vista de la eficiencia, puesto que restringe la demanda evitando el despilfarro. Evidentemente, la percepción de un precio por el agua asociado a la medida del consumo evita su derroche. Frecuentemente la estructura de las tarifas de estos servicios están asociadas a características de las viviendas o locales de negocios (especialmente alcantarillado y basura), por lo que se correlacionan con el impuesto sobre los bienes inmuebles.

En general, la cobertura de los costes tiende a favorecerse con la creación de entes de gestión con personalidad jurídica propia (sean organismos autónomos o sociedades mercantiles) puesto que han de presentar unos estados financieros equilibrados. Incluso, en los supuestos en que la gestión se realiza por concesionarios privados, éstos no suelen realizar las grandes inversiones en infraestructura que o bien son asumidas por el municipio con subvenciones diversas o bien por urbanizadores privados. Por todo ello, las tarifas de los servicios de agua y saneamiento difícilmente suponen la plena cobertura de los costes. En la recogida de basuras se alcanzan porcentajes más próximos a los costes, quizás porque la determinación de éstos sea menos convencional. En un análisis realizado por el Banco de Crédito Local se pone de relieve como la tasa por suministro de agua viene a representar casi 1/3 de las tasas percibidas por dichos municipios, la tasa de alcantarillado algo menos de 1/10, y la recogida de basuras 1/4. Los tres representan los 2/3 de las tasas y el 14% de los ingresos corrientes de los municipios. Cabe decir que las cuotas per cápita de los municipios varían apreciablemente de unos a otros, especialmente la tasa de suministro de agua.

Subvenciones

Las subvenciones para abastecimiento de agua, saneamiento, etc., ha constituido uno de los mecanismos tradicionales de financiación de estas infraestructuras de servicios locales. Junto a las comunidades autónomas y el estado (éste indirectamente a través de subvenciones gestionadas por las CC.AA. y significativamente del Fondo de Compensación Interterritorial o subvenciones a corporaciones) se añaden ahora los fondos comunitarios (FEDER) como tercera instancia subvencionadora.

Créditos

Una gran parte de los servicios aquí contemplados, especialmente los de abastecimiento de agua y saneamiento, son intensivos en capital. Las inversiones en tales infraestructuras tienen una larga vida económica, que tanto si se recuperan a través de tasas o precios como a través de impuestos han de ser financiados a través del crédito. Las corporaciones locales pueden acceder a cualquier forma de crédito o intermediario financiero, pero particularmente cuenta con el crédito oficial español y con los fondos de la CEE a través del BEI.

El Banco de Crédito Local (BCL) financia la mayor parte de los proyectos de servicios medioambientales de las corporaciones locales, no sólo por su calidad de principal suministrador de crédito sino también por las características de sus operaciones, especialmente por sus largos plazos de amortización y menores tasas de interés.

Las corporaciones pueden asimismo obtener fondos del BEI bien directamente por sí, bien a través de instituciones financieras intermedias. El BCL ha venido funcionando como intermediario financiero en préstamos globales que luego distribuye a las corporaciones locales. En buena parte se han destinado precisamente a proyectos de abastecimiento de agua y saneamiento.

1.3 Modelos de gestión: gestión directa, gestión indirecta y empresas mixtas

Los aspectos sectoriales a tener en cuenta son los siguientes:

- Abastecimiento de agua potable y saneamiento.
- Limpieza pública, recogida de residuos y eliminación o aprovechamiento.
- Ordenación urbana, parques y jardines.
- Circulación y transportes (servicios urbanos).
- Protección atmosférica, ruido y vibraciones.
- Educación ambiental y participación ciudadana.
- Actividades molestas, insalubres, nocivas y peligrosas.

La Ley de Bases de Régimen Local establece en su capítulo II y en el artículo 85, la competencia y la forma de operar de los servicios locales, estableciendo la gestión directa e indirecta:

- **Gestión directa:**
 - Gestión por la propia entidad local.
 - Organismo autónomo local.
 - Sociedad mercantil, cuyo capital social pertenezca íntegramente a la entidad local.
- **Gestión indirecta:**
 - Concesión.
 - Gestión interesada.
 - Concierto.
 - Arrendamiento.
 - Sociedad mercantil y cooperativas legalmente constituidas cuyo capital social sólo parcialmente pertenezca a la entidad local.
 - Consorcios.

Sin embargo, en este momento se está viviendo con gran interés la creación de asociaciones voluntarias de los municipios o Mancomunidades que ejercen en común algunos servicios públicos por normas de operatividad y economía.

Las Mancomunidades tienen personalidad y capacidad jurídica para el cumplimiento de sus fines específicos y se rigen por sus estatutos propios. Los estatutos han de regular el ámbito territorial de la entidad, su objeto y competencia, órganos de gobierno y recursos, plazo de duración y cuantos extremos sean necesarios para su funcionamiento, debiendo contener al menos:

- Los municipios que comprende.
- El lugar donde radican sus órganos de gobierno y administración.
- El número y forma de designación de los representantes de los Ayuntamientos que han de integrar los órganos de gobierno de la mancomunidad.
- Los fines de la misma.
- Los recursos económicos:
- El plazo de vigencia.
- El procedimiento para modificar los estatutos.
- Las causas de disolución.

1.4 Modelo de ordenanza municipal de protección medioambiental

A continuación se muestra los diversos capítulos que compondrían una completa ordenanza municipal de protección ambiental, la cual está completamente recopilada con los textos completos de cada artículo en la publicación del mismo nombre del MOPTMA. Cada Ayuntamiento en particular debería seleccionar los capítulos y artículos que se ajusten a sus necesidades de acuerdo con sus características socio-económicas y medioambientales.

- TITULO I: NORMAS GENERALES.
- TITULO II: NORMAS PARTICULARES RELATIVAS A LA PROTECCION DE LA ATMÓSFERA FRENTE A LA CONTAMINACIÓN POR FORMAS DE LA MATERIA.

- Capítulo 1: Disposiciones generales
- Capítulo 2: Niveles de inmisión y declaración de zona de atmósfera contaminada.
- Capítulo 3: Contaminación atmosférica de origen residencial.
 - Sección 1: Instalaciones de combustión.
 - Sección 2: Combustibles.
 - Sección 3: Gases de combustión.
 - Sección 4: Dispositivos de control y evacuación.
- Capítulo 4: Contaminación atmosférica de origen industrial.
 - Sección 1: Licencias.
 - Sección 2: Gases de salida.
 - Sección 3: Dispositivos de control.
- Capítulo 5: Actividades varias.
 - Sección 1: Garajes, talleres y otros.
 - Sección 2: Otras actividades.
 - Sección 3: Acondicionamiento de locales.
- Capítulo 6: Olores.
- Capítulo 7: Contaminación atmosférica producida por vehículos de motor.
- Capítulo 8: Infracciones.

- TITULO III: NORMAS PARTICULARES RELATIVAS A LA PROTECCION DE LA ATMÓSFERA FRENTE A LA CONTAMINACIÓN POR FORMAS DE ENERGÍA.

- Capítulo 1: Disposiciones generales.
- Capítulo 2: Niveles de ruido admisible en el medio urbano.
 - Sección 1: Criterios generales de prevención.
 - Sección 2: Niveles máximos en el medio exterior.
 - Sección 3: Niveles máximos en el medio interior.

Capítulo 3: Criterios de prevención específica.

Sección 1: Condiciones acústicas en edificios.

Sección 2: Ruido de vehículos.

Sección 3: Comportamiento de los ciudadanos en la vía pública y en la convivencia diaria.

Sección 4: Trabajos en la vía pública que produzcan ruidos.

Sección 5: Máquinas y aparatos susceptibles de producir ruidos y vibraciones.

Sección 6: Sistemas de alarma.

Sección 7: Condiciones de instalación y apertura de actividades.

Capítulo 4: Medición de ruidos y límites de nivel.

Capítulo 5: Vibraciones.

Capítulo 6: Infracciones.

■ **TITULO IV: NORMAS PARTICULARES RELATIVAS A LAS AGUAS RESIDUALES.**

Capítulo 1: Objetivos y ámbito de aplicación.

Capítulo 2: Regulación de los vertidos.

Capítulo 3: Control de la contaminación en el origen.

Capítulo 4: Autorización de vertidos.

Capítulo 5: Limitaciones a los vertidos.

Capítulo 6: Muestreo y análisis.

Capítulo 7: Inspección.

Capítulo 8: Régimen disciplinario.

■ **Título V: NORMAS PARTICULARES RELATIVAS A RESIDUOS SÓLIDOS URBANOS.**

Capítulo 1: Gestión de los residuos sólidos urbanos.

Sección 1: Disposiciones generales.

Sección 2: Responsabilidad.

Sección 3: Tratamiento de residuos por particulares.

Capítulo 2: Clasificación de los residuos.

Capítulo 3: Residuos domiciliarios.

Sección 1: Disposiciones generales.

Sección 2: Contenedores de basura.

Sección 3: Horario de prestación de los servicios.

Capítulo 4: Residuos sanitarios.

Capítulo 5: Residuos industriales.

Sección 1: Disposiciones generales.

Sección 2: Servicios municipales.

Capítulo 6: Residuos especiales.

Sección 1: Disposiciones generales.

Sección 2: Alimentos y productos caducados.

Sección 3: Vehículos abandonados.

Sección 4: Animales muertos.

Capítulo 7: Otros residuos.

Sección 1: Disposiciones generales.

Sección 2: Restes de la jardinería.

Sección 3: Tierras y escombros.

Capítulo 8: Recogida selectiva de residuos.

Capítulo 9: Instalaciones fijas para recogida de residuos.

Capítulo 10: Infracciones.

- **Título VI: NORMAS PARTICULARES RELATIVAS A LA PROTECCION DE ESPACIOS NATURALES, PARQUES, JARDINES, ARBOLADO URBANO Y LIMPIEZA DE LA VÍA PUBLICA.**

Capítulo 1: Espacios naturales.

Sección 1: Normas generales.

Sección 2: Planes, áreas recreativas.

Sección 3: Incendios.

Sección 4: Riberas y zonas de montaña.

Sección 5: Litoral y costas.

Capítulo 2: Parques, jardines y arbolado urbano.

Sección 1: Normas generales.

Sección 2: Conservación de ejemplares vegetales.

Sección 3: Obras públicas y protección del arbolado.

Sección 4: Vehículos en zonas verdes.

Capítulo 3: Limpieza de la vía pública.

Sección 1: Normas generales.

Sección 2: Organización de la limpieza.

Sección 3: Prohibiciones.

Sección 4: Obligaciones.

Sección 5: Publicidad.

Sección 6: Limpieza y conservación del mobiliario urbano.

Capítulo 4: Tipificación de infracciones.

- **TÍTULO VII: PROTECCION DE ANIMALES Y REGULACION DE SU TENENCIA.**

Capítulo 1: Normas generales.

Capítulo 2: Condiciones sanitarias.

Capítulo 3: Agresión a personas.

Capítulo 4: Abandonos.

Capítulo 5: Establecimientos de cría, guarda y venta de animales.

Capítulo 6: Especies no autóctonas.

Capítulo 7: Instalaciones avícolas, hípicas y ganaderas.

Capítulo 8: Instalaciones zoológicas.

Capítulo 9: Veterinarios.

Capítulo 10: Infracciones.

- **TÍTULO VIII: RÉGIMEN SANCIONADOR.**

Capítulo 1: Disposiciones generales.

Capítulo 2: Medidas cautelares y reparadoras.

Capítulo 3: Sanciones.

2. GESTIÓN Y TRATAMIENTO DE RESIDUOS SÓLIDOS URBANOS

2.1 Competencias de los ayuntamientos en materia de RSU. Legislación aplicable

La Ley Reguladora de las Bases de Régimen Local (Ley 7/85) ha establecido con respecto a los RSU unos servicios mínimos que deben ser prestados por las autoridades locales, como son:

- En todos los municipios: recogida de RSU, limpieza viaria, imposición de multas y sanciones, autorización de vertederos.
- En municipios mayores de 5.000 habitantes: tratamiento de RSU.

La Ley 42/75 sobre Recogida y Tratamiento de RSU recoge las actividades que potencialmente pueden generar RSU, determinando el régimen de propiedad sobre los mismos para poder fijar sus derechos y obligaciones. En cuanto a las autorizaciones, define dos tipos básicos, la primera regula las operaciones necesarias para la formación de un depósito o vertedero que deberá instalarse en todo caso según técnicas modernas de vertido controlado, pudiendo ser la autorización permanente, temporal o eventual. El segundo tipo de autorización está relacionado con los aspectos jurídicos que concurren en el aprovechamiento industrial de los residuos, estableciéndose un derecho preferente al mismo en favor de los propietarios. La Ley prevé, asimismo, la concesión de beneficios fiscales y ayudas económicas a las actividades contempladas, y el fomento de la creación de mancomunidades municipales para la recogida de residuos.

El RD 1163/86, que modifica la Ley 42/75, prevé la realización de Planes Directores de gestión de residuos por las CC.AA. El objetivo de dichos planes es:

- La mancomunización de municipios para la gestión global de los residuos, concentrando en centros de tratamiento conjunto su eliminación.
- La aplicación de las tecnologías más adecuadas para el tratamiento o eliminación de los residuos.
- La articulación de programas de inversión.

En cuanto a las CC.AA., la totalidad de ellas han desarrollado, y renuevan anualmente órdenes en que se disponen medios presupuestarios para ayuda a la constitución de mancomunidades y a la gestión de los residuos que las mismas deben llevar a cabo. Es importante para las entidades locales obtener y utilizar esta información, renovada cada año.

Asimismo, algunas CC.AA. han desarrollado ya sus Planes Directores de gestión de residuos (como por ejemplo Galicia, La Rioja, Cantabria, Madrid, etc.), y otras tienen planes supramunicipales aunque no abarquen todo el territorio de la comunidad autónoma.

2.2 Tipología y problemática de los diferentes tipos de residuos generados en el municipio

Las actividades que lleva a cabo el hombre dentro de los procesos de producción y consumo generan una serie de desechos a los que no se atribuyen valor económico alguno y que se denominan residuos.

La Ley 42/75, sobre desechos y residuos sólidos urbanos (RSU), define como tales, los producidos por las siguientes actividades:

- Domiciliarios: restos de comida, escorias de calefacciones domésticas, papel y cartón, vidrio, voluminosos, y otros.
- Comerciales y de servicios: papel, cartón y vidrio.
- Sanitarios en hospitales, clínicas y ambulatorios.
- Limpieza viaria, zonas verdes y recreativas: ramas y hojarasca.
- Abandono de animales muertos, muebles, enseres y vehículos.
- Industriales, agrícolas, de construcción y obras menores de reparación de obras domiciliarias.
- En general, todos aquellos residuos cuya recogida, transporte y almacenamiento o eliminación corresponda a los Ayuntamientos, de acuerdo con lo establecido expresamente en la Ley de Régimen Local y demás disposiciones vigentes.

Según el informe "Medio Ambiente en España", en el año 1993 se han producido en España algo más de 14 millones de toneladas de residuos domésticos (algo más del 4% del total de residuos generados en nuestro país), lo cual equivale a una media de generación de 0,992 kg/hab/día. Los problemas con los que se enfrentan los ayuntamientos en materia de RSU son los siguientes:

- La producción, en volumen y peso, y la composición de los RSU están directamente ligadas con el nivel de vida y los hábitos de consumo. Estos son diferentes en los núcleos rurales (0,4-0,5 kg/hab.día) y en las zonas urbanas (0,8-1,5 kg/hab.día), y dentro de estas, también diferentes, según el tipo de población, puesto que no es lo mismo una ciudad fundamentalmente industrial que una ciudad turística o una localidad agrícola y ganadera.

En general, la producción de RSU por habitante aumenta exponencialmente con el incremento del nivel de vida (barrios urbanos de menor nivel de vida: 0,8 kg/hab.día; barrios urbanos residenciales: 1,5 kg/hab.día). Además, cuanto más alto es el nivel de vida menos peso tienen los residuos orgánicos en la basura y más los envases, plásticos y papel.

- La época del año es otro factor importante que incide tanto en la composición de los residuos como en su volumen. En invierno se generan del orden de 15-20% menos residuos que en verano, y en la época estival crece la proporción de materia orgánica (y por tanto de humedad, que puede llegar al 70%).
- La generalización de la segunda residencia hace que durante los fines de semana se reduzca la cantidad de residuos en el domicilio habitual, que se incrementa de forma notable en los municipios receptores, dificultando su recogida y tratamiento.

2.3 Datos técnicos relacionados con los residuos sólidos urbanos (RSU) generados en España

Generación de RSU

En la siguiente tabla se muestra la distribución de la generación de RSU per cápita, estimada según el número de habitantes de los núcleos de población, además del crecimiento anual de la producción de RSU por habitante basado en datos históricos, considerando tanto el aumento del nivel de vida como el crecimiento de la población:

Tabla 2.1: Generación estimada de RSU per cápita, y crecimiento anual en %.

Tamaño de la población	Generación de RSU, kg/hab/día	Incremento
> 1.000.000 habitantes	1,00	6
100.000 - 1.000.000 habitantes	0,75	6,5
20.000 - 100.000 habitantes	0,65	5,0
< 20.000 habitantes	0,55	4,0

En la actualidad, y como media, en España el habitante de las grandes ciudades produce algo más de 1 kg. de basura urbana al día, mientras que en los pequeños municipios esta proporción desciende entre 0,4 y 0,6 kg. por habitante y día, ya que en el caso de zonas rurales la materia orgánica es absorbida en parte por los animales domésticos y en parte por el mismo medio. La estacionalidad trae como consecuencia que se produzcan más residuos en verano que en invierno, del orden de un 15%. Hay otros parámetros a tener en cuenta en los factores de producción de RSU, que apenas tienen importancia para el monto total, como son las zonas de veraneo y las de segunda residencia, pero si en cuanto a su distribución estacional o de fin de semana.

Datos medios de los RSU

En la siguiente tabla se muestra en que orden de magnitud están algunas de las características de los RSU.

Tabla 2.2: Datos medios de los RSU.

	Media	Variación
Producción	0,7	0,4 - 1 kg/hab/día
Densidad de RSU sin comprimir	0,18	0,15 - 0,25 tm/m ³
Humedad media de RSU sin comprimir	45%	40% - 80% en peso
PCI	1.000	800 - 1.800 kcal/kg

Composición de los RSU

La composición media de los RSU generados en España, de acuerdo con estudios realizados, se indicará en la siguiente tabla, expresando cada componente en porcentajes en peso.

Tabla 2.3: Composición nacional de los RSU (% en peso).

Componentes		Media	Variaciones
MATERIA INERTE	Metales	4	2,5 - 4,5
	Vidrio	7	4,5 - 9
	Tierras y Cenizas	3	1 - 6
	Otros	1	0,5 - 4
	Total	15 (2% humedad)	
MATERIA FERMENTABLE	Materia orgánica	50 (35% humedad)	40 - 65
MATERIA COMBUSTIBLE	Papel	13	8 - 16
	Cartón	9	4 - 12
	Plástico	9	6 - 16
	Madera	2	1 - 2,5
	Textiles	1	0,5 - 2
	Gomas y cueros	1	0,5 - 2
	Total	35 (8% humedad)	

Tabla 2.4: Datos globales de la composición de RSU (% en peso).

Componentes	Media	Variación
Inertes	15	10 - 20
Combustible (25-35% de materia orgánica y 20-35% de materia combustible)	60	45 - 70
Humedad	25	20 - 50

2.4 Evaluación de los sistemas de recogida general y transporte

Presentación de los RSU

Determina la forma y el procedimiento en que son depositados los residuos en la vía pública. Esta puede ser realizada de varias formas:

- En bolsas y paquetes
- En contenedores de gran capacidad
- En contenedores pequeños
- En cubos privados

Es fundamental la definición del tipo de presentación, ya que de ello depende el sistema de recogida, el personal para realizarlo, etc.

En poblaciones pequeñas, la tendencia es a hacer la presentación en bolsas de plástico, paquetes o cubos privados. En poblaciones intermedias y ciudades dormitorio se tiende al uso de contenedores de gran capacidad (entre 700 y 1.000 litros), situados estratégicamente. En poblaciones grandes se tiende al uso de contenedores específicos para cada portal.

