



Interreg
España - Portugal
AQUALITRANS



Fondo Europeo de Desarrollo Regional

ESTUDIO DEL IMPACTO ECONÓMICO Y AMBIENTAL



AQUALITRANS.ES AQUALITRANS.PT

PROYECTO AQUALITRANS

Sistema de Gestión y Control para la mejora de la eficiencia en la depuración y la calidad medioambiental de aguas a nivel transfronterizo

EP-INTERREG V A España Portugal (POCTEP)

Estudio del Impacto Económico y Ambiental

| Actividad 1 | Contexto de las EDAR en la Eurorregión |
|-------------|--|
| Acción | Evaluación del Impacto Económico y ambiental |
| Código | A1.2.3 |

INDICE

| | | |
|-------|--|----|
| 1 | INTRODUCCIÓN | 4 |
| 1.1 | PROYECTO AQUALITRANS | 4 |
| 1.2 | EVALUACIÓN DEL IMPACTO ECONÓMICO Y AMBIENTAL | 4 |
| 1.2.1 | Objetivo | 4 |
| 1.2.2 | Metodología | 4 |
| 2 | CONTEXTO DE LA DEPURACIÓN DE AGUAS RESIDUALES URBANAS | 5 |
| 2.1 | CICLO INTEGRAL DEL AGUA | 5 |
| 2.2 | AGUAS RESIDUALES URBANAS | 7 |
| 2.2.1 | Procedencia y contaminantes | 7 |
| 2.2.2 | Características de las aguas residuales urbanas | 7 |
| 2.3 | MARCO NORMATIVO | 10 |
| 2.4 | ESTACIONES DEPURADORAS DE AGUAS RESIDUALES URBANAS | 11 |
| 2.5 | PRINCIPALES RECURSOS, PROCESOS Y RESIDUOS EN EDARS | 13 |
| 3 | EVALUACIÓN DEL IMPACTO AMBIENTAL | 16 |
| 3.1 | EFECTOS AMBIENTALES DE LAS AGUAS RESIDUALES | 16 |
| 3.2 | HERRAMIENTAS DE SOSTENIBILIDAD | 17 |
| 3.2.1 | Análisis del Ciclo de Vida (ACV) | 17 |
| 3.2.2 | Estudios de Impacto Ambiental (IA) | 33 |
| 3.2.3 | Huella de Carbono (HC) | 58 |
| 3.2.4 | Otras herramientas: Eco-Eficiencia | 71 |
| 4 | EVALUACIÓN DEL IMPACTO ECONÓMICO O COSTE DEL CICLO DE VIDA (CCV) | 75 |
| 4.1 | DISTRIBUCIÓN DE COSTES | 75 |
| 4.1.1 | Costes diseño y construcción | 75 |
| 4.1.2 | Costes explotación y mantenimiento | 75 |
| 4.1.3 | Costes por “fin de vida útil”. | 81 |
| 4.2 | METODOLOGÍA | 82 |
| 4.2.1 | Definición de Objetivos | 82 |
| 4.2.2 | Realización del inventario de costes. | 82 |
| 4.2.3 | Cálculo del coste de ciclo de vida | 82 |
| 4.2.4 | Interpretación de los resultados | 82 |
| 4.2.5 | Cálculo del impacto económico de una EDAR. Resumen caso práctico | 83 |
| 5 | FUENTES DE INFORMACIÓN | 87 |

1 INTRODUCCIÓN

1.1 PROYECTO AQUALITRANS

1.2 EVALUACIÓN DEL IMPACTO ECONÓMICO Y AMBIENTAL

1.2.1 Objetivo

El objetivo de este informe es evaluar los principales impactos económicos y ambientales derivados de la construcción y operación de las EDAR, con especial atención a la energía.

Una EDAR debe ser capaz de hacer frente a los retos que se le plantean desde la sociedad en términos de calidad del efluente, minimización de costes, reducción del consumo energético y, en suma, alcanzar la sostenibilidad tanto económica como ambiental. Para ello se requiere de un conocimiento detallado de los principales recursos consumidos en las EDAR y los principales residuos generados teniendo en cuenta su impacto económico en la viabilidad de las mismas. Se prestará especial atención a la energía puesto que representan uno de sus principales costes de operación, entre el 25 y el 30% y que las emisiones derivadas de su consumo constituyen uno de los mayores impactos ambientales globales de las EDAR.