En nuestro país, debido a su clima básicamente mediterráneo, no se pueden tener almacenados los RSU más de 24 horas ya que de lo contrario se produciría una rápida descomposición de los mismos, con las consiguientes molestias por malos olores, mosquitos, etc. Como consecuencia de lo anterior, en la mayoría de nuestras poblaciones se realiza una recogida de RSU diaria, por lo que la capacidad requerida de los contenedores es menor que si se realizara más espaciada. Incluso, los contenedores pueden tener menores requerimientos en cuanto a las especificaciones sobre su estructura (rigidez, resistencia, etc.).

En general, se utilizan contenedores de plástico, de polietileno de alta densidad o de polipropileno, ya que tienen mejores características que los metálicos (menor generación de ruido durante su descarga, de fácil limpieza, ligeros, etc.). Así mismo, se suelen utilizar contenedores provistos de ruedas para facilitar su movimiento y reducir los períodos de tiempo de descarga. Los contenedores con ruedas para uso doméstico suelen tener capacidades estandarizadas: 120, 240 y 360 litros. Los contenedores de RSU para bloques de edificios, oficinas, hospitales, tiendas, etc., son de mayor capacidad que los domésticos, variando entre 1.100 y 2.500 litros.

Recogida de RSU

Se realiza mediante vehículos de carga apropiados al efecto. Estos pueden ser:

- De caja abierta
- De compactación (prensa o rotativos)

Existen pequeñas poblaciones en las que se recogen los RSU mediante vehículos no específicamente diseñados para ello, pequeños camiones, Tractores, dumpers, etc., e incluso carros de tracción animal.

La recogida en las localidades medianas y pequeñas se debe realizar siguiendo itinerarios previamente estudiados que optimicen la capacidad del vehículo y el tiempo de trabajo del personal. Para ello se tienen en cuenta los siguientes criterios:

- Distancias e itinerario a seguir
- Presentación de los RSU
- Número de operarios
- Capacidad del vehículo de recogida
- Días de recogida por semana
- Tiempos muertos

La recogida puede ser realizada por un mismo equipo en varios municipios de pocos habitantes a fin de conseguir la optimización de los medios disponibles.

A la hora de realizar la elección más adecuada del vehículo de recogida, además del tamaño, es importante tener en cuenta los siguientes requisitos técnicos:

- Índice de ruidos del camión inferior a 70 dB, incluso en el momento de comprimir las basuras,
- que la carga sea continua, aún con el vehículo rodando, con funcionamiento constante del sistema de compresión de 2-3 ciclos por minuto,
- la anchura de la caja del camión no puede exceder a la de la cabina,
- sistema hidráulico o mecánico para el mantenimiento,
- no se admitirá que sea necesario pasar de las 1.000 rpm del motor para el funcionamiento del sistema de compresión,
- mínima altura del borde de la tolva,
- estribos plegables y cómodos, así como asideros para los peones,
- máxima estanqueidad,
- que se pueda montar aparato elevacontenedores.

Transporte

El transporte supone el traslado de los RSU recolectados a los centros de tratamiento, y puede ser:

- Directo
- Mediante estación de transferencia
- Mediante contenedores intermedios de transferencia

El transporte directo es generalmente realizado por los vehículos de recogida cuando la distancia desde la ciudad al centro de tratamiento es inferior a 10-15 kilómetros, o cuando la cantidad a transportar es pequeña.

Los otros dos métodos se hacen cuando las distancias a los centros de tratamiento o vertederos exceden los 15-20 kilómetros, ya que con distancias menores no son rentables.

Si son grandes cantidades se utilizan estaciones fijas de compactación automatizadas. Si son pequeñas las cantidades a transportar, se utilizan contenedores sin compactación o con compactación.

2.5 Sistemas de recogida selectiva y de tratamiento y eliminación de los RSU

Los RSU constituyen por su proceso biológico de degradación un punto negro en la contaminación del medio ambiente.

Entre los sistemas de recogida y tratamiento de RSU desarrollados a escala industrial y aceptados a nivel mundial destacan como más viables los siguientes:

- Selección en origen
- Recuperación-reciclaje
- Compostaje (fermentación lenta o acelerada)
- Incineración con o sin recuperación de energía
- Vertido controlado con o sin trituración

La elección del sistema más adecuado a cada caso concreto estará en función de un conjunto de restricciones impositivas que determinan su viabilidad. Los parámetros que definen la elección deben ser:

- Cantidades de RSU generadas y características
- Disponibilidad de terrenos
- Elección del emplazamiento idóneo en función de criterios técnicos, medioambientales y económicos
- Distancias de transporte y/o transferencia
- Mercado de subproductos y/o energía
- Impacto ambiental
- Criterios económicos
- Respuesta social
- Inversión y costes de explotación

Los aproximadamente 14 millones de toneladas de RSU que se generaron en 1993 en España, se distribuyeron según su sistema de tratamiento de acuerdo con la siguiente tabla.

Tabla 2.5: Sistemas de tratamiento y eliminación de RSU en España (1993).

Sistema de tratamiento	% de RSU tratado	Nº centros
Vertido incontrolado	29,89	-
Vertido controlado	54,72	118
Compostaje	10,94	24
Incineración:		
Con recuperación de energía	3,48	4
Sin recuperación de energía	0,97	14

A continuación se describen brevemente cada uno de los sistemas de tratamiento antes mencionados.

Selección en origen

A la selección en origen se le denomina comúnmente "recogida selectiva". El objetivo extremo de la separación en origen o recogida selectiva de los RSU previamente a su incorporación al ciclo de recogida normal de las basuras domésticas, es que no se mezclen los subproductos que conforman estos residuos, de forma que puedan reintegrarse al ciclo productivo con o sin transformación previa, al menor coste posible. Ello evitaría la contaminación de unos subproductos con otros, costes de separación, costes de limpieza y de depuración de efluentes, costes de transporte, etc., y sobre todo se podrían recuperar subproductos que hoy en día van al vertedero o son incinerados debido al alto coste que representa su recuperación.

Ejemplos de recogida selectiva son los siguientes:

■ Recogida de papel

De todos es conocido el clásico contenedor de gran volumen con laterales elevados para aumentar la capacidad donde se almacenan el papel y cartón recogidos sobre todo en edificios de comercios y oficinas. Esta recogida supone un importante valor inducido a la vez que favorece la recogida domiciliaria al reducir el volumen de ésta, creando una mano de obra directa y un beneficio adicional, considerando que una parte importante de la pasta de papel es importada.

Hoy en día, los Ayuntamientos de las ciudades más importantes sitúan contenedores para la recogida selectiva de papel y cartón.

■ Recogida de vidrio

Es también conocido el "iglú" que se puede ver en las calles de cada vez más ciudades, en donde se deposita el vidrio por los ciudadanos. El vidrio es junto con el papel el material de mayor tradición en el campo del reciclaje. La recogida selectiva de este material está implantada en España desde hace 12 años. El ratio actual en España de contenedores para recogida de vidrio doméstico es de uno por cada 2.000 habitantes.

La separación en origen de los RSU, que debe ir acompañada de la recuperación selectiva, se puede dividir en dos, según se realice por productos o por grupos de productos:

■ Por productos:

- Para valorización: vidrio, papel, botes de aluminio, etc.
- Para evitar contaminación: pilas, restos de pinturas, medicinas caducadas, etc.

■ **Por grupos de productos:**

- Un subgrupo: voluminosos, etc.
- Dos o más subgrupos: restos alimenticios y otros, etc.

La tendencia actual es separar lo orgánico de lo inorgánico quedando aún dos residuos que también requieren recogida selectiva, como son los residuos voluminosos ("monstruos") y los residuos peligrosos.

La recogida selectiva integrada supone la separación y almacenamiento en cada hogar (es decir, donde se generan en origen) y al mismo tiempo, de los productos a revalorizar. Por tanto, cada hogar contaría con los siguientes depósitos:

- Un cubo para papel.
- Un cubo para vidrio.
- Un cubo para la fracción orgánica.
- Un cubo para el resto de las fracciones revalorizables.
- Un depósito para residuos químicos.

Estas fracciones podrían ser recogidas por los propios ayuntamientos, o por empresas privadas, para lo cual existen diversas variantes:

- Recogida periódica a domicilio de papel, vidrio, fracción orgánica, etc.
- Contenedores situados estratégicamente en las calles: iglús para vidrio, papel, metales, residuos peligrosos como pilas, etc.
- Centros de recogida de productos reciclados.

En este sentido, la Directiva 94/62/CE relativa a los envases y residuos de envases (la cual será próximamente incorporada a la legislación nacional) exige que los países de la UE elaboren planes para controlar el destino del 50% de los envases y embalajes antes de cinco años. Para hacer frente a esta normativa se ha creado ASODECO (Asociación para el Desarrollo de Eco-envases España), integrada por fabricantes de materiales de envases, envasadores, distribuidores y empresas recicladoras. Todo parece indicar que ASODECO va a ser el órgano encargado de gestionar el sistema de financiación para la puesta en marcha de la Directiva.

Tabla 2.6: Clasificación por selectividad de los RSU (% en peso).

Componentes	Humedad	Densidad (tn/m ³)
Orgánicos	80 - 70	0,3
Inorgánicos	10	0,1
Voluminosos	5	-

Reciclado de residuos

Los métodos convencionales de tratamiento de RSU necesitan ser complementados por razones técnicas, económicas y ambientales. Dos son las causas principales:

- Encarecimiento progresivo de los costes de tratamiento, motivados fundamentalmente por las cada vez más estrictas exigencias para protección del medio ambiente.
- Pérdida de parte o la totalidad del valor potencial de los componentes contenidos en los residuos.

Estas motivaciones han dado lugar al reciclado que supone la reintroducción en el ciclo de consumo de materiales acabados o energía, intermedios o subproductos que se generan en el ciclo habitual de transformación de recursos naturales en bienes de consumo. En general, los objetivos-ventajas perseguidos son los siguientes:

- Desarrollo de una tecnología nueva o introducción de mejoras en las ya existentes, dirigida hacia la recuperación de materias primas o energía (conservación de recursos naturales) contenidas en los RSU.
- Minimización de los efectos contaminantes en agua, aire y suelo, resultantes del vertido o del tratamiento en condiciones no adecuadas. El principio de "lo que se recupera no contamina" es la base del desarrollo de este sistema de tratamiento.
- Provocar la reutilización de materiales y energía.
- Generar una infraestructura industrial y comercial, creadora de puestos de trabajo en el ámbito geográfico al que afecta la instalación.

Los RSU son sometidos a un conjunto de operaciones de clasificación selectiva (clasificaciones mecánicas, electromagnéticas, manuales, etc.) hasta conseguir la concentración total o parcial de los diferentes componentes que los constituyen. La elección de los productos a recuperar está en función del mercado potencial del entorno, con radios de acción dentro de límites económicos.

Por la mayor proporción en que se encuentra la materia orgánica, es el compost el que marca básicamente la viabilidad de este sistema. Su implantación depende, por tanto, del mercado potencial de este producto. El resto de componentes, plásticos, metales, vidrio, y papel y cartón, no ofrecen dificultades de venta, generalmente, aunque los precios son variables según su ubicación geográfica respecto al centro de recepción.

Se consideran dos variantes del reciclado:

- **Reciclado directo:** Supone el aprovechamiento directo de materiales recuperados sin sufrir alteraciones importantes en su estado físico, composición química o estado biológico. Ejemplos:
 - Utilización de metales recuperados.
 - Utilización de vidrio recuperado en la industria cristalera.
 - Utilización de papel y cartón recuperados para fabricar pasta de papel.
 - Utilización de plásticos recuperados.

- **Reciclado indirecto:** Supone el aprovechamiento de los materiales recuperados sometidos a una transformación, permitiendo su utilización en forma distinta a su original. Ejemplos:
 - Procesos que no implican cambios de estado físico: utilización de vidrio como material de relleno u otros materiales de construcción; utilización de papel recuperado y destinado a la fabricación de paneles aislantes para uso en construcción.

 - Procesos que implican cambios físicos y químicos: transformación de los residuos en abonos orgánicos, incineración con recuperación de calor, recuperación de materiales contenidos en las escorias de la incineración de residuos, procesos de biodegradación.

A la hora de tomar decisiones sobre la implantación de un proceso de reciclado de RSU hay que tener en consideración los siguientes criterios:

- Tipo de residuo y cantidad de residuos a tratar.
- Mercado para los subproductos a recuperar.
- Definición del proceso idóneo.
- Disponibilidad de terrenos y superficie necesaria.
- Respuesta social y creación de puestos de trabajo.
- Vertedero de rechazos.
- Inversiones.
- Ingresos.
- Costes de tratamiento.
- Valoración medioambiental.
- Balance de la explotación.

Compostaje

El compost se obtiene a través de la fermentación controlada (normalmente se realiza en presencia de aire) de la parte orgánica de los RSU, y su posterior afino para eliminar los materiales inertes y el residuo no fermentado. El producto resultante puede ser empleado como corrector de suelos y fertilizante. La fermentación puede ser:

- Por vía acelerada (digestores).
- Por vía lenta con aireación forzada.
- Por vía lenta con aireación natural y volteadoras.
- Por vía lenta con aireación natural y volteos con pala cargadora.

Las variables del proceso son la aireación, humedad, temperatura, pH y la relación C/N.

Las diferentes modalidades de los sistemas de compostaje son las siguientes:

- Compostaje al aire libre:
 - Pilas estáticas: con o sin aireación.
 - Pilas dinámicas: volteo mediante pala mecánica o rotopala.
- Compostaje en recintos cerrados:
 - Con aireación (y volteo): por inyección o succión de aire.
 - En reactores: horizontales o verticales.

Las características del compost obtenido varían en función de la composición del residuo del que se obtiene; su calidad depende del proceso y del grado de depuración de los materiales no fermentados en el compost.

En el caso de que el tratamiento que se realice a los RSU incluya un compostaje de la materia orgánica, una de las pruebas de que el proceso de compostaje es realizado óptimamente es que la calidad del compost final tenga los siguientes rangos:

- Granulometría: < 20 mm
- Humedad: < 40 %
- Materia orgánica: > 30 %
- Nitrógeno total: > 1 %
- P₂O₅: > 1 %
- K₂O: > 0,5 %
- Patógenos: ausentes
- Metales pesados: según legislación
- Relación C/N: 15 - 20

Entre los efectos positivos del compost sobre los suelos están:

- Suelta los suelos compactos y compacta los demasiado sueltos.
- Favorece el abonado químico al dificultar la percolación.
- Aumenta la capacidad de retención del agua por el suelo. Aporta elementos nutritivos en forma de humus.
- Aumenta el contenido de materia orgánica del suelo y activa los procesos bioquímicos que en él se desarrollan.

El aprovechamiento del compost tiene una importancia fundamental para nuestro país, por la deficiencia de materia orgánica casi generalizada de su suelo.

Incineración con o sin recuperación de energía

La incineración aplicada a los RSU es un proceso de combustión que transforma la fracción combustible de los residuos en productos gaseosos y un residuo sólido inerte (escorias y cenizas) de menor peso y volumen que el material original. La reducción en peso y volumen depende del contenido de la composición de los RSU, siendo importante el mayor contenido posible en materiales combustibles (compuestos orgánicos). En volumen esta disminución se sitúa en valores del 80-90%, y en peso del 70%.

Un proceso de incineración deberá contar con las siguientes fases:

- Control de pesaje y almacenamiento en fosa de recepción.
- Alimentación.
- Reducción térmica y extracción de cenizas y escorias.
- Refrigeración de gases, con y sin aprovechamiento de calor.
- Depuración de gases.
- Transporte y vertido controlado de escorias y cenizas.

La combustión de las basuras libera una cantidad de energía térmica que puede ser recuperada y utilizada para usos convencionales: alimentación a una red de calefacción, producción de electricidad, o suministro de vapor a la industria. La decisión de instalar los sistemas de recuperación depende de la capacidad de la instalación, poder calorífico inferior (PCI) de los RSU, y precio de comercialización de la energía. La experiencia muestra que la recuperación carece, en general, de interés en las incineradoras de RSU de capacidad inferior a las 50.000 tm/año, resulta problemática en plantas de capacidad media (50.000 a 120.000 tm/año), y que suele ser económicamente interesante cuando se tratan más de 120.000 tm/año.

Es conveniente apuntar el interés de que la incineración se realice como una etapa posterior a la recuperación-compostaje, y que se efectúe con recuperación de energía, por las siguientes ventajas:

- Recuperación de subproductos (vidrio, metal, plástico, papel-cartón, y compost).
- Mejora del PCI del residuo (desde 1.500 a 2.500-3.000 kcal/kg).
- Mayor homogeneidad del residuo.
- Menor cantidad de escorias y cenizas.
- Inferior inversión y más bajos costes de explotación.

Vertido controlado con o sin trituración

La deposición ordenada de los RSU en lugares adecuados para tal fin se denomina vertido controlado. Consiste básicamente en depositar en un terreno los residuos. Las instalaciones deben cumplir una serie de requisitos como vallado y vigilancia. Además, el terreno debe tener un subsuelo impermeable o impermeabilizado que impida la contaminación de los suelos y aguas por los lixiviados generados por las basuras.

En el vertido controlado con trituración, los residuos son triturados previamente con molinos de martillos a fin de conseguir las siguientes ventajas:

- Mayor reducción de volumen de los residuos a verter y, por tanto, mayor duración del vertedero.
- Se facilita la posibilidad de reciclar materiales magnéticos.
- Se evita que los camiones de recogida diaria transiten por las zonas de vertido (el transporte desde los molinos al frente de vertido se realiza con camiones volquetes), con el consiguiente ahorro de equipos, tiempo y mantenimiento.

Según el grado de compactación, los vertederos se clasifican en:

- **Vertedero de baja densidad:** Los RSU descargados son esparcidos mediante pala cargadora o de cadenas que produce un compactado y desgarró débil llegándose a densidades de $0,5 \text{ tm/m}^3$ (los residuos frescos tienen un peso específico medio de $0,25 \text{ tm/m}^3$). Se requiere el cubrimiento diario con tierra. Se consiguen densidades cercanas a $0,7$ si después de la trituración el grado de compactación es bueno. Por otra parte, el agua de lluvia penetra con mucha facilidad produciendo una importante generación de lixiviados.
- **Vertedero de media densidad:** Utiliza una máquina compactadora especialmente construida al efecto, llegándose a densidades de $0,8$. Las ventajas con respecto al método anterior son las siguientes:
 - No precisa una cubrición tan frecuente como el método anterior.
 - Se reduce la generación de lixiviados al favorecerse la evaporación.
 - Atenúa los malos olores al existir una fermentación aerobia.
- **Vertedero de alta densidad:** Se llega a obtener una densidad de 1 mediante equipos de alto poder de compactación concebidos a tal efecto. Tiene las ventajas del método anterior, pero más acusadas.

Son necesarios proyectos puntuales para definir de forma correcta fundamentalmente las inversiones en obra civil, es decir, movimiento de tierras, accesos, viales interiores, plataformas de vertido, red de drenajes de pluviales, red de recogida y tratamiento de lixiviados, vallado periférico y zona de servicios auxiliares.

Los pasos a seguir que conlleva un proyecto de vertedero de RSU son los siguientes:

- **Plan de acondicionamiento previo**, el cual incluye las siguientes etapas:

Preparación previa: Deben eliminarse todos aquellos impedimentos que obstaculicen el paso de máquinas y equipos, como vegetación, etc.

Accesos: Construcción de caminos de acceso que permitan el paso de vehículos de recogida en cualquier época del año. Es aconsejable que el camino de acceso al vertedero sea definitivo por lo que debe ser asfaltado y de firme que permita el fácil acceso de cualquier tipo de vehículo, con cunetas laterales para la escorrentía de las aguas de lluvia.

Vallado periférico: El vallado del recinto del vertedero es necesario a fin de evitar la entrada al mismo de personas y animales.

Báscula: Conocer de forma precisa los residuos que aporten al vertedero cada municipio es fundamental a fin de poder repartir costes, por ello es necesario instalar una báscula a la entrada del vertedero, si bien en pequeños vertederos puede ser suficiente una báscula portátil de pesada por eje que actúe periódicamente para establecer datos de producción.

Servicios: Cada vertedero deberá disponer de agua para limpieza de maquinaria y personal, luz para iluminación y mantenimiento, y medios para comunicación por radio y/o teléfono.

Red de pluviales: Las aguas de escorrentía superficiales no deben entrar en el área de vertido debido a que se generarían mayores volúmenes de lixiviados, por lo que deben ser desviadas. La construcción de canales abiertos bien de tierra o reforzados con cemento, tubo corrugado, etc. según el régimen pluviométrico de la zona donde se asiente el vertedero es la forma de desviar las aguas de escorrentía, y se colocarán en las zonas de cota más elevada y circunvalarán el área de vertido. Como se puede dar el caso de que penetre agua en el vaso de vertedero, se debe construir una canalización por la parte subterránea del emplazamiento antes de la realización del vertedero.

- **Elaboración y ejecución del plan de vertido:** Todo vertido controlado consta de, al menos, 3 actuaciones básicas: deposición de los residuos en la zona seleccionada, compactación y cubrición.

Los sistemas de vertido pueden ser por área, rampa, trinchera y cantera, pudiendo coexistir varios en el mismo vertedero.

La compactación permite aumentar la densidad de los residuos y, con ello, prolongar la vida del vertedero. La compactación será tanto mayor cuanto más homogéneo sea el tamaño del residuo (vertido de RSU con trituración previa).

Los residuos se disponen en celdas, las cuales son cubiertas diariamente con arena/grava hasta un espesor de 20 a 30 cm, siendo además compactada. Con ello se disminuyen los olores, se dificulta la percolación del agua de lluvia, y se permite el movimiento de los vehículos de transporte.

■ **Control y tratamiento de las emisiones (gases) y efluentes (lixiviados) generados:**

La descomposición de la materia putrescible da lugar a los lixiviados. Estos son colectados por la red de drenaje del vaso del vertedero, y se recogen en una balsa dimensionada para la cantidad máxima de agua de lluvia que puede recibir el área de vertido en 24 horas de precipitación. Los lixiviados se pueden bombear para regar los residuos depositados, de forma que actúan como filtro biológico. El sistema se puede completar con una aireación del lixiviado filtrado y con la utilización de fangos activos. En la práctica existe un amplio número de técnicas y sistemas de depuración de estos lixiviados.

Así mismo, la degradación de la materia putrescible de los RSU genera unos gases ricos en metano. Este gas tiene el inconveniente de su mal olor y de que puede formar una mezcla explosiva con el oxígeno del aire. Ambos inconvenientes se aminoran con la captación del gas, el cual se puede aprovechar, previa depuración, para la producción de energía.

El vertido controlado tiene como ventajas la fácil implantación, costes de instalación y explotación reducidos, y la flexibilidad para absorber distintos tipos de RSU. Sin embargo, representa un despilfarro de materiales, junto con la posibilidad de generar riesgos medioambientales por emanación de gases (se puede minimizar realizando una captación del biogas), y contaminación de las aguas por lixiviados.

En este sentido, la producción de lixiviados en vertederos de RSU se puede estimar en 0,1 litros/seg.Ha, considerando este dato como orden de magnitud meramente indicativo ya que depende de muchos factores. En cuanto a la producción de gas, la cantidad y calidad del mismo varían dependiendo de las condiciones de sellado, composición de las basuras, humedad, etc. Para basuras orgánicas se puede considerar una producción de 200 Nm³ gas por tonelada de residuos a lo largo de unos 25 años, con producciones cercanas a los 10 Nm³ por año durante los 10 primeros años, reduciéndose posteriormente.

- **Elaboración y ejecución del plan de clausura o sellado del vertedero:** Cuando el vertedero se colma, se realiza el sellado del mismo. A continuación se acometerá la restitución ambiental del área, si bien se deberá mantener, durante un período prudencial de tiempo, el control sobre la zona, debido principalmente a factores tales como la erosión superficial, eventuales alteraciones de la impermeabilización del vaso, etc..

Dado que el método más comúnmente extendido y siempre utilizado en mayor o menor medida es el de vertido controlado, el parámetro que más importancia tiene es el de selección del emplazamiento idóneo. Con el fin de definir áreas idóneas, hay que tener en cuenta los siguientes criterios:

- Zonas permeables y semipermeables
- Núcleos habitados
- Vías de comunicación
- Embalses y obras hidráulicas
- Espacios naturales protegidos
- Vías fluviales
- Centro de gravedad y/o distancias a los puntos de generación
- Criterios económicos
- Impacto ambiental
- Otros (actividad agrícola, características orográficas, accesos, vientos predominantes, etc.)

2.6 Criterios para la selección del sistema de tratamiento y eliminación de RSU

La siguiente tabla identifica las opciones de tratamiento y eliminación de RSU que son o no adecuadas, basándose en factores relacionados con los costes de inversión y de tratamiento.

Tabla 2.7: Criterios de selección de los sistemas de tratamiento de RSU.

Criterios de selección	Vertido convencional	Vertido con trituración	Vertido con compactación	Compostaje	Incineración	Incineración con recuperación de energía	Nuevos sistemas: separación automática, pirólisis
Capacidad de tratamiento mínima	20-30 tm/día	20-30 tm/día	50-60 tm/día	lento:20-30 tm/día acelerado:30-40 tm/día	30-40 tm/día	150-250 tm/día	No hay datos fiables
No se dispone de un área de vertido apropiada	rechazado	rechazado	rechazado				
Coste elevado del acopio de tierra para cubrir los RSU	rechazado						
No hay mercado para la electricidad generada						rechazado	
No hay mercado para el compost				rechazado			
La generación de RSU varía de manera apreciable con la época del año	favorable				inadecuado	inadecuado	inadecuado
Sistema de tratamiento suficientemente probado y fiable							rechazado
No hay mercado para los materiales recuperados							rechazado
No se dispone de personal cualificado				puede ser considerado		rechazado	rechazado

A continuación se puntualizan algunos aspectos de los criterios de selección considerados:

- **Capacidad de tratamiento:** En general los costes de tratamiento de RSU para municipios de menos de 10.000 habitantes son muy altos.
- **Disponibilidad de área de vertido:** La no disponibilidad de un área de vertido apropiada en la proximidad de la generación de RSU, provocará el incremento de los costes de transporte, requiriéndose en la mayoría de los casos la construcción de estaciones de transferencia.
- **Cubrición de los RSU:** Si no se dispone de tierra apropiada para la cubrición diaria de los RSU vertidos, entonces los elevados costes de transporte de la misma hacen que esta opción no sea adecuada.
- **Mercado para subproductos:** La viabilidad económica de los procesos de reciclado-recuperación de RSU o de la recuperación energética depende de los compradores potenciales de los mismos.
- **Variación en la generación de RSU:** La generación de RSU en áreas turística es cambiante y depende de los períodos estacionales de vacaciones, por lo que no serán adecuadas aquellas opciones de tratamiento de RSU cuya capacidad de tratamiento no sea flexible (se vea infrautilizada o sobrepasada).
- **Fiabilidad de los procesos de tratamiento:** Aquellos procesos que son de reciente creación e innovadores tienen el problema de que no han sido suficientemente probados, por lo que pueden tener fallos en el proceso o en la maquinaria utilizada, con el consiguiente problema para dar salida a los RSU generados diariamente.
- **Personal cualificado:** Los procesos de tratamiento de RSU más automatizados y sofisticados requieren de personal cualificado que controle dichos procesos y que realice un adecuado mantenimiento de las instalaciones, equipos y procesos.

2.7 Aspectos a considerar ante un nuevo proyecto

Aspectos a considerar para la recogida de RSU

- Factores de cálculo:
 - Producción de RSU.
 - Cálculo del volumen de las cajas recolectoras.
 - Capacidad del volumen ofertada.
- Sistemas de recogida.
- Organización del servicio de recogida domiciliaria de RSU:
 - Servicio de recogida nocturna.
 - Servicio de recogida diurna.
 - Descripción de la recogida domiciliaria.
 - Recogida selectiva.
- Organización y descripción del servicio de recogidas auxiliares.
- Contenerización:
 - Cálculo de necesidades.
 - Lavado de contenedores.
 - Mantenimiento y reparación.
- Resumen de puestos de trabajo
- Maquinaria en servicio y de reserva

Aspectos a considerar para la limpieza viaria

- Limpieza manual:
 - Barrido-Baldeo manual
 - Barrido manual
- Limpieza mecánica:
 - Barrido mecánico
 - Baldeo mecánico
 - Baldeo mixto

■ Resto de servicios:

- Limpieza de semáforos
- Limpieza accesos ciudad y vertederos incontrolados
- Desratización y desinsectación
- Limpieza de mercados y mercadillos
- Limpieza de pintadas
- Colocación y mantenimiento de papeleras
- Limpieza en festividades
- Animales vagabundos

■ Resumen de puestos de trabajo

■ Maquinaria en servicio y de reserva

Aspectos a considerar para el reciclaje-compostaje

- Materiales a recuperar
- Calidades de éstos y su control
- Recepción y control de los residuos
- Dosificación regular a la instalación
- Eficacia de los sistemas de separación y concentración
- Características de los residuos a tratar y capacidad
- Análisis del mercado de los subproductos y calidades exigidas por los demandantes
- Sistema de fermentación elegido
- Emplazamiento elegido y su distancia al centro de vertido
- Costes e ingresos del tratamiento e inversiones necesarias

Aspectos a considerar para la incineración

- Características de los residuos a incinerar, especialmente su PCI
- Posibilidades de recuperación de energía
- Sistema de depuración de gases que cumpla la normativa de emisiones actual
- Regulación y dosificación de los residuos en la alimentación
- Costes de tratamiento e inversiones necesarias
- Ubicación del emplazamiento
- Respuesta social a la ubicación
- Emplazamiento elegido y distancia al centro de vertido de las cenizas
- Costes e ingresos del tratamiento e inversiones necesarias

Aspectos a considerar para el vertido controlado

- Capacidad de los residuos a tratar
- Elección del emplazamiento
- Condiciones del emplazamiento
- Método de operación y de compactación elegido
- Equipos de compactación elegidos
- Desviación de aguas pluviales previas al emplazamiento
- Conducción y recogida de lixiviados
- Tratamiento de lixiviados

- Cerramientos, accesos y control
- Pantallas perimetrales que reduzcan el impacto ambiental
- Materiales de impermeabilización y cubrición a utilizar
- Sellado futuro del vertedero
- Costes de tratamiento e inversión necesaria

2.8 Gestión económica de la recogida de RSU, limpieza viaria y tratamiento de residuos

Aspectos económicos de la recogida de RSU y de la limpieza viaria

En cuanto a la recogida y limpieza de residuos, la inversión necesaria en equipos viene desglosada de la siguiente manera:

Tabla 2.8: Inversiones necesarias para la recogida y limpieza de residuos (precios unitarios correspondientes a 1992).

	Maquinaria	Inversión (Mill. de pts)	Mantenimiento anual (Mill. de pts)
R E C O G I D A	Camión de recogida grande	15	2,5
	Camión de recogida mediano	12	2,0
	Camión de recogida pequeño	8	1,75
	Camión grúa para muebles y enseres	7,5	2,0
	Lavacontenedores	16	2,5
	Furgón taller	2,5	1,5
L I M P I E Z A V I A R I A	Barredora grande	12	2,3
	Barredora pequeña	10	2,0
	Baldeadora de 8-10 m ³	8	1,75
	Baldeadora de alta presión	10	1,9
	Camión brigada limpieza	7,5	1,7
	Furgón brigada limpieza	5,5	1,0
	Furgón limpiezas especiales	7	1,5
	Furgoneta inspección	1,5	0,8

Algunos de los aspectos a tener en cuenta en la evaluación económica son los siguientes:

- La recogida y transporte de los RSU absorbe en España más del 80% de los presupuestos destinados a la gestión de los mismos por parte de los Ayuntamientos, y casi un 20% de los presupuestos totales. El coste de recogida de RSU varía entre las 3.000 y 8.000 pts/tm.
- Decidir que servicios serán diurnos, y cuales nocturnos, ya que los costes de personal son un 25% más caros en el servicio nocturno (en el convenio de limpieza de Madrid, para el servicio nocturno, un peón cobra 3 millones de pts/año 1992, y un conductor de camión 3,5 millones de pts/año 1992).

El coste de personal supone entre el 70 y el 80% de los costes de explotación de un servicio de recogida de RSU.

- La plantilla total será el número de trabajadores necesarios para realizar el servicio, más un 15-20% de personal para tener cubiertas las vacaciones, el absentismo laboral, y días punta (navidades, elecciones, etc.).
- Para calcular el coste anual de la amortización de los equipos hay que tener en cuenta la vida de cada equipo, y el tanto por ciento de interés aplicable al dinero.
- La recogida selectiva de 2 compuestos es 1,5-2 veces más costosa que la recogida normal.

Aspectos económicos del tratamiento realizado a los RSU

En cuanto a los sistemas de tratamiento, los costes estimados de cada uno se muestran en la siguiente tabla.

Tabla 2.9: Costes de tratamiento e inversiones estimadas según sistema de tratamiento (cifras correspondientes a 1992).

Sistemas de tratamiento	Costes de tratamiento (pts/tm) o explotación	Inversión estimada (millones de pts/tm tratada/día)
Vertedero controlado	500 - 1.000	0,9 - 1,2
Compostaje	1.500 - 2.500	1,5 - 2,0
Incineración	3.000 - 6.000	5,0 - 10,0
Estación de transferencia	250 - 500	0,8 - 1,6

Como el vertido controlado es el sistema de gestión de RSU más utilizado en nuestro país, con casi un 55%, analizaremos en las siguientes líneas los costes de implantación y de operación del mismo:

Costes de implantación de vertedero controlado

Incluyen todos aquellos gastos requeridos antes de dar comienzo al vertido de los residuos:

- Adquisición de terrenos.
- Planeamiento y diseño.
- Permisos, incluyendo el estudio de impacto ambiental.
- Preparación del terreno (excavaciones, acopios de tierra, carreteras, control de aguas y lixiviados, e instalación de pozos de control).
- Construcción de edificios, oficinas, garajes, laboratorios, etc. A estas inversiones se les suele dar una vida útil de 15 años.
- Compra de equipos móviles, lo que suele representar una parte importante de las inversiones. Normalmente la vida útil de estas máquinas suele ser de 10.000 horas de funcionamiento o 5 años, aunque suele realizarse una reparación general al cabo de este tiempo que permite aprovechar otras 5.000-7.000 horas.
- También es preciso tener en cuenta los gastos de clausura y monitoriza posterior, que pueden llegar a ser importantes. Actualmente, la legislación exige además la creación de fianzas o seguros para garantizar la cobertura de posibles indemnizaciones debidas a problemas causados por el vertedero.

Costes de operación en vertedero controlado

Los costes pueden variar de unos vertederos a otros dependiendo de las condiciones locales, pero en general deben recoger las siguientes partidas:

- Mano de obra, incluyendo administración y mantenimiento.
- Combustible.
- Mantenimiento de equipos. En el caso de maquinaria pesada, los costes de mantenimiento pueden estimarse en un 50% del coste inicial de la maquinaria, para un período de vida de 10.000 horas.
- Consumibles.
- Suministros exteriores: calefacción, agua, teléfono, etc.
- Asesorías y análisis externos.
- Gastos de laboratorio.

3. GESTIÓN Y TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES

3.1 Competencias municipales en materia de aguas residuales

La Ley de Bases de Régimen Local establece que las competencias en el tratamiento de las aguas residuales corresponden a los ayuntamientos, auxiliados, desde los decretos de transferencia, por las Comunidades Autónomas. Esto quiere decir que la Administración Central ha cedido parte de sus responsabilidades en este tema pero no todas, ya que mediante el Plan Nacional de Saneamiento y Depuración (aprobado por Resolución de 28/4/95), la Administración Central adquiere el compromiso de aportar el 25% de las inversiones necesarias para su aplicación (previéndose aportaciones de fondos FEDER y Fondos de Cohesión). El resto de la inversión se cubriría con los cánones de vertido, cánones de saneamiento y tarifas de aguas.

Tabla 3.1: Plazos de implantación para el tratamiento de las aguas residuales urbanas, según el Plan Nacional de Depuración.

Antes del año 1998	Poblaciones con carga contaminante superior a 10.000 habitantes equivalentes (h-e) en zonas sensibles
Antes del año 2000	- Poblaciones con carga contaminante superior a 15.000 h-e en cualquier zona. - Aguas residuales industriales biodegradables procedentes de instalaciones (según anexo III de la Directiva) que presenten 4.000 h-e o más, y que no penetren en las instalaciones depuradoras de aguas residuales urbanas.
Antes del año 2005	El resto de poblaciones afectadas por la Directiva 91/271: 10.000 < h-e < 15.000, 31/12/2005 2.000 < h-e < 10.000, 31/12/2005, (vertidos en aguas dulces)

3.2 Caracterización de las aguas residuales generadas en el municipio

Los parámetros unitarios relacionados con las aguas residuales generadas en un municipio son los siguientes:

■ Población

Viene representada por el "Número de habitantes equivalentes" de forma que se tiene en cuenta la carga contaminante doméstica (el número de habitantes equivalentes de una población es entre 1,5 y 2 veces el número de habitantes censados), industrial, agrícola y ganadera, etc., debiendo representar el poder contaminante real de cada uno de estos grupos. La Directiva 91/271/CEE sobre tratamiento de aguas residuales urbanas define los habitantes equivalentes correspondientes a una población, que se calcula a partir del máximo registrado de la carga semanal media que entra en una instalación de tratamiento durante el año, excluyendo situaciones excepcionales (1 habitante equivalente = 60 gr DBO₅/día).

■ Dotación de agua de abastecimiento

La dotación de abastecimiento cambia en función del número de habitantes equivalentes. Representa el consumo de agua, la cual una vez utilizada se convierte en residual. Como norma general, el 20% del agua abastecida y utilizada se pierde por evaporación y escapes de la red de saneamiento y alcantarillado, por lo que el afluente a la estación depuradora viene a ser el 80% de la dotación de abastecimiento.

Es importante conocer si la población es estable (en general, este es el caso de las poblaciones continentales), o variable (en general, este es el caso de las zonas turísticas, como las poblaciones costeras) ya que las necesidades de depuración cambian estacionalmente, habiéndose de tener en cuenta la duración de la temporada alta. Así mismo, la dotación y, por tanto, las necesidades de depuración son mayores cuanto más alto es el nivel de vida de las poblaciones.

La siguiente tabla muestra los ratios en los que se encuentra el caudal de abastecimiento según el tamaño de la población en habitantes-equivalentes.

Tabla 3.2: Dotación de abastecimiento en función del número de habitantes equivalentes.

Habitantes equivalentes	Dotación de abastecimiento
< 20.000	150 - 200 l/hab/día
20.000 - 50.000	200 - 250 l/hab/día
> 50.000	250 - 350 l/hab/día

En la siguiente tabla se muestra una distribución de los consumos urbanos en diferentes sectores.

Tabla 3.3: Consumos urbanos en litros/hab-eq.día según usos.

Población (hab-eq)	Uso doméstico	Industrias de la ciudad	Servicios municipales	Fugas de redes y varios	Total
1.000	60	5	10	25	100
1.000 - 6.000	70	30	25	25	150
6.000 - 12.000	90	50	35	25	200
12.000 - 50.000	110	70	35	25	250
50.000 - 250.000	125	100	50	25	300
> 250.000	165	150	60	25	400

■ Carga de DBO₅, y de sólidos en suspensión totales (SST)

Las cifras que pueden ser utilizadas para estimar la carga de DBO₅ y de SS de aguas residuales urbanas normales son las siguientes:

Tabla 3.4: Demanda biológica de oxígeno y sólidos en suspensión totales en función del tipo de población.

Tipo de población	DBO ₅ (gr/hab/día)	SST (gr/hab/día)
Zonas residenciales, red separativa	50	50
Núcleos de población, red separativa	60	75
Núcleos de población, red unitaria	75	90

La red unitaria se refiere a que tanto la red de pluviales como la de aguas residuales es la misma. La red separativa se refiere a que existe una red de colectores para las aguas pluviales, y otra para las aguas residuales. La ventaja de la red separativa es que las fluctuaciones en las características del afluente a las estaciones depuradoras de aguas residuales (EDAR) son menores, lo que se traduce en un mejor funcionamiento de las EDAR; además las aguas de lluvia recogidas podrían ser aprovechadas sin necesidad de tratamiento. El inconveniente principal de la red separativa es su mayor coste económico.

De los sólidos en suspensión totales, el 80% son volátiles y el resto inertes o fijos. De la DBO₅, el 30% corresponde a materia soluble y el resto a materia particulada.