1.2.2 Metodología

Para la evaluación del impacto ambiental se ha realizado una recopilación y análisis de información documental relacionada con los efectos, a escala local y global, de la construcción y operación de EDAR. Entre otros, se ha analizado la información existente en relación a las principales herramientas de sostenibilidad aplicables a proyectos de EDAR para medir el impacto de éstas, los Estudios de Impacto Ambiental (EIA), Análisis de Ciclo de Vida (ACV) y huella de carbono (HC).

Para la evaluación del impacto económico se ha realizado un análisis de costes de los diferentes procesos que intervienen en las EDAR en su diseño, construcción, operación y desmantelación

Como resultado se han identificado y cuantificado las principales variables (energía, reactivos, procesos, residuos, etc.) que intervienen en la construcción, operación y desmantelamiento de las EDAR desde su perspectiva ambiental y económica, así como la interrelación existente entre las mismas.

2 CONTEXTO DE LA DEPURACIÓN DE AGUAS RESIDUALES URBANAS

2.1 CICLO INTEGRAL DEL AGUA

El agua es uno de los bienes comunes más importante del planeta, es un recurso escaso que se debe preservar. Tiene especial relevancia debido a las grandes cantidades que se necesitan y a sus múltiples usos: consumo de agua potable, industria, agricultura, limpieza, parques, jardines, piscinas etc.

El agua se obtiene de ríos, embalses, pozos, del mar, etc. Para conseguir la calidad deseada, debe ser tratada, antes de su distribución y consumo. El agua residual que se genera debe ser recogida y posteriormente depurada, antes de su reintroducción al medio hídrico, cerrando así el “Ciclo Integral del Agua”.



Figura 1. Ciclo integral del agua

**Fuente: Augas de Galicia*

El Ciclo Integral del Agua está formado por varias fases:

1. Captación

Se trata del proceso de obtención del agua de la fuente natural, las fuentes naturales más habituales son las aguas subterráneas (pozos, acuíferos o manantiales) y aguas superficiales (ríos y lagos regulados a menudo por embalses y presas).

2. Tratamientos del agua potable

Para conseguir la calidad requerida por el uso al que se destine, es necesario someter al agua a diferentes procesos físicos, químicos y de desinfección, en los que se eliminan residuos que pudieran estar presentes (ramas, piedras, plásticos, papeles), contaminantes (orgánicos metales) y microorganismos no deseados.

La producción de agua para consumo humano se realiza en las Estaciones de Tratamiento de Aguas Potables (ETAP), mientras que las industrias suelen disponer de plantas propias diseñadas en función del tipo de agua que necesite su proceso productivo.

3. Distribución

El transporte de agua desde las ETAP hasta los puntos de consumo se realiza mediante una red de distribución presurizada. Es muy importante la detección inmediata y reparación de posibles fugas en la red, para evitar pérdidas de agua y cortes en el suministro.

4. Saneamiento

El uso del agua lleva aparejada su contaminación, por el aporte de sustancias externas que normalmente no se hayan presentes en su estado natural (jabones, detergentes, colorantes, grasas, materia orgánica, sólidos, nutrientes) o que, aunque sí lo estén, son aportadas en concentraciones mayores de las habituales.

Estas aguas se transportan a través de las redes de saneamiento desde los puntos de generación hasta las Estaciones de Depuración de Aguas Residuales (EDAR).

5. Depuración de aguas residuales

Las aguas residuales deben someterse a un tratamiento de depuración antes de ser vertidas al medio receptor. La finalidad es reducir al máximo posible la carga contaminante del vertido y contribuir a alcanzar los objetivos medioambientales de las masas de agua receptora. Este paso reviste de una gran importancia, y es imprescindible para preservar la calidad de nuestros ríos, rías, embalses y mares.