■ La composición típica de las aguas residuales urbanas tratadas en EDAR, en función de la menor a mayor contaminación, es la siguiente:

Tabla 3.6: Composición típica de las aguas residuales urbanas.

Parámetro	Concentración fuerte (mg/l)	Concentración media (mg/l)	Concentración débil (mg/l)
Sólidos totales:	1.200	720	350
Disueltos totales	850	500	250
Fijos	525	300	145
Volátiles	325	200	105
En suspensión totales	350	220	100
Fijos	75	55	20
Volátiles	275	165	80
Sólidos sedimentables, en ml/l	20	10	5
DBO ₅ a 20°C	400	220	110
Carbono orgánico total (COT)	290	160	80
DQO	1.000	500	250
Nitrógeno (total como N):	85	40	20
Orgánico	35	15	8
Amoniacal	50	25	12
Nitritos	0,1	0,05	0
Nitratos	0,4	0,2	0,1
Fósforo (total como P):	15	8	4
Orgánico	5	3	1
Inorgánico	10	5	3
Cloruros	100	50	30
Alcalinidad (como CaCO ₃)*	200	100	50
Grasa	150	100	50

* Los valores de alcalinidad deberían incrementarse en la cantidad correspondiente contenida en el agua de suministro

3.3 Funcionamiento de un sistema de tratamiento

Ente gestor

Existen tres modalidades de gestión de un sistema de tratamiento:

- Gestión directa por la propia Administración (local, regional o autonómica).
- Gestión a través de adjudicación del servicio a una empresa (privada, mixta o pública).
- Gestión a través de organizaciones públicas que permitan una asistencia técnica a la explotación.

Organización

La complejidad de la organización del servicio de explotación depende mucho del tamaño de la EDAR. En las grandes estaciones se requerirá una organización muy especializada y jerarquizada, por ejemplo:

- Jefe de planta, que se encarga de la dirección y coordinación de las tareas de explotación, mantenimiento y laboratorio.
- Jefe de explotación, que se encarga del sostenimiento del proceso, pudiendo ser dividido en la línea de agua, de fango, de gas, y recuperación energética.
- Jefe de mantenimiento, que se encarga de mantener y conservar las instalaciones, pudiendo ser dividido en mantenimiento mecánico, eléctrico, e instrumentación.
- Jefe de laboratorio, que se encarga de los ensayos y analítica en laboratorio.

Para instalaciones pequeñas (de menos de 10.000 habitantes equivalentes) no es adecuado ni rentable aplicar la estructura citada, ya que en muchas de ellas solo es preciso una visita diaria de pocas horas de duración por parte de un equipo de operación, requiriéndose una asistencia técnica muy especializada para controlar el proceso y asegurar el cumplimiento del sistema de mantenimiento.

Recursos humanos

Los propios condicionantes del tipo capacidad, modernidad y automatización de la instalación pueden modificar sustancialmente las necesidades de personal para llevar a cabo el desarrollo de la explotación.

En la siguiente tabla se muestra una estimación de la dotación de personal requerida para una EDAR de tipo fangos activos.

Tabla 3.7: Número de personas empleadas en una EDAR de tipo fangos activos en función de su capacidad de tratamiento (Fuente: Estimating Staffing for municipal wastewater facilities, EPA).

Capacidad de la EDAR (l/seg)	Hab-eq estimados para dicha capacidad	N° de personas empleadas
4,4	800	0,5
11	2.000	1
22	4.000	1,5-2
44	8.000	3
220	40.000	6
440	80.000	11

Tecnología de procesos de depuración

Cada proceso tiene sus peculiaridades y requiere una distinta sistemática de operación, por lo cual se enumerarán los distintos procesos unitarios, que por su complejidad y multidisciplinaridad, requieren un estudio aparte mucho más exhaustivo.

- **Pretratamiento:** procesos mecánicos tales como desbaste, desarenadores, desengrasadores.
- **Tratamiento primario:** procesos de tipo hidráulico-mecánico (decantadores) cuyo funcionamiento está muy determinado por los datos de diseño. La acción más importante a tener en cuenta, independientemente de la propia selección del número de líneas con las que se quiere trabajar, es la regulación de las purgas de fango, además de conseguir una adecuada concentración del mismo y en las condiciones más idóneas para su espesamiento y estabilización posterior.

Cuando existe un tratamiento físico-químico (precipitación), además hay que tener en cuenta aspectos tales como elección y dosificación de reactivos.

- **Tratamiento biológico:** procesos biológicos de depuración de aguas residuales tales como:
 - Fangos activos: convencional (flujo pistón), contacto-estabilización, doble etapa, alimentación escalonada, mezcla completa, aireación prolongada, canales de oxidación, proceso Krauss, nitrificación-desnitrificación, eliminación biológica de fósforo.
 - Lechos bacterianos
 - Biodiscos

- **Espesamiento de fangos:** Se puede realizar por gravedad o por flotación con aire disuelto. En general los fangos primarios (obtenidos de los decantadores primarios) se concentran por gravedad, y los fangos biológicos en exceso se concentran por flotación.
- **Digestión de fangos:** Se puede realizar una estabilización aeróbica o anaeróbica de los fangos. La digestión anaeróbica es un proceso más económico en cuanto a su explotación, y que incluso puede producir un fuerte ahorro energético, pero es más compleja.
- **Deshidratación de fangos:** El objetivo es conseguir el secado más efectivo de los fangos, para su posterior transporte y disposición con el mínimo coste. La deshidratación se puede hacer por centrifugación, filtración al vacío, filtro prensa, filtro banda, etc.

El tipo de depuración depende de la contaminación y caudal del afluente, y de la disponibilidad de espacio. Cuando se tiene mucho espacio y el caudal a tratar es bajo, se pueden construir plantas de baja carga, como los sistemas de lagunaje naturales o aireados. Estos sistemas son sencillos de operar y producen menor cantidad de lodos. En caso contrario, se requieren tratamientos más avanzados como el de lodos activados, requiriendo personal cualificado.

Control del proceso

Los distintos parámetros de control que sirven para efectuar una adecuada explotación de la EDAR son los siguientes:

- **Parámetros de calidad del agua:** Son normalmente medidos en laboratorio:
 - materia orgánica: DBO₅, DQO
 - sólidos sedimentables, en suspensión, totales.
 - nutrientes: fósforo (orgánico, fosfatos, ortofosfatos), nitrógeno (total, amoniacal, nitritos, nitratos, orgánico).
 - detergentes
 - aceites y grasas
 - metales pesados
 - tóxicos
 - pH
- **Parámetros de calidad del fango:** Son normalmente medidos en laboratorio:
 - contenido en volátiles
 - concentración o sequedad
 - pH
 - contenido en metales pesados
 - parámetros agronómicos

■ **Parámetros de control del proceso:**

- Medida directa mediante instrumentación: caudales (agua, fango, gas), pH, conductividad y turbidez, oxígeno disuelto, niveles del "manto" de fangos, concentración de fangos, riqueza de gas de digestión (metano).
- Medida en laboratorio: concentración de fangos, IVF, MLSS, MLVSS, tasa de respiración endógena, curvas de sedimentación, observación microscópica de la masa del fango, ácidos volátiles y alcalinidad de fangos anaerobios, CTS.
- Medida "in situ": VF-30, oxígeno disuelto, pH, turbidez.
- Calculados: carga másica y volúmica, edad del fango, cantidad de fangos purgados, cargas superficiales (velocidades ascensionales), cargas sobre vertederos, rendimientos de depuración.

Análisis de costes en EDAR

En la siguiente tabla se muestra la composición de costes de explotación de una EDAR completa con tratamiento físico-químico y biológico, en función de su tamaño.

Tabla 3.8: Reparto de los costes de explotación en % de una EDAR en función de su tamaño.

Partida de costes	Tamaño EDAR (habitantes equivalentes)			
	0-25.000	25.000-70.000	150.000-300.000	Total para un sistema complejo con EDAR de diferentes tamaños
Personal	34	30	28	30-35
Energía	40	41	27	25-30
Reactivos	5	12	16	10-15
Mantenimiento	7	9	16	12-17
Retirada de residuos	2	2	11	5-11
Otros	12	6	2	2-6

En resumen, para un sistema complejo de instalaciones se puede hablar de la regla de los "tercios" que viene a establecer de forma aproximada que los costes directos de explotación se pueden considerar repartidos a partes iguales entre personal, energía, y otros gastos.

A continuación se explican los costes por cada concepto presupuestario mostrados anteriormente:

- **Costes de personal:** En casi todos los sistemas de explotación o EDAR, la organización se basa en cuatro áreas: dirección y control, explotación, mantenimiento, y administración. En una planta pequeña, todas estas áreas pueden caer bajo la responsabilidad de una sola persona que incluso atenderá varias plantas.

A medida que aumenta el tamaño, las responsabilidades son repartidas o delegadas. El factor escala es muy importante ya que el coste relativo del personal va aumentando a medida que las instalaciones son más pequeñas.

- **Costes de energía:** Están muy directamente relacionados con el agua tratada y más todavía con la carga orgánica reducida en la EDAR, y aumentan proporcionalmente al tamaño de la planta. Los tratamientos biológicos son los principales responsables de su magnitud, aumentando en el siguiente orden según el tipo: lechos bacterianos, biodiscos, canales de oxidación y fangos activos. Los ratios normales de consumo global son los siguientes:
 - de 0,2 (en plantas de tamaño grande, caudal medio superior a 1.500 l/s) a 0,4 KWh/m³ de agua depurada (plantas pequeñas).
 - 20 - 30 KWh/habitante equivalente y año
 - 1,1 - 1,3 KWh/kg de DBO₅ eliminada
- **Coste de reactivos:** Los reactivos más utilizados en una EDAR son los polielectrolitos o floculantes para deshidratación, y los coagulantes y coadyuvantes para el tratamiento físico-químico. El empleo de reactivos es proporcional al caudal tratado. Para la deshidratación es necesario el uso de cantidades entre 3 y 6 kilogramos de polielectrolito catiónico de alto peso molecular por tonelada de materia seca de fango producido. Para el tratamiento físico-químico, y en función de las dosificaciones (óptimas para reducir el 75% de materia orgánica), los costes varían entre 1,3 y 2,6 ptas/m³ de agua tratada. No obstante este coste se reduce casi en igual medida en el consumo energético ahorrado por esta reducción de materia orgánica.
- **Costes de mantenimiento:** Los costes de mantenimiento se pueden valorar como un porcentaje del valor actualizado de la infraestructura, pudiendo ser cifrado entre el 2 y 6% del mismo.
- **Costes de transporte y disposición de residuos:** Los elementos rechazados del agua, previa separación, son: basuras y detritus, arenas, grasas y flotantes, y fangos deshidratados (con sequedad entre el 20 y 40%). La carga, transporte y disposición final (vertedero para los tres primeros conceptos) origina unos costes nada despreciables.

En cuanto a los fangos deshidratados, estos han de ser evacuados de manera segura de forma que no se originen problemas medioambientales (transferencia de contaminación). La tendencia actual es reutilizarlos como abono agrícola, bien sea a través de su aplicación directa al suelo o mediante procesos previos de compostaje, siempre que el cumplimiento de la legislación lo permita.

- **Otros gastos:**
 - **Gastos de control:** Suponen entre un 5 y un 7% de los costes técnicos sin amortización. Incluyen gastos de dirección, asistencia técnica y laboratorio (interno o externo).
 - **Gastos generales:** No más del 5% de los costes técnicos.

- **Amortización de instalaciones:** La vida media de los equipos electromecánicos es de 5 a 15 años, y de la obra civil de 20-25 años. El coste de renovación de equipos puede calcularse como un coste anual de un 5-6% sobre el coste total de primera instalación. El coste de renovación de la obra civil puede calcularse en un coste anual de un 2-3%. Por tanto, la carga de amortización de la renovación de las instalaciones puede apreciarse en un 5% sobre el coste actualizado de la primera instalación.

Desde el punto de vista de funcionamiento, se puede estudiar el coste de explotación de una EDAR siguiendo la línea de tratamiento, tal y como se muestra en la siguiente tabla.

Tabla 3.9: Costes de explotación de una EDAR según la línea de tratamiento.

Proceso unitario	Porcentaje de costes de cada proceso unitario sobre el total
Elevación agua bruta	4-8
Pretratamiento	9-11
Tratamiento primario (con físico-químico)	5-7 (17-24)
Tratamiento biológico (con físico-químico previo)	25-30 (9-14)
Estabilización. Digestión de fangos	17-27
Deshidratación de fangos	20-30
Dirección y control	5-7

A continuación se explican estos costes:

- **Elevación de agua bruta:** Aunque este elemento no es fijo en todas las depuradoras, en muchas de ellas se necesitan instalaciones de bombeo bien para compensar la diferencia de cotas entre la propia depuradora y el punto de llegada del afluente, bien para asegurar la cota de vertido al cauce receptor.
- **Pretratamiento:** Los costes mostrados incluyen los de desbaste y tamizado, la separación y clasificación de arenas, y el desmenuado de grasas y aceites.
- **Tratamiento primario:** En general, las depuradoras dimensionadas para menos de 50.000 hab-equiv. prescinden de esta etapa, mientras que es obligado para depuradoras medianas y grandes.
- **Tratamiento biológico:** Los procesos utilizados habitualmente son los biodiscos, canales de oxidación, lechos bacterianos y fangos activados. El proceso de tratamiento se selecciona en función del volumen del vertido, y de la facilidad de la operación, sobre todo en pequeñas poblaciones. Para éstas se utilizan generalmente los biodiscos y canales de oxidación. Según se incrementa la población se instalan lechos bacterianos, y para poblaciones superiores a 100.000 hab-equiv. se utilizan los fangos activados. La parte más importante del coste medio de explotación de esta etapa es la referida al consumo de energía eléctrica.

■ **Estabilización y digestión de fangos:** Constaría de las etapas siguientes:

- Extracción y espesado de fangos primarios.
- Extracción y espesado de fangos en exceso del tratamiento biológico.
- Estabilización del fango mixto mediante digestión aerobia o anaerobia.

■ **Deshidratación de fangos:** Los equipos más utilizados son las centrífugas-decantadoras (sobre todo en depuradoras pequeñas y medianas) y los filtros de banda continua. Este apartado incluye los costes de los reactivos (polielectrolito catiónico de alto peso molecular) para acondicionar previamente el fango a deshidratar. Se utilizan dosis entre 3 y 5 kg/tm de materia seca, en función de la naturaleza del fango y del equipo de deshidratación.

A continuación, se muestra una figura con curvas indicativas de los costes de explotación (sin incluir amortización) en función del tamaño de la instalación. Como se puede ver, la influencia del "efecto escala" en los costes de explotación de una determinada EDAR es fundamental. Cada una de las tres curvas se refiere a:

■ **Tratamiento convencional,** que incluye los siguientes procesos:

- **Pretratamiento:** procesos mecánicos, como desbaste, desarenadores, desengrasadores.
- **Tratamiento primario:** procesos de tipo físico-químico (precipitación), y procesos de tipo hidráulico-mecánico (decantación primaria).
- **Tratamiento secundario o biológico:** proceso convencional de lodos activos con aereación prolongada, seguido de clarificadores (decantación secundaria) para la recirculación de lodos.
- **Espesamiento de fangos:** procesos por gravedad (en general, para los fangos obtenidos en los decantadores primarios), y por flotación con aire disuelto (en general, para los fangos en exceso del tratamiento biológico).
- **Digestión de fangos:** procesos aerobios, y anaerobios (para núcleos de más de 25.000 habitantes).
- **Deshidratación de fangos,** para su posterior transporte y disposición con el mínimo coste.

■ **Tecnologías de bajo coste,** es decir, proceso convencional pero con bajo consumo energético.

Los elevados costes de explotación derivados del proceso convencional de lodos activos con aereación prolongada, debido a los gastos de energía derivados de la aportación de oxígeno mediante turbinas o difusores, hacen viable la utilización de contactores biológicos rotativos, con lo que se reduce el aporte energético necesario y las dimensiones requeridas. La línea de tratamiento de una planta de depuración de bajo coste con contactores biológicos rotativos constará de las siguientes etapas:

- Pretratamiento: desbaste, desarenado-desengrasado.
- Tratamiento primario: precipitación-decantación primaria.
- Contactores biológicos rotativos, seguidos de clarificadores.
- Desinfección.
- Espesamiento de fangos.
- Digestión aerobia de fangos.
- Deshidratación de fangos.

Una variante muy práctica del procedimiento de lodos activados para pequeñas aglomeraciones son los canales de oxidación (también llamados canales Harvorth).

■ **Tratamientos blandos:**

- **Lagunas de oxidación (aspectos limitantes: requiere grandes extensiones de terreno y condiciones climatológicas adecuadas). Una estación depuradora por lagunado, normalmente consta de laguna anaerobia, facultativa y aerobia (maduración).**
- **Filtros de turba y arena: el esquema del proceso incluiría un pretratamiento (desbaste y desengrasador), tratamiento secundario con filtros de turba y arena, y tratamiento terciario opcional mediante lagunado aerobio.**
- **Cultivos acuáticos.**
- **Esorrentía superficial.**
- **Filtros verdes.**

De todo lo anterior se puede deducir que los sistemas de depuración convencionales aplicados a municipios pequeños y medianos son prácticamente inviables, debido fundamentalmente a los elevados costes de explotación y mantenimiento, así como a la necesidad de personal especializado. Por lo tanto, para estos municipios se requiere la utilización de tecnologías de bajo coste, o tratamientos blandos.

COSTES DE EXPLOTACION ANUAL DE ESTACIONES DEPURADORAS DE AGUAS RESIDUALES URBANAS EN PESETAS DE 1989

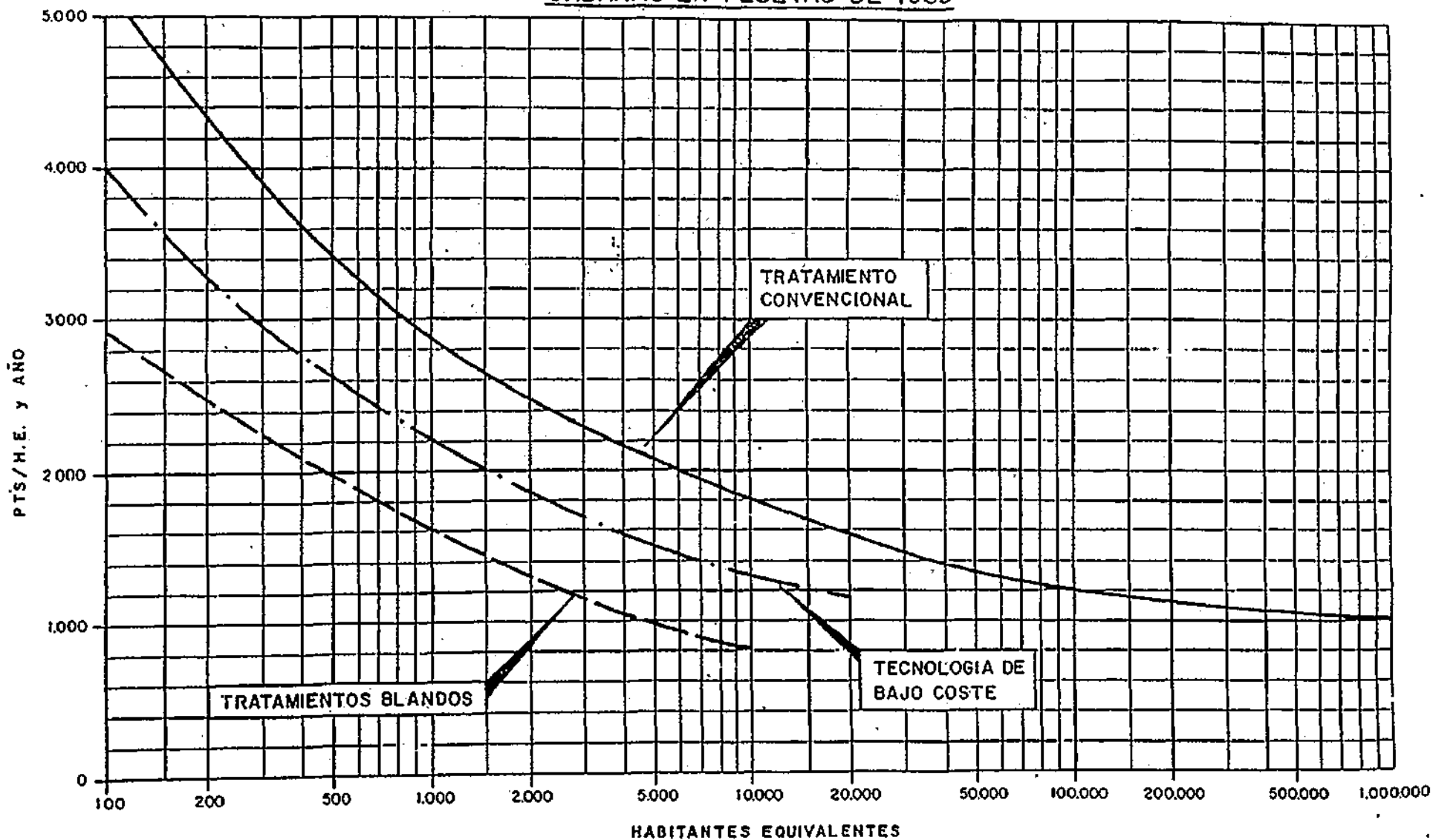


Figura 3.1: Costes de explotación anual de estaciones depuradoras de aguas residuales urbanas en pesetas de 19

3.4 Métodos de tratamiento recomendados para el aprovechamiento de aguas residuales

En la siguiente tabla se muestran los métodos de tratamiento recomendados para satisfacer los criterios sanitarios establecidos para el aprovechamiento de aguas residuales.

Tabla 3.10: Métodos de tratamiento recomendados para el aprovechamiento de aguas residuales.

	Riego			Recreo		Aprovechamiento industrial	Aprovechamiento municipal	
	Cultivos no destinados al consumo humano	Cultivos que se consumen cocinados: piscicultura	Cultivos que se consumen crudos	Sin contacto humano	Con contacto humano		Agua no potable	Agua potable
Criterios sanitarios	A+F	B+F ó D+F	D+F	B	D+G	C ó D	C	E
Tratamiento primario	***	***	***	***	***	***	***	***
Tratamiento secundario		***	***	***	***	***	***	***
Filtración por arena		*	*		***	*		**
Nitrificación						*		***
Desnitrificación								**
Clarificación química						*		**
Adsorción con carbón								**
Intercambio iónico						*		**
Desinfección		*	***	*	***	*	***	***

Criterios sanitarios:

A: Ausencia de partículas sólidas gruesas, eliminación apreciable de huevos de parásitos.

B: Igual que A, más eliminación apreciable de bacterias.

C: Igual que A, con eliminación más eficaz de las bacterias y cierta eliminación de virus.

D: No más de 100 organismos coliformes por 100 ml en el 80% de las muestras.

E: Ningún microorganismo coliforme fecal en 100 ml, ninguna partícula vírica en 1.000 ml, ningún efecto tóxico en el hombre y observación de los demás criterios aplicables al agua potable.

F: Ninguna sustancia química que provoque la aparición de residuos nocivos en plantas o peces.

G: Ninguna sustancia química que cause irritación de las mucosas o de la piel.

Para satisfacer los criterios sanitarios establecidos son indispensables los procesos marcados con ***. Además es también indispensable la aplicación de uno o más de los procesos marcados con **, y pueden necesitarse a veces los métodos señalados con *.

3.5 Aspectos a considerar ante un proyecto de realización de planta depuradora

A continuación se desarrollarán todas las fases de que puede constar un proyecto de realización de una planta depuradora, como son las siguientes:

- Recopilación de información
- Evaluación
- Plan de actuación
- Ejecución del proyecto
- Trabajos adicionales

Recopilación de información

a) De la fuente de contaminación

En primer lugar, se deben detectar las fuentes contaminantes, que en gran número de casos pueden ser múltiples (por ejemplo, los vertidos de un polígono industrial).

En el caso de vertidos industriales, es posible que dentro de la propia industria se pueda realizar una segregación de distintas corrientes con el fin de facilitar su tratamiento e incluso separar corrientes susceptibles de ser vertidas directamente al cauce. Por ejemplo:

- Aguas aceitosas
- Aguas sanitarias
- Aguas tóxicas
- Aguas de baldeo
- Aguas salinas

En ocasiones, se recogen conjuntamente las aguas contaminadas con las pluviales dando lugar a una dilución de los contaminantes antes de su tratamiento. Sin embargo, cuando sea económicamente viable se utilizará una red de colectores de tipo separativo con el fin de poder verter las aguas de lluvia directamente al cauce receptor.

Una vez identificadas las corrientes a tratar se procede a cuantificar la contaminación presente en cada una, recabando datos de las propias industrias o de la Administración. Esta información puede no ser fiable por lo que lo más aconsejable es realizar una campaña analítica que incluya medida de contaminantes y de caudales. La campaña analítica incluye la determinación de:

- Puntos de muestreo
- Horas de toma de muestra o bien toma continua mediante una pequeña bomba peristáltica o un tomamuestras automático
- Caudales puntuales y medios de cada corriente
- Contaminantes presentes y contaminación

b) Del medio receptor

El medio receptor puede ser un colector municipal en el caso de las industrias, o un río en el caso de las depuradoras municipales. Los límites de vertido están fijados por la Ley de Aguas en tres tablas con distintas calidades de vertido; en función del caudal vertido y de la contaminación se paga una tasa denominada canon de vertido. Está también legislado por las CC.AA. o por los municipios las contaminaciones máximas admitidas en los colectores municipales.

c) Aspectos económicos

En este punto se engloban las ayudas y subvenciones que un municipio puede obtener para la depuración de sus aguas residuales. Así mismo, habría que tener en cuenta la posibilidad de obtener gas de digestión en la planta depuradora, para la obtención de energía y calor.

Evaluación

a) Identificación del problema

Con los datos de los contaminantes y caudales obtenidos en la fase anterior se elabora una tabla resumen de las características del agua a tratar, que será la base para el desarrollo del proyecto.

Se puede dar el caso, sobre todo en el caso de aguas residuales industriales, de que no se disponga de información suficiente o de antecedentes de vertidos similares para fijar el tratamiento, por lo que sería necesario realizar ensayos de laboratorio y en planta piloto.

b) Evaluación de impacto ambiental

La evaluación del impacto de la construcción de una planta depuradora en su entorno es un aspecto muy importante, sobre todo si la planta está próxima a zonas residenciales. De esta forma, se hace necesario la prevención de ruidos (equipos en edificios cerrados, o incluso enterrados), y la eliminación de olores por ejemplo, mediante la captación del aire con soplantes y posterior oxidación de los compuestos malolientes con hipoclorito u ozono.

Plan de actuación

Con la información anterior se puede hacer el estudio técnico-económico de varios sistemas de tratamiento primario y secundario. Una vez seleccionada una alternativa es necesario proceder a realizar un estudio del sistema de tratamiento y de las alternativas de implantación en las que puede influir el coste de los terrenos, las necesidades de bombeo, la presencia de núcleos de población, etc. Según la disponibilidad de terrenos se diseña una instalación convencional o compacta. Con todo lo anterior, se llega a una solución sobre la que se desarrolla el proyecto.

Ejecución del proyecto

La ejecución del proyecto consta de varias fases:

- Desarrollo del proyecto de construcción
- Compras
- Obras de construcción e instalación
- Puesta en marcha

a) Desarrollo del proyecto de construcción

El desarrollo del proyecto se puede realizar a nivel de oferta, en el que no es necesario profundizar en los detalles de ingeniería; o a nivel de construcción, en cuyo caso los pasos a dar son los siguientes:

- Diagrama de bloques, que define sobre un plano los tratamientos que se van a aplicar al agua residual.
- Cálculos de proceso, en base a los datos de contaminantes y caudales de las aguas residuales a tratar. Se calcula el número de líneas de tratamiento, el número de unidades de cada equipo, las dimensiones, etc.
- Lista de equipos que integran la planta, especificando el tipo, nombre, número de unidades, características más importantes y coste.
- Planos de formas de obra civil: En base al dimensionamiento realizado en los Cálculos de proceso, se desarrollan los planos de las balsas de hormigón para dárselos al departamento de obra civil que en base a ellos hace el cálculo de muros con armaduras, espesores, etc., y desarrolla los planos de construcción de la obra civil.
- Plano de implantación general: Con el diagrama de bloques, dimensiones, y los equipos más importantes se prepara un plano de implantación sin detalles que servirá para conocer la superficie de la planta y la situación de todos los elementos importantes, así como para esbozar un trazado de tuberías.
- Preparación de diagramas de tuberías e instrumentos: En estos se representa de forma esquemática todas las tuberías de interconexión y toda la instrumentación que forma parte de la instalación, así como información sobre la lógica de funcionamiento, si las tuberías están enterradas o no, etc.:
 - tuberías de proceso
 - tuberías de drenaje
 - colectores
 - utilities
 - reactivos
 - manómetros
 - medidores de caudal
 - presostatos
 - medidores de pH, etc.

Todos los elementos indicados en los P&I deberán ser identificados y numerado.

- Planos de implantación con más detalle, incluyendo planos de edificios: En éstos se sitúan todos los equipos dentro y fuera de los edificios y se define el trazado de las tuberías y la situación de válvulas e instrumentos.
- Memoria descriptiva de las instalaciones, dando especial importancia al funcionamiento del proceso, y al control y automatismo del mismo.
- Preparación de información para el departamento eléctrico: Con el fin de poder desarrollar el proyecto eléctrico se prepara la siguiente información:
 - Lista de consumidores de energía, con información de potencias instaladas, potencias consumidas, reservas y horas previstas de funcionamiento.
 - Descripción del funcionamiento de la instalación.
 - Plano de implantación con situación de los consumidores de energía, tanto equipos como instrumentación, válvulas motorizadas, etc.
 - Diagramas de tuberías e instrumentos.
 - Bases de diseño del proyecto y especificaciones normalizadas.
- Planos de detalle y de armaduras de obra civil.
- Planos eléctricos: Con diagramas unifilares, distribución de fuerza, distribución de alumbrado, alumbrado, etc.
- Mediciones: Sobre los P&I y los planos de implantación es necesario efectuar un recuento de todos los elementos que además de los equipos componen la planta, como pueden ser tuberías, válvulas, instrumentos, electricidad, hormigones, movimiento de tierras, edificaciones, etc.
- Evaluación de los costes de la instalación: Se puede proceder de dos maneras, una es estimar el coste de cada elemento en base a los precios de obras realizadas anteriormente, actualizando el precio en función de la inflación. Otra es pedir una o varias ofertas del elemento concreto que se quiere valorar a algún fabricante, siendo este sistema más seguro pero implica mayores demoras.
- Evaluación del precio de venta: Una vez realizada la estimación se procede, si el proyecto es para un estamento oficial, a la elaboración de los cuadros de precios nº 1 y 2, y de los presupuestos parciales. Estos presupuestos parciales son una agrupación por zonas y por grupos de los elementos que componen la instalación, reflejando una breve descripción, nº de unidades y precio de venta en ejecución material (coste * coeficiente de montaje * coeficiente de transporte).

Los cuadros de precios nº 1 y 2 son distintas agrupaciones, de acuerdo con su denominación o numeración, de todos los elementos de la instalación e incluso de los que no están incluidos en la misma.

Finalmente, al precio total de la ejecución material se le aplica un 13% de gastos generales, y un 6% de beneficio industrial (variable según CC.AA.) para obtener el precio de venta o de ejecución por contrata.

■ **Desarrollo del pliego de condiciones y de las especificaciones del proyecto:** El pliego de condiciones de obra civil fija las características, calidades y normas por las que se va a regir la ejecución de la obra civil. Las especificaciones tanto de equipos como tuberías, instrumentos, electricidad, etc. describen con todo detalle las características de cada elemento:

- Cálculos y línea piezométrica: Fija las elevaciones relativas de todos los elementos que componen la planta.
- Planos de obra civil con dimensiones exactas, armaduras, cimentaciones, planos de edificación, etc.
- Planos de tuberías o isométricas, con medidas de todos los tramos, listas de materiales como accesorios, tornillos, soportes, válvulas, etc.
- Planos eléctricos, como diagramas unifilares, planos de centros de control de motores, planos de distribución de fuerza y alumbrado, etc.
- Planos de equipos, generalmente suministrados por los fabricantes.
- Planos complementarios, tales como de situación de la planta, urbanización y jardinería, seguridad e higiene, etc.

b) Compras

El departamento de compras se encarga de la petición de ofertas, para posteriormente preparar una tabulación de las diferentes ofertas recibidas para cada elemento y realizar un comparativo económico. A la vez, el departamento de procesos hace un comparativo técnico de los distintos ofertantes. Del estudio de ambas, la dirección del proyecto selecciona el o los proveedores. La información facilitada por el proveedor es utilizada en muchos de los puntos mencionados anteriormente para el desarrollo de la ingeniería de detalle. Finalmente se realiza un pedido en el que se detallan los equipos a comprar, plazo de suministro, forma de pago, etc.

c) Obras de construcción e instalación

El departamento de construcción se encarga de ejecutar todo lo plasmado en el proyecto de construcción. En ocasiones, y según el grado de detalle y la calidad del proyecto, en la propia oficina de obra se hacen o corrigen planos de detalle que no habían sido suficientemente especificados en el proyecto.

Las fases de la obra son las siguientes:

- Ejecución de casetas u oficinas de obras, etc.
- Estudio topográfico del terreno y movimiento de tierras para excavaciones, carreteras de obra, etc.
- Vallas, acometidas de agua, electricidad, etc.
- Ejecución de soleras, balsas y edificios de obra civil.
- Montaje de los equipos mecánicos, tuberías y válvulas.
- Montaje de la instalación eléctrica e instrumentación.
- Rellenos, urbanización y red de riego.
- Jardinería.

d) Puesta en marcha

Una vez finalizado el montaje se procede a la realización de las pruebas en vacío de los equipos verificando el consumo, el sentido de giro correcto, ausencia de ruidos o vibraciones, correcta alineación, etc.

Posteriormente se realiza la prueba hidráulica tanto de las balsas como de las tuberías e instalaciones procediendo a reparar las posibles fugas o defectos de montaje (colocación de juntas, ajuste de bridas, etc.).

Con las tuberías debidamente montadas se procede a la prueba de los equipos en carga pero con agua limpia con el fin de facilitar cualquier operación de reparación o corrección.

Finalmente se pone en marcha la planta con el agua residual a tratar y con los fangos obtenidos en el tratamiento.

Se pueden considerar como plazos normales de puesta en marcha, después de haber resuelto los problemas mecánicos, los siguientes:

- Pretratamiento y decantación: el necesario para llenar las instalaciones.
- Tratamiento biológico aerobio: 1 mes.
- Digestión anaerobia: 1 ó varios meses según la calidad del fango aportado, es muy importante no llenar el digester con agua.
- Deshidratación de fangos: 1 ó varias semanas hasta identificar el polielectrolito más adecuado.

Trabajos adicionales

- Asistencia técnica durante el año de garantía.
- Operación y mantenimiento durante el año de garantía o durante períodos más largos, incluyendo contratación de personal, compra de reactivos, manejo de instalaciones, etc.
- Instrucción de los operadores y personal que se hará cargo de las instalaciones.
- Preparación de las instrucciones de operación y de los manuales de montaje, puesta en marcha y mantenimiento. Estos últimos se preparan con la información suministrada por los fabricantes de equipos.

3.6 Gestión y control de las fuentes emisoras de aguas residuales

Las EDAR están diseñadas, básicamente, para tratar las aguas domésticas procedentes de los usos humanos, fácilmente biodegradables y cargadas de una contaminación que podría denominarse "natural". Sin embargo, la mayoría de las ciudades tiene una fuerte localización industrial, industrias que generan una contaminación especial, no siempre equivalente a la contaminación doméstica (ver tabla 3.11), y en muchos casos con componentes tóxicos o inhibidores para los procesos de síntesis y descomposición biológica. Además, no se pueden olvidar los elevados costes de inversión y explotación de las EDAR diseñadas para combatir una fuerte contaminación industrial, en comparación con los correspondientes a los efluentes domésticos.

Tabla 3.11: Carga contaminante en España.

Población de hecho	38.489.577 habitantes equivalentes
Población estacional estimada	11.908.967 habitantes equivalentes
Contaminación industrial estimada	34.709.239 habitantes equivalentes
Total	85.102.783 habitantes equivalentes

En base a lo anterior es preciso tener en cuenta los siguientes puntos que a continuación pasaremos a desarrollar:

- Conocer la problemática de la presencia de efluentes industriales en los sistemas de saneamiento, lo cual implica el conocer la tipología de las industrias (empresas agroalimentarias: carga orgánica elevada; industrias químicas: concentración de sustancias tóxicas elevada), su tamaño (PYMES y/o industrias pesadas), etc.
- Establecer una adecuada normativa (Ordenanzas municipales) sobre el uso del alcantarillado y de los vertidos al mismo, que regule y limite las condiciones de su uso.
- Establecer un control en la gestión de los vertidos industriales, mediante actuaciones directas (vigilancia de los vertidos), e indirectas (disuadir a los industriales penalizando el incremento de la contaminación mediante tarifas o cánones en función del aporte contaminante).

Problemática de los efluentes industriales en redes de saneamiento

El conocimiento de la problemática de la presencia de efluentes industriales en las redes de alcantarillado permite adecuar los trabajos de mantenimiento y renovación de la red.

Sin embargo, dicha problemática no viene únicamente causada, como pudiera parecer, por las industrias pesadas. Existen en el ámbito urbano, pequeñas y medianas empresas (PYMES) que pueden verter al alcantarillado efluentes con un potencial contaminante nada despreciable, por ejemplo industrias que vierten efluentes contaminados con una carga orgánica alta (carnicerías, empresas conserveras, empresas congeladoras, bodegas, etc.), y/o industrias con efluentes contaminados con sustancias tóxicas (talleres mecánicos, lavanderías en seco, galvanizados, etc.).

En aquellos municipios que se caractericen por la alta proporción de estas pequeñas empresas, se requieren pretratamientos por parte de las empresas más contaminantes, que adecúen los efluentes a las características de las aguas residuales urbanas ya que la dilución que tiene lugar no es suficiente.

En el caso de las industrias pesadas, éstas tienen dos alternativas. Una es que las industrias pueden realizar un tratamiento propio y verter directamente al cauce receptor. La otra es que pueden realizar un pretratamiento que adecue los efluentes a las características de las aguas residuales urbanas, y verterlos al colector municipal para el tratamiento en EDAR.

La problemática general de los efluentes industriales viene definida por los siguientes aspectos:

- Protección de canalizaciones frente a compuestos agresivos o corrosivos, tales como: efluentes excesivamente ácidos o alcalinos, efluentes salinos, presencia de gases disueltos, presencia de compuestos orgánicos, aguas blandas, y efluentes con temperaturas superiores a 65°C.
- Prevención de atascos y obstrucciones en la red, causados por hidróxidos, sulfatos o carbonatos, ácidos grasos y jabones, aceites y grasas, y sólidos en suspensión.
- Precauciones frente a compuestos tóxicos o peligrosos para el personal de explotación tanto de la red de alcantarillado como de la depuradora. Las sustancias cuyo vertido se controla usualmente pertenecen a las tres categorías siguientes: líquidos orgánicos volátiles (hidrocarburos, disolventes halogenados, etc.), sustancias reactivas (carburos, hidruros, sulfuros, cianuros, hipocloritos, sulfitos, peróxidos, cloratos, bromatos, etc.), y gases (sulfhídrico, cianhídrico, etc.).
- Eliminación de vertidos con compuestos tóxicos o inhibidores de los procesos de depuración (biológicos), o que limiten las posibilidades de disposición de los fangos obtenidos. Las sustancias que producen problemas en el proceso de tratamiento biológico pueden ser minerales u orgánicas. En la siguiente tabla se muestra el rango de toxicidad para alguna de estas sustancias.

Tabla 3.12: Rango de toxicidad de algunas sustancias minerales y orgánicas en depuración biológica aerobia.