En las Estaciones de Depuración de Aguas Residuales (EDAR) las aguas residuales se someten a diferentes tratamientos mediante los cuales se eliminan sólidos, materia orgánica y, en el caso que vierta a una zona sensible, también nutrientes. A veces también es necesario reducir los contaminantes bacteriológicos, de cara a contribuir a la buena calidad de las zonas de baños y de las zonas de producción de moluscos.

Durante el proceso de depuración no sólo se genera agua depurada, sino también diferentes residuos que a su vez deberán ser gestionados en función de su tipología y de la legislación propia de residuos. Por ejemplo: sólidos gruesos y finos (trapos, bastoncillos, residuos plásticos), arenas, grasas y lodos.

6. Vertido

Finalmente, las aguas residuales depuradas se vierten al medio receptor, con el fin de alcanzar los objetivos medioambientales de las masas de agua, y de este modo garantizar la preservación del medio hídrico y biótico asociado. La conducción de vertido puede medir desde unos pocos metros hasta centenares de metros si se evacúa a través de un emisario submarino.

2.2 AGUAS RESIDUALES URBANAS

El Real Decreto-Ley 11/95 de 28 de Diciembre, que transpone la Directiva 91/271/CEE, relativa al tratamiento de las aguas residuales urbanas (ARU). En la Directiva 91/271/CEE se considera las aguas residuales urbanas como las aguas residuales domésticas o la mezcla de las mismas con aguas residuales industriales y/o aguas de correntía pluvial.

Al mismo tiempo define las aguas residuales domésticas como las aguas residuales procedentes de zonas de vivienda y de servicios y generadas principalmente por el metabolismo humano y las actividades domésticas. Por otra parte, define las aguas residuales industriales como todas las aguas residuales vertidas desde locales utilizados para efectuar cualquier actividad comercial o industrial, que no sean aguas residuales domésticas ni aguas de correntía pluvial.

De los tres posibles componentes de las aguas residuales urbanas:

- Las aguas residuales domésticas siempre estarán presentes.
- La incidencia de las aguas residuales industriales dependerá del grado de industrialización de la aglomeración urbana y de la cantidad y características de los vertidos que las industrias realicen a la red de colectores municipales.
- Las aguas de escorrentía pluvial tendrán su influencia en las aglomeraciones con redes de saneamiento unitarias (lo más frecuente) y en los momentos en que se registren lluvias.

2.2.1 Procedencia y contaminantes

La procedencia de los tres posibles componentes de las aguas residuales urbanas y los principales contaminantes que estas que aportan, son los siguientes:

- Aguas residuales domésticas, que están constituidas a su vez por:
 - Aguas de cocina: sólidos, materia orgánica, grasas, sales.
 - Aguas de lavadoras: detergentes, nutrientes.
 - Aguas de baño: jabones, geles, champús.
 - Aguas negras, procedentes del metabolismo humano: sólidos, materia orgánica, nutrientes, sales, organismos patógenos.
- Aguas residuales industriales: resultantes de actividades industriales que descargan sus vertidos a la red de alcantarillado municipal. Estas aguas presentan una composición muy variable dependiendo de cada tipo de industria.
- Aguas de escorrentía pluvial: en la mayoría de las ocasiones (sistemas de alcantarillados unitarios), las aguas de lluvia son recogidas por el mismo sistema de alcantarillado que se emplea para la recogida y conducción de las aguas residuales domésticas e industriales.

Las aguas de lluvia no son puras, dado que se ven afectadas por la contaminación atmosférica y por los arrastres de la suciedad depositada en viales, tejados, etc. Se caracterizan por grandes aportaciones intermitentes de caudal y por una importante contaminación en los primeros 15-30 minutos del inicio de las lluvias.

2.2.2 Características de las aguas residuales urbanas

Cada agua residual es única en sus características, aunque en función del tamaño de la población, del sistema de alcantarillado empleado, del grado de industrialización y de la incidencia de la pluviometría, pueden establecerse unos rangos de variación habituales, tanto para los caudales como para las características físico químicas de estos vertidos.

El conocimiento de los caudales y características de las aguas residuales generadas en las aglomeraciones urbanas es básico para el correcto diseño de los sistemas de recogida, tratamiento y evacuación de las mismas.