Sustancia	Valor límite (mg/l)
Arsénico	4
Cromo (VI)	2-5
Cobre	1
Mercurio	0,2
Sulfuros	20
Cianuros	1-1,6
Dinitrofenol	4
Fenol	75

Los efluentes industriales que, tras la aplicación de medidas internas de control, sean clasificables como prohibidos, tolerables con limitaciones, o incompatibles, deberán someterse a uno o varios de los siguientes procesos u operaciones unitarias de pretratamiento, antes de ser admitidos en las redes de alcantarillado:

- Desbaste o cribado
- Desarenado
- Igualación
- Neutralización
- Separación de aceites y/o grasas
- Separación de sólidos en suspensión
- Precipitación química
- Reducción química
- Oxidación química
- Pretratamientos especiales

Ordenanzas de vertido

Toda vez que por Ley (Régimen Local) en nuestro país la responsabilidad de la gestión del saneamiento municipal es de las Entidades Locales, la forma legal habitual para regular los vertidos a las redes de alcantarillado es la de la Ordenanza.

La Ordenanza de vertido debe tener por objeto el reglamentar las condiciones en que serán admisibles las descargas de efluentes residuales a las instalaciones públicas de saneamiento (colectores y depuradoras) y establecer las prescripciones a que deberán someterse los usuarios del saneamiento y depuración.

En el alcance y contenido de una Ordenanza de Uso del Alcantarillado influyen dos hechos: que incluya todas las disposiciones aplicables, y que además incluya el sistema de autorizaciones de vertidos.

En general, los municipios pequeños y con pocas industrias usan una ordenanza que incluye todas las disposiciones aplicables, pero no emplean un sistema de autorizaciones.

En municipios de tamaño medio-grande, con Instalaciones Públicas de Saneamiento mayores (o, lo que es más importante, mayor número de usuarios industriales), las Ordenanzas que incluyen todas las disposiciones aplicables se vuelven menos flexibles para hacer frente a las numerosas diferencias individuales entre los usuarios industriales. En estos casos puede ser más efectivo el empleo de un documento menos extenso y que sólo establezca disposiciones generales. Este tipo de Ordenanza se complementa con un conjunto de reglamentos separados que explican las responsabilidades de los usuarios respecto a las disposiciones generales. Los reglamentos complementarios pueden tener la forma de un sistema de autorizaciones con inclusión o no de otras disposiciones sobre la autovigilancia industrial.

Dentro de los vertidos prohibidos a la red de alcantarillado municipal cabe relacionar:

- Mezclas explosivas e inflamables.
- Materias sólidas y viscosas.
- Disolventes e inmiscibles.
- Sustancias corrosivas y agresivas.
- Materias coloreadas y sustancias colorantes.
- Residuos industriales.
- Residuos radiactivos.
- Sustancias tóxicas para las personas.
- Sustancias tóxicas o inhibitorias de los procesos biológicos de depuración.

En la siguiente tabla se muestran a título de ejemplo los valores máximos instantáneos de los parámetros de contaminación tipo de vertidos no domésticos realizados al sistema de saneamiento, según la Ley 20/1993 de la Comunidad Autónoma de Madrid.

Tabla 3.13: Concentraciones máximas instantáneas de contaminantes permisibles en las descargas de vertidos no domésticos.

Parámetro	Valor máximo
Temperatura	< 40°C
pH	6-9
Conductividad	5.000 us/cm
DBO ₅	1.000 mg/l
DQO	1.750 mg/l
Sólidos en suspensión	1.000 mg/l
Aceites y grasas	100 mg/l
Arsénico	1 mg/l
Aluminio	20 mg/l
Bario	20 mg/l
Boro	3 mg/l
Cadmio	0,5 mg/l
Plomo	1 mg/l
Cromo total	5 mg/l
Cromo hexavalente	3 mg/l
Cobre	3 mg/l
Zinc	5 mg/l
Níquel	10 mg/l
Mercurio	0,1 mg/l
Hierro	10 mg/l
Selenio	1 mg/l
Cianuros	5 mg/l
Sulfuros	5 mg/l
Estaño	2 mg/l
Fluoruros	15 mg/l
Manganeso	2 mg/l
Plata	0,1 mg/l
Toxicidad	25 equitox/m ³
Fenoles totales	2 mg/l

Esta tabla tienen un carácter orientativo, entendiendo que:

- Para cada ordenanza del municipio de que se trate se tomaran los valores para cada parámetro en función de la tipología y tamaño de la industria existente, y de otras consideraciones locales.
- Hay una serie de parámetros como DBO, DQO, sólidos en suspensión, conductividad, etc. que estarán en función de la capacidad de depuración que tengan las instalaciones municipales.
- En municipios concretos, la ordenanza municipal podrá establecer en algunos casos valores superiores a los señalados en la tabla, en función de las características de las instalaciones de tratamiento existente y siempre y cuando quede demostrado que no tienen consecuencias negativas.
- En municipios con necesidades específicas, se podrán fijar además otros parámetros que se consideren necesarios.
- En todo caso se atenderá a las prescripciones establecidas en los artículos 92 a 101 de la Ley de Aguas y disposiciones de desarrollo.

La estructura tipo de una Ordenanza de vertidos debería ser similar a la siguiente:

- Título I: Disposiciones Generales.
- Título II: Condiciones de los vertidos a la Red de Saneamiento.
- Capítulo 1: Vertidos prohibidos
 - Capítulo 2: Vertidos tolerados
 - Capítulo 3: Instalaciones de pretratamiento
 - Capítulo 4: Descargas accidentales
- Título III: Control de los vertidos a la Red de Saneamiento.
- Capítulo 1: Solicitud de vertidos
 - Capítulo 2: Autorización de vertidos
 - Capítulo 3: Muestreo y análisis de los vertidos
 - Capítulo 4: Inspección y vigilancia
 - Capítulo 5: Protección de las EDAR
 - Capítulo 6: Protección de los cauces públicos
- Título IV: Régimen disciplinario.
- Capítulo 1: Normas generales
 - Capítulo 2: Clasificación de las infracciones
 - Capítulo 3: Clasificación de las sanciones
- Título V: Disposiciones finales.
- Título VI: Disposiciones transitorias.
- Título VII: Anexos.

3.7 Cánones de vertido. Implantación y control

A continuación se describen los dos tipos de cánones en cuanto a contaminación de las aguas que existen actualmente en nuestro país: los cánones de saneamiento municipales gestionados por los propios Ayuntamientos o sus CC.AA., y los cánones de vertido al cauce público gestionados por las Confederaciones Hidrográficas.

Canon por vertido a las redes de saneamiento municipales

En general, cada CC.AA. tiene regulados y establecidos los cánones que aplican a los vertidos producidos a sus redes de saneamiento, dando mayor o menor importancia a los criterios que tienen en cuenta para el cálculo de dicho canon:

- volumen de vertido
- carga contaminantes (DBO₅, sólidos en suspensión, toxicidad, etc.)
- volumen abastecido
- zona donde está instalada la actividad (rural, urbana, polígono industrial)
- etc.

Canon por vertidos al cauce público

Según la Ley 29/85, de Aguas, los vertidos autorizados (procedentes de saneamientos urbanos, establecimientos industriales y otros focos susceptibles de degradar la calidad de las aguas) que se realicen directa o indirectamente en los cauces, cualquiera que sea la naturaleza de éstos, así como los que se llevan a cabo en el subsuelo o sobre el terreno, balsas o excavaciones, mediante evacuación, inyección o depósito, se gravarán con un canon destinado a la protección y mejora del medio receptor de cada cuenca hidrográfica.

El procedimiento para obtener la autorización administrativa de vertido se iniciará mediante la presentación de una solicitud por el titular de la actividad. Esta solicitud de vertido es estudiada por la Confederación, la cual teniendo en cuenta el Plan Hidrológico y las características del medio receptor, establecerá las condiciones de vertido y los límites para los parámetros a controlar.

4. CALIDAD DEL AIRE Y CONTROL DE RUIDOS

4.1 Competencias municipales sobre contaminación atmosférica. Legislación aplicable

En la actualidad, los municipios son los principales responsables en materia de calidad del aire y de contaminación procedente de plantas industriales (siempre que la planta no exceda determinadas características y que la población de la ciudad sea mayor de 50.000 habitantes):

- Vigilancia y medición de niveles de emisión e inmisión.
- Imposición de multas.
- Adopción de medidas correctoras.
- Expedientes de declaración de zona de atmósfera contaminada.

La Ley General de Sanidad, en su artículo 42 atribuye a los ayuntamientos (sin perjuicio de las competencias de las demás administraciones públicas) el control sanitario del medio ambiente, referido a la contaminación atmosférica.

El RAMINP indica que los alcaldes tienen la competencia de conceder permisos que impliquen contaminación y de ellos depende la vigilancia y la posibilidad de sancionar. Además, intervienen en el expediente de declaración de zona de atmósfera contaminada, estando obligados a establecer centros de análisis de la contaminación.

Las ordenanzas, o en su caso, la reglamentación municipal deben adoptar regímenes y medidas específicas en materia de contaminación. Los ayuntamientos también deben determinar los responsables de emisiones contaminantes y suyos son los servicios de inspección técnica de vehículos, en lo referente a características técnicas de seguridad del motor.

En este sentido, las competencias municipales en cuanto a contaminación producida por automóviles son las siguientes:

- La vigilancia de la emisión de gases por los tubos de escape de los vehículos a motor puede hacerse de forma ocasional o periódica. La inspección incidental corresponde a los agentes de vigilancia del tráfico que podrán detener cualquier vehículo con motor de gasolina, en todo lugar y ocasión, al objeto de proceder a la medición de las emisiones de escape.
- En la vigilancia del tráfico, los humos emitidos por los vehículos de motor diesel pueden ser apreciados visualmente. No se tomarán en consideración a estos efectos las emisiones de humos momentáneos que se produzcan como consecuencia de la puesta en marcha, aceleraciones y cambio de velocidad, pero cuando, a juicio de los agentes de la autoridad exista presunción manifiesta de incumplimiento de los límites de emisión, se exigirá al titular o conductor del vehículo su presentación en una estación oficial de inspección del Ministerio de Industria o del Ayuntamiento. Los agentes de vigilancia del tráfico formularán denuncia contra los titulares de vehículos cuyo contenido de CO medido en los gases de escape supere los límites legales.

- Las inspecciones periódicas corresponden a los ayuntamientos de las capitales de provincia y de otras ciudades que dispongan de servicios técnicos, bajo la vigilancia del Ministerio de Industria, cuyos servicios pueden efectuar también inspecciones.

En cuanto al ruido, el RAMINP faculta a las corporaciones locales, a través de la tramitación de licencias, para exigir las medidas correctoras adecuadas, así como para examinar la idoneidad de los emplazamientos de acuerdo con la clasificación de la actividad a implantar. Complementario a lo anterior, el Decreto 2107/68 sobre el régimen en poblaciones con alto nivel de contaminación atmosférica o de perturbaciones por ruido o vibraciones, dispone que los ayuntamientos deberán adoptar las medidas y limitaciones necesarias fijadas por las ordenanzas municipales que se redacten al efecto.

En cuanto a olores, no existe regulación propia, por lo que continúa encuadrándose dentro del RAMINP. En caso de quejas por "malos olores", los ayuntamientos hacen cumplir la normativa vigente sobre aislamiento.

Tabla 4.1: Reparto de competencias en la protección del ambiente atmosférico.

Administración pública	Reparto de competencias
Administración estatal	<ul style="list-style-type: none"> - Elaboración de la legislación básica: <ul style="list-style-type: none"> * En emisión: Ministerio de Industria * En inmisión: MOPTMA, Ministerio de Sanidad. - Relaciones con la UE.
Administración autonómica	<ul style="list-style-type: none"> - Desarrollo de la legislación básica. - Fijación de los niveles máximos de emisión permitidos para casos particulares. - Competencias de ejecución sobre: <ul style="list-style-type: none"> * Autorizaciones de proyecto, puesta en marcha y funcionamiento de la actividad. * Control, inspección y vigilancia del funcionamiento de las instalaciones. * Infracciones y sanciones.
Administración local	<ul style="list-style-type: none"> - Competencias compartidas con la administración autonómica en control y sanción, según lo dispuesto en las Ordenanzas municipales dentro de sus respectivas demarcaciones territoriales.

4.2 **Tipología de contaminantes atmosféricos y problemas actuales del municipio relacionados con la calidad del aire**

Son muchas las actividades inherentes al funcionamiento de la ciudad que emiten agentes contaminantes a la atmósfera; si a ello unimos los fenómenos climáticos que no hacen favorable su difusión nos encontramos con que la contaminación atmosférica es uno de los problemas ambientales de mayor relevancia en los medios urbanos.

Los contaminantes presentes en la atmósfera de las ciudades proceden principalmente de fuentes emisoras antropogénicas. Los principales focos antropogénicos de emisiones primarias son los siguientes:

- **Focos fijos:**
 - Industriales: Instalaciones fijas de combustión y procesos industriales.
 - Domésticos: Instalaciones de calefacción.
- **Focos móviles: automóviles, aviones, etc.**
- **Focos compuestos: zonas industriales y áreas urbanas.**

Si atendemos a la distribución espacial de la emisión de contaminantes, podemos clasificar los focos en:

- **Focos puntuales: chimeneas industriales aisladas, chimeneas de sistemas de calefacción.**
- **Focos lineales: calles, líneas ferroviarias.**
- **Focos superficiales: zonas industriales y áreas urbanas.**

Los principales focos antropogénicos de emisión de contaminantes atmosféricos en las ciudades son los automóviles, las calefacciones domésticas, y determinados procesos industriales situados en el radio de las ciudades.

La clasificación de los contaminantes atmosféricos en base a su naturaleza es la siguiente:

- **Sustancias químicas.**
- **Formas de energía: radiaciones ionizantes y ruido.**

Las sustancias químicas se pueden clasificar en base a la forma en que son introducidas en la atmósfera como:

- **Contaminantes primarios:** Sustancias vertidas directamente a la atmósfera desde los focos contaminantes. Las más usuales son los siguientes:

- **Aerosoles:** partículas sólidas y líquidas.
- **Gases:**
 - * Compuestos de azufre: SO_2 , SO_3 , SH_2
 - * Compuestos de nitrógeno: NO , NO_2 , NH_3
 - * Compuestos de carbono: H_nC_m , CO , CO_2

Otras contaminantes primarios que aparecen más raramente en la atmósfera son los siguientes:

- Metales pesados: Pb , Cr , Cu , Mn , As , Cd , Hg
 - Sustancias minerales: asbestos y amianto
 - Compuestos inorgánicos halogenados: HCl , Cl_2 , fluoruros
 - Compuestos orgánicos: COV, hidrocarburos aromáticos
 - Compuestos orgánicos de azufre: mercaptanos
 - Compuestos orgánicos halogenados: PCB, dioxinas y furanos
 - Sustancias radiactivas
- **Contaminantes secundarios:** No se vierten directamente a la atmósfera desde los focos emisores sino que se producen como consecuencia de las transformaciones y reacciones químicas y fotoquímicas que sufren los contaminantes primarios en el seno de la misma. Las principales alteraciones atmosféricas producidas por los contaminantes secundarios son:
 - Contaminación fotoquímica: producida por oxidantes fotoquímicos tales como el ozono y los nitratos de peroxiacetileno.
 - Acidificación del medio: producida por deposiciones secas y húmedas derivadas del dióxido de azufre y de los óxidos de nitrógeno.
 - Disminución de la capa de ozono.

En la siguiente tabla se relacionan las principales fuentes de contaminantes atmosféricos en las ciudades con los principales contaminantes emitidos.

Tabla 4.2: Origen de los principales contaminantes en el medio urbano.

	Tipo de fuente	Combustible	Contaminantes principales
Fuentes móviles	Transporte	Gasolina	CO, NO _x , Pb, HC, Oxidantes fotoquímicos
		Gas-oil	Partículas, NO _x , olores, SO ₂ , HC
Fuentes fijas	Calefacciones domésticas	Leña, turba	Partículas, CO, NO _x
		Carbón	Partículas, SO ₂ , CO, NO _x
		Aceite ligero, gas	NO _x , SO ₂
	Calderas industriales Centrales térmicas	Carbón, aceite pesado	SO ₂ , NO _x , partículas
	Procesos de industrias manufactureras		Dependientes del proceso: metales pesados en fundiciones, fluoruros en la obtención de aluminio, SO ₂ y mercaptanos en las fábricas de pasta de papel

A título de ejemplo, se muestran los factores de emisión de contaminantes atmosféricos de vehículos y de calefacciones domésticas. Para los demás tipos de fuentes se puede acudir a los factores de emisión publicados por la EPA.

Tabla 4.3: Factores de emisión de vehículos (gr/km). Pauta de conducción urbana.

Tipo de vehículos	Carburante	Factores de emisión (gr/km)					
		Partículas	SO ₂	CO	COV	NO _x	Pb
Ligeros	Gasolina	0,2	0,09	21	2,8	1,8	0,04
	Gasóleo	0,2	0,31	1,0	0,15	0,7	0,0
Pesados (mayores de 16 tm)	Gasolina	0,54	0,23	70	7,0	4,5	0,1
	Gasóleo	1,60	1,8	7,3	5,8	1,82	0,0

Fuente: CORINE, EPA

Tabla 4.4: Factores de emisión de calefacciones (gr/Mkcal).

Tipo de combustible	Factores de emisión (gr/Mkcal)					Notas
	Partículas	SO ₂	CO	COV	NO _x	
Antracita	1.600	3.100	800	16	500	1% S, 10% cenizas, 8.200 kcal/kg (PCS)
Gasóleo	130	550	65	38	160	0,3% S, 0,9 kg/l (densidad)
Gas natural	32	1,1	34	42	210	

Fuente: EPA

Problemática de malos olores

Otros tipos de contaminación atmosférica, como son los olores, los ruidos y las vibraciones, que constituyen uno de los principales motivos de denuncias por actividades molestas.

Los "malos olores" se consideran como una alteración a veces estética, y que tiene componentes subjetivos específicos para cada individuo. Su caracterización se hace a través de la concentración de la materia olorosa (SH₂, mercaptanos), o por apreciación relativa de individuos según métodos estructurados (olfatometría). Considerando el grado de subjetividad del olor y que una emisión, a menudo, consiste en una mezcla compleja de numerosos componentes, el resultado es que los normalmente son más útiles los métodos de medida sensoriales que los instrumentales. Los principales focos de olor en los municipios son los siguientes:

- Núcleos urbanos: producción de alimentos, depuradoras de aguas residuales urbanas, vertederos de RSU, etc.
- Areas rurales: procesos agrícolas y ganaderos.
- Areas industriales cercanas a núcleos de población: con procesos de contaminación atmosférica que da lugar a episodios de malos olores.

Ruido

El ruido ambiental, entendiéndose por tal el conjunto de ruidos intermitentes que se producen como consecuencia de las actividades humanas, suele seguir con fidelidad las variaciones de actividad de la comunidad, de tal forma que son las zonas con mayor actividad las que más ruido generan.

Las principales fuentes emisoras de ruido son:

- La industria
- El tráfico rodado (automóviles, ferrocarril)
- El tráfico aéreo
- Las obras
- Las diversas actividades domésticas

La presencia conjunta de todos estos agentes en una ciudad hace que sea el ambiente urbano uno de los más castigados por el ruido. En las zonas urbanas, el agente generador de ruido más importante es el tráfico rodado. Según los últimos datos de la OCDE, el tráfico es responsable de que el 74% de la población española esté sometida a niveles de ruido superiores a 55 Leq (dB(A) entre 6 y 22 horas) que exceden los considerados admisibles en las legislaciones más avanzadas. Un estudio realizado por el MOPTMA señala que el 55% de las fachadas de las viviendas españolas sufren niveles diurnos superiores a 65 dB(A) (máximo admisible para zonas residenciales), porcentaje que alcanza el 71% al calcular las fachadas que soportan niveles nocturnos superiores a 55 dB(A), también máximo admisible.

4.3 Legislación sobre emisiones e inmisiones a la atmósfera

Sustancias químicas

En el siguiente cuadro se resumen las disposiciones legales que regulan en nuestro país las emisiones e inmisiones de contaminantes a la atmósfera.

Tabla 4.5: Disposiciones legales que regulan en nuestro país las emisiones e inmisiones de contaminantes atmosféricos.

Concepto	Disposiciones legales
Catálogo sobre actividades potencialmente contaminadoras de la atmósfera	Anexo II del D 833/75
Principales contaminantes de la atmósfera	Anexo III del D 833/75
Niveles de emisión de contaminantes a la atmósfera	<ul style="list-style-type: none">* Anexo IV del D 833/75* Artículo 46.4 del D 833/75* RD 646/91 para emisiones de grandes instalaciones de combustión* RD 1088/92 para emisiones de incineradores de RSU
Niveles de inmisión de contaminantes	<ul style="list-style-type: none">* Anexo I del D 833/75, modificado parcialmente por RD 1613/85 y por RD 1321/92 para SO₂ y partículas, y por RD 717/87 para NO_x y plomo* Artículo 46.4 del D 833/75
Niveles de inmisión en el interior de las explotaciones industriales	D 2414/81 que aprueba el RAMINP
Potencia acústica admisible de maquinaria de obras	RD 245/89, modificado por O 17/11/89 y O 18/7/91

Según el artículo 46.4 del Decreto 833/75, las emisiones de aquellos contaminantes no especificados en el anexo III serán tales que los niveles de inmisión resultantes cumplan lo prescrito para los mismos en el anexo I del mismo Decreto. Para los contaminantes que tampoco vengan en dicho anexo I, se tomarán como niveles de inmisión la treintava parte de las concentraciones máximas permitidas para éstos en el ambiente interior de las explotaciones industriales, según señala el anexo II del RAMINP, aprobado por D 2414/81.

En la tabla siguiente se muestran los valores de referencia que el RD 1613/85 para SO₂ y partículas en suspensión, y el RD 717/87 para NO_x y plomo, fijan para la declaración de situación de emergencia por contaminación atmosférica.

Tabla 4.6: Valores de referencia para la declaración de situación de emergencia.

Contaminante	Período considerado	Emergencia 1º grado	Emergencia 2º grado	Emergencia total
Producto de concentraciones de SO ₂ y partículas en suspensión, ambos en µg/Nm ³	Promedio de 1 día	160.10 ³	300.10 ³	500.10 ³
	Promedio de 3 días	125.10 ³	250.10 ³	420.10 ³
	Promedio de 5 días	115.10 ³	230.10 ³	
	Promedio de 7 días	110.10 ³		
Concentración de NO _x en µg/Nm ³	1 hora	957	1.270	1.700
	24 horas	565	750	1.000
	7 días	409	543	724

El anexo C del RD 717/87 fija el valor límite para plomo en la atmósfera (expresado en µg/Nm³), que será 2 en media anual aritmética de dos valores diarios registrados.

El RD 2482/86, modificado por RD 1485/87, regula el contenido de azufre en los combustibles, de forma que el contenido máximo en azufre permitido en los gasóleos A, B y C es de 0,3%; en el fuelóleo n° 1 es de 2,7%; y en el fuelóleo n° 2 es de 3,5%.

Niveles de ruido permitidos

Sólo un tercio de los municipios españoles cuentan con ordenanzas sobre ruido y sólo dos comunidades autónomas (Navarra y Extremadura) cuentan con regulaciones específicas.

Tomando como referencia la Ordenanza General de Protección del Medio Ambiente de Madrid, en su Libro II dedicado a la Protección de la Atmósfera frente a la contaminación por Formas de Energía, determina una serie de niveles máximos de ruido diferenciando entre el ambiente exterior (el ruido percibido en la calle) y el ambiente interior (el ruido de fuera percibido desde dentro de los edificios). En la siguiente tabla se muestran los niveles máximos de ruidos permitidos en el ambiente exterior, tal y como recoge el artículo 90 de la citada ordenanza.

Tabla 4.7: Límites de ruido en ambientes exteriores fijados en la Ordenanza Municipal de Madrid.

Situación actividad	Ambiente exterior (Niveles máximos en dB(A))	
	Día	Noche
Zona con equipamiento sanitario	45	35
Zona con residencia, servicios terciarios no comerciales o equipamientos no sanitarios	55	45
Zona con actividades comerciales	65	55
Zonas con actividades industriales o servicios urbanos excepto de la administración	70	55

El MOPTMA, siguiendo las recomendaciones de la Comisión Económica para Europa de Naciones Unidas ha elaborado un "Modelo de Ordenanza municipal de protección ambiental" en el que se contemplan los siguientes niveles:

- Niveles máximos exteriores en Leq (dB(A)) de entre 35 y 45 (22 a 8 horas y 8 a 22 horas, respectivamente) para zonas sanitarias, 45 y 55 para viviendas, 55 y 65 para zonas comerciales, y 55 y 70 para áreas industriales. En cuanto a los niveles máximos en el interior de edificios.
- Niveles máximos en el interior de edificios: en la tabla siguiente se relacionan.

Tabla 4.8: Niveles máximos en el interior de edificios, según el "Modelo de Ordenanza municipal de protección ambiental" del MOPTMA.

Tipo de edificio	Local	Día (8-22 horas)	Noche (22-8 horas)
Residencial privado	Estancias	45	40
	Dormitorios	40	30
	Servicios	50	40
	Zonas comunes	50	40
Residencial público	Zonas de estancia	45	35
	Dormitorios	40	30
	Servicios	50	40
	Zonas comunes	50	40
Administrativos y oficinas	Despachos profesionales	40	-
	Oficinas	45	-
	Zonas comunes	50	-
Sanitarios	Zonas de estancia	45	30
	Dormitorios	30	30
	Zonas comunes	50	40
Docentes	Aulas	40	30
	Salas de lectura	35	30
	Zonas comunes	50	40

Si las medidas se realizan con las ventanas abiertas, los límites expresados se aumentarán en 5 dBA

El borrador del Real Decreto sobre ruido ambiental preparado por la Administración central, y que está en vías de aprobación incluye una tabla de valores límite de emisión de ruido. Los valores dependen de si el emisor (un coche, una discoteca, etc.) y el receptor (la edificación) ya existen; de si el emisor es nuevo y el receptor no (una carretera en construcción cerca de un bloque de viviendas ya construidas); de si el receptor es nuevo y el emisor existente (la edificación de una zona residencial junto a una carretera ya existente); de si no existen receptores o emisores o de sí, por último, se trata de situaciones especiales, donde los límites se aplicarán en el interior de recintos cuyo uso sea especialmente sensibles al ruido. También se especificará el tipo de receptor que acusará la emisión de sonido, distinguiendo entre los receptores tipo I para hospitales, colegios y zonas culturales; del tipo II para viviendas, hoteles y áreas recreativas; del tipo III para oficinas, comercios y restaurantes; y del tipo IV para áreas industriales y estaciones de viajeros.

Tabla 4.9: Valores límite de emisión de ruido (Leq dB (A)) previstos en el futuro Real Decreto.

Tipo de situación	Tipo de receptor	Niveles de ruido permitidos	
		Día	Noche
Emisores y receptores existentes	I	60	50
	II	65	55
	III	70	60
	IV	75	75
Emisor nuevo y receptor existente	I	55	45
	II	60	50
	III	65	60
	IV	75	70
Receptor nuevo y emisor existente	I	50	40
	II	60	50
	III	70	60
	IV	75	70
No existen receptores ni emisores	I	50	40
	II	55	45
	III	65	55
	IV	70	65
Situaciones especiales	I	40	30
	II	45	35
	III	50	40

4.4 Mecanismos de control de la contaminación atmosférica

La contaminación atmosférica es un campo de importante aplicación potencial de los denominados sistemas de control de contaminantes atmosféricos. Normalmente, los focos de tales emisiones suelen ser múltiples o superficiales como es el caso de los polos industriales y de las áreas urbanas, al contener focos tales como el tráfico de vehículos, las calefacciones, etc. Por ello, el sistema de control debe contemplar habitualmente la multiplicidad de focos de contaminación atmosférica presentes.

A continuación se describirán los elementos que suelen constituir los sistemas de control de la contaminación atmosférica.

Inventario de emisiones

El inventario de emisiones debe contener datos relacionados con:

- Contaminantes atmosféricos más importantes.
- Zona geográfica analizada: extensión, condiciones ambientales específicas.
- Período de tiempo estudiado (período de muestreo)
- Focos de emisiones (puntuales, lineales y superficiales).
- Datos de los focos de emisiones: Actividades (tipo y tamaño). Distribución temporal y espacial de las emisiones.

Para un sistema de gestión operativo, el ideal es conocer los valores de las emisiones en tiempo real, a los efectos de definir en cada momento su cuantía y distribución.

Medio de difusión atmosférica

Los aspectos fundamentales a considerar para la predicción del comportamiento de los contaminantes atmosféricos en el medio donde se verifica la difusión atmosférica:

- Meteorología y climatología.
- Topografía.
- Contaminación de fondo.

Los parámetros meteorológicos y climatológicos que se suelen analizar son los siguientes:

- Dirección y velocidad del viento, y sus variaciones con la altura.
- Estabilidades atmosféricas, presencia de inversiones.
- Temperatura ambiente.
- Radiación solar.
- Precipitaciones.
- Humedad relativa.
- Presión atmosférica.

La topografía tiene su relevancia ya que influye en el campo de vientos. En el caso de que existan emisiones atmosféricas en forma de penacho, la elevación topográfica acerca el receptor al mismo, con el consiguiente incremento de las concentraciones del contaminante.

La contaminación de fondo, además de incrementar la contribución de un determinado foco de emisión, puede dar lugar a transformaciones químicas o efectos sinérgicos.

Registro de inmisiones

El registro de inmisiones se puede realizar mediante estaciones manuales, donde hay que ir a recoger las muestras y realizar los correspondientes análisis en laboratorio. Se consiguen así, promedios diarios de concentraciones de inmisión de contaminantes atmosféricos.

Las estaciones automáticas poseen sensores que pueden suministrar valores de forma continua y automáticamente recogerlos ya procesados en las mismas estaciones, o transmitirlos por radio o teléfono al puesto de control centralizado.

Estas estaciones son capaces de medir en tiempo real los datos procedentes de los analizadores que controla. Cada equipo instalado en la vía pública incorpora los analizadores capaces de medir el nivel de presencia de cada uno de los siguientes contaminantes atmosféricos:

- dióxido de azufre (SO₂)
- monóxido de carbono (CO)
- partículas en suspensión
- ozono (O₃)
- hidrocarburos
- óxidos de nitrógeno (NO_x)
- lluvia ácida

Además de las estaciones remotas y estación central, es interesante disponer de estaciones meteorológicas que registren "in situ" los parámetros meteorológicos más relevantes, a efectos de verificar los correspondientes modelos que puedan prever valores de inmisión según las circunstancias meteorológicas locales. Las estaciones meteorológicas representan un elemento muy importante, dada la gran interrelación existente entre condiciones meteorológicas y episodios de elevado nivel de contaminación. Los parámetros que se miden son:

- radiación solar
- dirección y velocidad del viento
- temperatura ambiente
- humedad relativa
- presión atmosférica
- precipitaciones

Las funciones básicas del centro de control son:

- Consultar las estaciones de registro (remota + meteorológica) de forma periódica y automática, o bien bajo petición del operador.
- Efectuar predicciones en tiempo real, en base a la evolución de los parámetros actuales.
- Advertir inmediatamente de situaciones peligrosas y evaluar la eficacia de las decisiones adoptadas.
- Registrar la información significativa y almacenarla en memoria para procesarla estadísticamente.

Planes de saneamiento atmosférico

Constituyen objeto de un plan de saneamiento atmosférico, las emisiones atmosféricas en un determinado ámbito geográfico, y su finalidad principal es el establecimiento de alternativas de reducción de las mismas o de sus efectos, en este segundo caso fundamentalmente aminorando las inmisiones, y que sean viables tanto técnica como económicamente.

Las alternativas de reducción de emisiones atmosféricas en función del tipo de foco emisor, son las siguientes:

- Generadores de calor domésticos: modificación del combustible, ahorro en el consumo, actuaciones en los equipos o en la combustión, reducción del encendido, acciones municipales.
- Transporte: implantación de políticas de circulación, control de aparcamientos, horarios de carga y descarga, medidas disuasorias, identificación de vías conflictivas, modificación de los combustibles, control del estado de los vehículos, programas de concienciación.
- Instalaciones industriales: campaña de medidas, auditorías ambientales, modificación de los procesos de producción, de combustión, de los equipos, limitación del funcionamiento, utilización de fuel BIA, control de emisiones e inmisiones, medidas correctoras.

Dentro de las actuaciones listadas se pueden considerar como prioritarias el control (inspección y medida) de las emisiones, el control de las inmisiones (medida y prevención de efectos), el cambio a combustibles más limpios, y las actuaciones sobre los procesos.

El Plan de saneamiento atmosférico contempla medidas a implantar tales como instalación, mejora o ampliación de medidas correctoras, como pueden ser según el tipo de contaminante a tratar, por ejemplo:

- Para partículas: colectores mecánicos, filtros de mangas, lavadores, electrofiltros.

- Para SO₂: desulfuración de combustibles, desulfuración de gases de salida.
- Para NO_x: medidas primarias sobre parámetros o equipos de la combustión, desnitrificación de gases de salida.
- Para COV: recuperación, adsorción, absorción, condensación, quema en antorcha.

Sistemas operativos de gestión

De lo anteriormente expuesto, se puede deducir que el núcleo básico y fundamental de un sistema de gestión de la contaminación atmosférica es la red de vigilancia constituido por el conjunto de estaciones de medida de inmisiones de contaminantes, de cuyos registros se pueden establecer relaciones con emisiones atmosféricas en las zonas próximas, y con las características del medio de su difusión.

Son objetivos de una red de vigilancia:

- Establecer los valores de contaminación de fondo existentes.
- Observar las tendencias de la contaminación.
- Realizar investigaciones previas a una evaluación de la situación existente.
- Juzgar la situación y establecer estrategias de control.
- Activar procedimientos de emergencia para prevenir episodios de contaminación.
- Validar modelos de dispersión atmosférica.
- Investigar denuncias específicas.
- Proveer una base de datos para la evaluación de riesgos sobre la salud, planificación urbana y de usos del terreno, y para la evaluación de otros impactos ambientales.

Son decisiones básicas en materia de vigilancia:

- Contaminantes a muestrear.
- Número y localización de las estaciones.
- Períodos de muestreos y frecuencias de los mismos.
- Tipos de sensores a utilizar.
- Información meteorológica.
- Información de emisiones atmosféricas.
- Métodos y formatos de presentación de datos.
- Garantía de calidad y validación de datos.

Cabría recalcar la importancia fundamental del control de calidad de los datos que lleva implícito las acciones de:

- Calibración periódica de la instrumentación.
- Mantenimiento preventivo.
- Acciones correctivas necesarias para el adecuado funcionamiento de los aparatos.
- Validación de datos.

En España, el Laboratorio Nacional de Referencia está vinculado con el Instituto de Salud Carlos III, del Ministerio de Sanidad, el cual emite guías para la normalización de equipos de muestreo, y realiza programas periódicos de calibración para validación de los registros obtenidos.

5. CONTROL MEDIOAMBIENTAL DE LAS INDUSTRIAS

5.1 Competencias municipales sobre actividades clasificadas

Los Alcaldes tienen las siguientes competencias:

- Concesión de licencias para el ejercicio de las actividades reguladas (actividades molestas, insalubres, nocivas y peligrosas).
- Vigilancia para el mejor cumplimiento de las disposiciones.
- Ejercicio de la facultad sancionadora.

Los Ayuntamientos, a su vez, tienen la competencia de promulgar las ordenanzas municipales sobre los emplazamientos de estas actividades.

5.2 Gestión de la concesión de permisos y licencias de establecimiento

El procedimiento a seguir para la tramitación de licencias de actividades clasificadas e instalaciones es el siguiente:

- Petición de licencia: impresos formalizados que se facilitarán en los Ayuntamientos y Juntas de distrito. Están constituidos por:
 - Instancia de solicitud.
 - Hoja de características: donde se detallarán las características de las actividades, su posible repercusión sobre la sanidad ambiental y las posibles medidas correctoras.
 - Relación de vecinos afectados.
- Comprobación de la documentación en la Unidad Administrativa correspondiente.
- Si la documentación es incompleta o incorrecta se dará un plazo de 15 días al interesado para subsanar las deficiencias.
- Comunicación a los vecinos interesados.
- Información pública del expediente durante 15 días.
- Una copia del expediente se emitirá a la Unidad Técnica de Aperturas para que emita un informe sobre la adecuación a la normativa aplicable.
- El expediente, las alegaciones y el informe de la Unidad Técnica de Aperturas pasará a la Unidad Jurídica de Licencias, donde se redactará la propuesta de la licencia correspondiente.
- La propuesta de licencia es conformada por el Jefe del Departamento que lo eleva a la firma del Gerente Municipal de Urbanismo o al Presidente de la Junta.

- Si el informe no es favorable, la Unidad Jurídica de Licencias notificará al interesado la propuesta de denegación para que subsane las deficiencias en un plazo de 15 días.
- La licencia concedida no será ejecutiva hasta que la Comisión Central de Saneamiento no emita un informe.
- Si en el plazo de 4 meses desde la fecha de solicitud no se hubiese solicitado la solución al interesado, podrá éste denunciar la demora ante el Ayuntamiento y la Comisión, y transcurridos dos meses desde la denuncia podrá considerarse otorgada la licencia por silencio administrativo.

5.3 Abastecimiento del agua en la industria

El abastecimiento de agua podrá realizarse bien del suministro público o bien de captaciones independientes las cuales suelen realizarse sobre pozos o aguas superficiales continentales, utilizándose las aguas marinas únicamente en casos de extrema necesidad.

La necesidad por parte de la industria de una cantidad y calidad de agua elevada podría aconsejar el abastecimiento del suministro público, que puede tener como inconveniente depender de los problemas que le surjan en la compañía suministradora. Cuando la elección es utilizar un tipo de captación independiente, hay que considerar la mayor variabilidad que presentan de forma general las aguas de superficie, y evitar las obstrucciones y la sedimentación de lodos. Las aguas subterráneas presentan una cierta constancia de temperatura y salinidad, pero existen sobre todo riesgos de abrasión causada por arenas.

En cuanto a la cantidad de agua consumida, en la tabla siguiente se dan cifras indicativas de consumo para diferentes tipos de industrias.

Tabla 5.1: Datos indicativos de consumo de agua en la industria.

Tipo de industria	m ³ /día.empleado
Productos de alimentación	7,9
Productos lácteos	9,5
Azucareras	36,8
Aserraderos	44,1
Cartones	17,1
Curtido y acabado de pieles	2,8
Cemento hidráulico	7,3
Yesos	7,9
Conservas de frutas	6,8
Tinturas y acabados textiles, excepto lana	2,5
Materiales plásticos	5,7

5.4 Control de vertidos a la red de saneamiento

Con el fin de asegurar la protección de las redes de saneamiento, la protección del medio acuático contra descargas contaminantes, y el correcto funcionamiento de las EDAR, es preciso realizar una adecuada vigilancia y control de los vertidos líquidos que se realicen en un determinado municipio.

Las actividades que como mínimo deben llevarse a cabo para realizar un correcto control de los vertidos son las siguientes:

- Realizar una catalogación o inventario de vertidos. Para ello se requiere la localización de industrias o actividades potencialmente contaminadoras de las aguas (con la ayuda de los inventarios industriales de los municipios, MINER, Cámaras de Comercio, etc). A continuación se clasifican los mismos de acuerdo a su tipología, su volumen, o su potencial contaminador. Finalmente, se solicita información real referida a los vertidos, a través de encuestas, entrevistas y/o campañas de muestreo.
- Asegurar una autorización legal de entrada de inspección y obtención de muestras, al mismo tiempo que se regula la aprobación o autorización de los diferentes vertidos.
- Establecer un programa de control y vigilancia con medidas de caudal y carga contaminante. Es preciso determinar el tipo de control a realizar en función de la problemática existente o de la adecuada cooperación industrial. El control puede estar basado en :
 - Autocontrol industrial y comunicación de informes al organismo gestor.
 - Seguimiento por programa de muestreo regularmente establecido.
 - Control aleatorio de los efluentes, basado o no en la priorización de aquellos de mayor potencial contaminador bien utilizados de forma independiente o conjunta. Este programa debe ser gestionado y dirigido a través de un ente gestor que desarrolle un trabajo de campo (recogida de muestras representativas y registro de la calidad del vertido), y una analítica de laboratorio.
- Sistema de recaudación de los costes generados por la depuración de los vertidos especiales. El que tiene más éxito es el disuasorio, que consiste en el empleo de tarifas que recargan el coste del volumen unitario de agua depurada en función de su calidad (mayor coste a mayor carga contaminante). Este sistema asegura, a medio plazo, la reducción de los vertidos tanto en cantidad como en carga contaminante, al ser "interiorizado" por el industrial como un coste de producción que debe ser minimizado.

A continuación se desarrolla cada uno de estos apartados.

Catalogación e inventario de vertidos

Mediante la realización de un censo de industrias se pueden conocer los potenciales vertidos de tipo industrial y sus características.

Dependiendo del tamaño del municipio, para la realización del censo industrial se puede partir de ciertas fuentes de información muy útiles, tales como:

- Censo industrial de la Cámaras de Comercio.
- Censo de usuarios de la empresa de distribución de aguas.
- Censos de las empresas de servicios urbanos (electricidad, gas, RSU, etc.).
- Inventarios industriales de los ayuntamientos.

La información necesaria para catalogar las industrias es la siguiente:

- Razón social, ubicación, teléfono y fax de contacto.
- Tipo de industria (por ejemplo, clasificación oficial según CNAE)
- Tamaño de la industria (nº empleados, potencia eléctrica instalada, producciones, consumos, etc.).
- Potencial contaminador según tipo de procesos llevados a cabo en la industria de que se trate.
- Consumo de agua de abastecimiento.
- Código de usuario de la empresa suministradora de agua.

A continuación, es necesario confirmar los datos recabados, y mantenerlos actualizados (incorporando altas y bajas, cambios de información, etc), por ejemplo mediante:

- Encuestas-entrevistas.
- Visitas de inspección.
- Análisis de los efluentes.

Una vez elaborado y actualizado el censo de industrias, se puede llegar a conocer la problemática de los distintos vertidos industriales, lo cual es interesante para correlacionar las incidencias detectadas en una EDAR con las zonas de localización de determinado tipo de industria, lo que llevaría a conocer las fuentes emisoras de aguas residuales:

- Caudal y contaminación producida por los vertidos de tipo industrial.
- Carga contaminante por cuenca vertiente.
- Volumen de descarga por tipo de actividad industrial.
- Potenciales incidencias de vertidos en función de las calidades y toxicidades de los vertidos de una determinada zona.

Medios técnicos y analíticos para el control de los vertidos industriales

Los medios técnicos necesarios para el control de los vertidos industriales son los siguientes:

- Planos de las redes de alcantarillado y colectores, para la vigilancia de los vertidos y su procedencia.
- Arquetas de control para:
 - Asegurar la correcta localización de los vertidos.
 - Ubicación de sistemas de medida de tipo cuantitativo y cualitativo (caudalímetro, muestreador, instrumentos de medida)
- Tomas de muestras simple o compuesta, la cual puede hacerse de forma manual o automática.

Los medios analíticos son necesarios ya que frecuentemente las aguas residuales tienen una composición compleja, particularmente si procede de una instalación industrial. Una completa caracterización requiere el uso de los siguientes medios:

- Físico-químicos: valoraciones químicas, colorimetría y espectrofotometría.
- Biológicos: DBO, detección de patógenos.
- Fotometría de absorción atómica.
- Biotoxicidad.
- Detección de microcontaminantes.

En la práctica es frecuente la elección de un procedimiento mixto en donde los análisis más convencionales y usuales se desarrollan mediante un laboratorio municipal propio (con costes de inversión y funcionamiento bajos), acudiendo a empresas y laboratorios colaboradores especialistas cuando se trata de determinaciones más complejas que requieran de mejor equipamiento.

Sistema de recaudación de los costes de depuración de vertidos

Se utilizan dos sistemas de recaudación, individual o conjuntamente, denominados limitativo y disuasorio.

■ *Método limitativo*

Se establecen unos valores máximos (en concentración o en cantidad total) para los parámetros que definen contaminación en los efluentes residuales, los cuales no deben ser superados por el vertido industrial. Este método es el más sencillo ya que un vertido cumple la limitación impuesta o no la cumple. En el caso de que no la cumpliera, el procedimiento de control debe asegurar penalizaciones o sanciones que incluyesen multas económicas en función del daño causado o

grado de reincidencia, o la prohibición o cancelación de la autorización de vertido o clausura de la actividad productora de la contaminación. El control de su cumplimiento es también sencillo, pudiendo permitir una medida automática (registro de alarmas) si los parámetros que definen la contaminación son medibles por instrumentación industrial.

■ *Método disuasorio*

Consiste en la penalización (normalmente económica) del vertido en función proporcional a su carga o potencial contaminante, de tal manera que se establece un efecto de disuasión respecto a la producción de más carga contaminante ya que el coste de vertido se incrementa.

Tiene como ventajas las siguientes:

- Asegura un reparto más justo de los costes económicos que genera la depuración de los efluentes residuales.
- Provoca una reducción de las cantidades de contaminación vertidas de una forma más natural para la industria al afectar a los costes de producción.
- Permite el óptimo uso de las infraestructuras públicas de saneamiento, ya que se produce la economía de escala al tratar en una planta depuradora municipal de gran tamaño los vertidos industriales que de otra forma sería muy costoso su tratamiento individual.

Entre los inconvenientes figuran:

- Gestión compleja de las cargas contaminantes de los vertidos industriales.
- Definición o caracterización mediante unos pocos parámetros de la contaminación líquida.
- Formulación matemática para que el procedimiento de valoración de la contaminación produzca realmente un efecto disuasorio que obligue al industrial a reducir la contaminación vertida hasta los límites que aseguren la optimización del uso de las infraestructuras de saneamiento y depuración.

Debido a lo anteriormente expuesto, hoy en día, se emplean ambos métodos de forma complementaria y conjunta de forma que se reduzca el aporte de contaminación al mínimo indispensable mediante la prevención en la generación de efluentes líquidos.

5.5 Vertidos industriales a la red de saneamiento

A efectos de la legislación vigente, se consideran vertidos los que se realicen directa o indirectamente en los cauces, cualquiera que sea su naturaleza, al subsuelo o sobre el terreno, en balsas o excavaciones, empleando métodos de evacuación, inyección o depósito.

Asimismo, se entiende por vertido directo el realizado inmediatamente tanto en un curso de aguas o como en un canal de riego, mientras que se define como vertido indirecto el que no reúna esta circunstancia, como puede ser el realizado en alcantarillado, canales de desagüe y pluviales.

En poblaciones menores de 20.000 habitantes, los titulares de vertidos industriales que evacuen a redes municipales de saneamiento aguas residuales cuya composición difiera sensiblemente de un vertido de tipo doméstico, deberán solicitar expresamente la legalización, salvo que por acuerdo entre el Ayuntamiento y los causantes de los vertidos, aquél se haga responsable de los vertidos industriales que reciba en la red de saneamiento.

No obstante, la Confederación Hidrográfica correspondiente podrá exigir que se otorgue la autorización separadamente cuando el vertido industrial, por su composición o volumen, fuera desproporcionado frente al vertido urbano.

En poblaciones mayores de 20.000 habitantes, los vertidos líquidos industriales a redes de saneamiento se regirán por la ley autonómica pertinente, donde se regularán las características del vertido, autorizaciones, controles y tasas.

Actualmente en muchas autonomías no hay sistema de depuración de grandes municipios. Sin embargo, la aplicación de la Directiva 91/271/CEE exige la implantación de sistemas de depuración urbanos, por lo que se desencadenará el desarrollo de normas de vertidos líquidos para las industrias que viertan a las redes de saneamiento. Un ejemplo de ley autonómica es la de la Comunidad de Madrid con su Ley 10/1993 sobre vertidos líquidos industriales al Sistema Integral de Saneamiento.

La documentación que las instalaciones industriales y comerciales deberían presentar en los ayuntamientos para la obtención del permiso de vertido a las instalaciones municipales de saneamiento se detalla a continuación:

- **Filiación:** Nombre y domicilio social del titular del establecimiento o actividad. Ubicación y características de la instalación o actividad.
- **Producción:** Descripción de las actividades y procesos generadores de los vertidos. Materias primas o productos utilizados como tales, indicando las cantidades. Productos finales e intermedios, si los hubiese, consignando las cantidades y el ritmo de producción.
- **Vertidos:** Descripción del régimen de vertidos (horarios, duración, caudal medio y punta, y variaciones diarias, mensuales y estacionales, si las hubiese), y características y concentraciones de los mismos, previo a cualquier tratamiento.
- **Tratamiento previo al vertido:** Descripción de los sistemas de tratamiento adoptados y del grado de eficacia previsto para los mismos, así como la composición final de los vertidos descargados, con los resultados de los análisis de puesta en marcha realizados en su caso.

- Planos: Plano de situación, planos de la red interior de recogida e instalación de pretratamientos, planos detallados de las obras de conexión, de las arquetas de registros y de los dispositivos de seguridad.
- Varios: Suministro de agua (red, pozo, etc.). Volumen de agua consumida por el proceso industrial. Dispositivos de seguridad adoptados para prevenir accidentes en los elementos de almacenamiento de materias primas, prod. intermedios y productos finales, que son susceptibles de ser vertidos a la red de alcantarillado. Proyecto de medidas preventivas, correctoras, de seguridad y/o reparadoras para supuestos de accidente o emergencia de vertidos.

5.6 Control de emisiones a la atmósfera

Catalogación e inventario de fuentes de emisiones

En general, el censo industrial de empresas potencialmente generadoras de efluentes líquidos engloba también a aquellas que son focos de emisiones atmosféricas. Aún así, se requiere una revisión por si alguna actividad industrial no hubiese sido incluida anteriormente.

Únicamente, es necesario completar la información disponible, para catalogar las industrias emisoras de contaminantes atmosféricos, con los siguientes datos:

- Datos de los focos de emisión final (dimensionamiento de chimeneas, etc.).
- Distribución temporal (diaria, semanal, estacional, según ciclos de operación) y espacial (según retícula de malla dispuesta al efecto sobre zona geográfica objeto de estudio) de las emisiones.

Los contaminantes que se suelen estudiar en medio urbano son los siguientes:

- Partículas en suspensión.
- Dióxido de azufre (SO₂)
- Oxidos de nitrógeno (NO_x)
- Compuestos orgánicos volátiles (COV)
- Monóxido de carbono (CO)
- Plomo

Sus concentraciones de emisión se deberían determinar en el caso de grandes focos puntuales de acuerdo con valores registrados fiables.

Para que los datos sean fiables deberían ser resultado de un número de medidas significativas realizadas por la propia empresa o por los organismos de la Administración competente ya sea por los equipos que ésta disponga o a través de entidades colaboradoras. Medidas aisladas podrían inducir a error y, por otro lado, en caso de que se adopte el cuestionario como medio de obtener información de las instalaciones industriales, puede estimarse no adecuado compartir este método a través del diálogo con el de inspección que pudiera sugerir el de medida de emisiones por la misma entidad que se le está dirigiendo, solicitando los datos de sus emisiones. En principio, no habría que dudar de la buena voluntad de técnicos y responsables de las empresas, pudiendo ser posteriormente contrastados los datos con los existentes de la Administración, y con los correspondientes a otras instalaciones similares o referencias equiparables, o con campañas de medida realizadas de forma sistemática para que sus datos pudieran ser verdaderamente representativos. En ausencia de valores registrados, sería posible utilizar factores de emisión reconocidos.

Medios técnicos y analíticos para el control de las emisiones atmosféricas

Por lo general, la determinación de las emisiones en la chimenea comprende las siguientes fases:

- Extracción de la muestra
- Acondicionamiento
- Análisis

En este caso, el método se denomina extractivo, siendo de uso generalizado. Existen sistemas que hacen el análisis sin necesidad de hacer la extracción de la muestra, denominándose métodos "in situ".

La selección del punto de medida en la chimenea es de gran importancia, sobre todo en la determinación de partículas debido a las variaciones en la composición del flujo de gases a lo largo del conducto. Por lo general, la localización del punto de toma está regulado por la legislación.

Los sistemas de medición pueden ser puntuales o continuos.

Dentro de los sistemas de medición puntuales con extracción, el de uso más habitual es la sonda isocinética. Suele estar formada por:

- Medidores de velocidad del gas en la chimenea y en la sonda.
- Regulador de velocidad de extracción en la sonda.
- Filtro de retención de polvo.
- Sistema de acondicionamiento.
- Tren de absorción.
- Sistema de aspiración y medida de caudal.

El tren de absorción puede eliminarse y sustituirse por equipos automáticos de medición.

Los sistemas de medición de emisiones sin extracción suelen ser equipos automáticos de medición basada en la integración de la radiación absorbida en una cierta banda del espectro de un haz que atraviesa la chimenea, tal es el sistema de los opacímetros y de los monitores de emisión de SO₂ y NO_x de segunda derivada. Por lo general, son menos exactos que los extractivos y requieren su calibrado con aquéllos para cada aplicación concreta.

5.7 Mecanismos de sanción

En cuanto a actividades clasificadas, en el ámbito nacional el Decreto 2414/61 que aprueba el reglamento de actividades molestas, insalubres, nocivas y peligrosas, dicta las siguientes sanciones:

- Multa.
- Retirada temporal de la licencia con la consiguiente clausura o cese de la actividad mientras subsista la sanción.
- Retirada definitiva de la licencia concedida.

Cuando la Ley no permita a los Alcaldes la imposición de multas en cuantía adecuada a la naturaleza de la infracción, elevarán al Gobernador civil de la provincia la oportuna y fundamentada propuesta de multa superior. Las multas que se impongan a los titulares de las actividades se graduarán según la naturaleza de la infracción, el grado de peligro que supongan y la reiteración de las faltas.

En cuanto a accidentes mayores, el incumplimiento de lo dispuesto en el RD 886/88 sobre prevención de accidentes mayores en determinadas actividades industriales, será calificado y sancionado de acuerdo con lo establecido en el artículo 1.9 de la Ley 2/85 sobre Protección Civil.

6. MEDIOAMBIENTE Y EL CIUDADANO

En muchas ocasiones las quejas o reclamaciones son debidas a desconocimientos, por parte de los usuarios, de las normas y obligaciones de una y otra parte (usuarios y órganos de gestión medioambiental del municipio, es decir, Ayuntamiento y empresas concesionarias), por lo que en ocasiones aclarados estos extremos deja de existir aquella queja o reclamación.

No obstante, una oficina de quejas debidamente organizada evita problemas a los responsables municipales y mejora mucho la imagen del Ayuntamiento. La función de dicha oficina se centra en recibir las reclamaciones del ciudadano, responder adecuadamente a las mismas a poder ser por escrito, e informar cuando sea procedente de las necesidades adoptadas en relación con la queja en cuestión.

6.1 Actitud de la sociedad española ante los temas medioambientales

En la tabla siguiente se resumen algunas de las respuestas medidas por investigadores del Eurobarómetro de la Comunidad Europea en su encuesta de 1992, que actualizó un estudio más profundo realizado en 1982.

Tabla 6.1: Medidas adoptadas para proteger el medio ambiente.

¿Cuál de las siguientes cosas ha hecho Vd. alguna vez?	Media CE (%)	España (%)
Evitar arrojar papeles u otros desperdicios al suelo	88	86
Ahorrar energía, por ejemplo, usando menos agua caliente o cerrando puertas y ventanas para ahorrar calefacción	65	54
Clasificar determinados tipos de residuos domésticos (vidrio, papel, aceite de motor, pilas, etc.) para reciclaje	60	31
Ahorrar agua del grifo	58	70
No hacer demasiado ruido	58	67
Comprar un producto respetuoso con el medio ambiente, incluso si es más caro	48	30
Utilizar medios de transporte menos contaminantes que el automóvil particular (por ejemplo, ir en bicicleta, transporte público) siempre que sea posible	41	34
Equiper el coche con un equipo limitador de la contaminación, por ej. un catalizador	19	5
Tomar parte en una iniciativa medioambiental local, por ej. limpiar una playa o parque	10	5
Apoyar financieramente a una asociación para la protección del medio ambiente	10	4
Ser miembro de una asociación para la protección del medio ambiente	7	4

Fuente: Eurobarometer, Europeos y el Medio Ambiente en 1992.

6.2 Campañas de mentalización ciudadana

Previamente a la realización de una campaña es necesario que el municipio realice un inventario de las prioridades medioambientales más importantes que tenga, definiendo para cada una de dichas prioridades los objetivos que se desearían alcanzar a través de la campaña de mentalización.

Además, para cada una de estas prioridades medioambientales habría que hacer un análisis, como por ejemplo:

- ¿Qué otras prioridades medioambientales han sido objeto de una campaña de mentalización por parte del Ayuntamiento?
- ¿Han tenido éxito estas campañas?
- ¿Se sabe las razones por las que han tenido o no éxito?
- Describir la prioridad medioambiental elegida.
- ¿Cuál es el problema medioambiental que lleva acompañado?
- ¿Cuáles son las causas de dicho problema?
- ¿Qué conducta ciudadana está causando este problema?
- ¿Qué factores determinan esta conducta ciudadana?
- ¿De qué forma se puede utilizar la educación para cambiar esta conducta?
- ¿Cuál es el objetivo a alcanzar?
- ¿A qué sector de la población va dirigida esta campaña ciudadana?
- Hacer una descripción de dicho sector de población.
- ¿Está dicho sector de población organizado de alguna forma? Si es así, ¿Cuál es su función?
- Elegir diferentes métodos/vías para enviar el/los mensajes de la campaña ciudadana.
- Describir el contenido del mensaje de la campaña.

6.3 Guía práctica de conducta

Las campañas de mentalización a la población es una buena forma de integrar a los ciudadanos en la protección ambiental iniciada por los ayuntamientos. El trabajo por un entorno más saludable puede y debe empezar en el ámbito doméstico. A continuación, se presentan algunas recomendaciones que un ayuntamiento puede transmitir a la población a través de campañas:

- Ahorro en el consumo de agua:
 - Una ducha de 5 minutos frente a un baño supone un ahorro de unos 70 litros de agua. La ducha gasta 6 veces menos agua que el baño, además de ser más rápida y eficaz.
 - Meter una botella de 1 litro en la cisterna en vez de mantenerla a su capacidad total supone un ahorro de 20 litros al día.
 - Cerrar el grifo y llenar el fregadero poniendo el tapón al lavar los platos supone un ahorro de hasta 50 litros.

- Además, lavadoras y lavavajillas son importantes consumidores de agua. La media actual en las lavadoras está entre los 65 y 80 litros. Los lavavajillas gastan entre 22 y 36 litros. De ahí la importancia de comprar electrodomésticos eficientes que economicen agua. Como se comentó antes, un consejo imprescindible es poner dichos electrodomésticos cuando estén llenos.
 - El goteo de un grifo (una gota por segundo) puede suponer una pérdida de hasta 30 litros/día, y el de una cisterna de hasta 100 litros diarios.
 - Cerrar el grifo y utilizar un vaso al lavarse los dientes supone un ahorro de unos 10 litros.
 - Cerrar el grifo y poner el tapón del lavabo al afeitarse supone un ahorro de unos 10 litros.
 - Cerrar la ducha al enjabonarse produce un ahorro de otros 10 litros.
 - Colocar difusores o cabezales de bajo consumo en los grifos, aumentan la presión y se aprovecha mejor la misma cantidad de agua.
 - Lavar el coche lo indispensable ahorra mucho agua, y utilizando cubos en vez de manguera, más todavía (se ahorra al año alrededor de 6 m³ de agua). Los túneles de lavado suponen un gasto considerable.
- Evitar una mayor contaminación de las aguas residuales:
- La típica pastilla de jabón contamina el agua menos que los detergentes.
 - No deshacerse de sustancias tóxicas (pinturas, aceites, etc.) a través del inodoro ya que estas sustancias causan averías en los tratamientos biológicos de las depuradoras, y acaban en los ríos al no poder ser eliminadas.
 - Los limpiadores de cuartos de baño contienen paradiclorobenceno, ac. oxálico, etc., que destruyen el equilibrio biológico de las aguas residuales, dificultando la depuración biológica de las mismas. Se pueden sustituir por vinagre y bicarbonato.
 - No abusar de la lejía: verterla por el retrete rompe el equilibrio bacteriano de las aguas residuales.
 - No se deben verter pinturas, aceites, disolventes, etc. a las aguas ya que alteran sus características físico-químicas.
- Ahorro de energía:
- Casi la cuarta parte del consumo doméstico de energía se emplea para calentar agua. A la hora de elegir un calentador se debe saber que el termo eléctrico es lento y de alto consumo, el de gas tiene a su favor la rapidez y economía, y el agua caliente central supone una caldera común para todo el edificio.