Las estaciones depuradoras de aguas residuales (EDAR), deben concebirse para poder hacer frente a las variaciones diarias de caudal y carga que experimentan estas aguas.

2.2.2.1 Calidades de las aguas residuales urbanas

Los principales contaminantes que aparecen en las aguas residuales urbanas son:

- **Objetos gruesos:** trozos de madera, trapos, plásticos, etc., que son arrojados a la red de alcantarillado.
- **Arenas:** bajo esta denominación se engloban las arenas propiamente dichas, gravas y partículas más o menos grandes de origen mineral u orgánico.
- **Grasas y aceites:** sustancias que al no mezclarse con el agua permanecen en su superficie dando lugar a natas. Su procedencia puede ser tanto doméstica como industrial.
- **Sólidos en suspensión:** partículas de pequeño tamaño y de naturaleza y procedencia muy variadas. Aproximadamente el 60% de los sólidos en suspensión son sedimentables y un 75% son de naturaleza orgánica.
- **Sustancias con requerimientos de oxígeno:** compuestos orgánicos e inorgánicos que se oxidan fácilmente, lo que provoca un consumo del oxígeno presente en el medio al que se vierten.
- **Nutrientes (nitrógeno y fósforo):** su presencia en las aguas es debida principalmente a detergentes y fertilizantes. Igualmente, las excretas humanas aportan nitrógeno orgánico.
- **Agentes patógenos:** organismos (bacterias, protozoos, helmintos y virus), presentes en mayor o menor cantidad en las aguas residuales y que pueden producir o transmitir enfermedades.
- **Contaminantes emergentes o prioritarios:** los hábitos de consumo de la sociedad actual generan una serie de contaminantes que no existían anteriormente. Estas sustancias aparecen principalmente añadidas a productos de cuidado personal, productos de limpieza doméstica, productos farmacéuticos, etc. A esta serie de compuestos se les conoce bajo la denominación genérica de contaminantes emergentes o prioritarios, no eliminándose la mayoría de ellos en las plantas de tratamiento de aguas residuales urbanas.

En el tratamiento convencional de las aguas residuales urbanas, la reducción del contenido en los contaminantes descritos suele hacerse de forma secuencial y en el orden en que estos contaminantes se han enumerado anteriormente.

Para caracterizar las aguas residuales se emplea un conjunto de parámetros que sirven para cuantificar los contaminantes definidos en el apartado anterior. Los parámetros de uso más habitual son los siguientes:

- **Aceites y grasas:** el contenido en aceites y grasas presentes en un agua residual se determina mediante su extracción previa, con un disolvente apropiado y la posterior evaporación del disolvente.
- **Sólidos en suspensión:** se denomina de este modo a la fracción de los sólidos totales que quedan retenidos por una membrana filtrante de un tamaño determinado (0,45 μm). Dentro de los sólidos en suspensión se encuentran los sólidos sedimentables y los no sedimentables.
- **Sustancias con requerimiento de oxígeno:** para la cuantificación de estas sustancias los dos parámetros más utilizados son:
 - **Demanda Bioquímica de Oxígeno a los 5 días (DBO5):** es la cantidad equivalente de oxígeno (mg/l) necesaria para oxidar biológicamente los componentes de las aguas residuales. En el transcurso de los cinco días de duración del ensayo (cinco días) se consume aproximadamente el 70% de las sustancias biodegradables.
 - **Demanda Química de Oxígeno (DQO):** es la cantidad equivalente de oxígeno (mg/l) necesaria para oxidar los componentes orgánicos del agua utilizando agentes químicos oxidantes.
 - La relación **DBO5/DQO** indica la biodegradabilidad de las aguas residuales urbanas:

| | |
|---|-----------------------------------|
| } | ≥ 0,4 → Aguas muy biodegradables |
| | 0,2 - 0,4 → Aguas biodegradables |
| | ≤ 0,2 → Aguas poco biodegradables |

- **Nitrógeno:** se presenta en las aguas residuales en forma de nitrógeno orgánico, amoníaco y, en menor cantidad, de nitratos y nitritos. Para su cuantificación se recurre generalmente a métodos espectrofotométricos.
- **Fósforo:** en las aguas residuales aparece principalmente como fosfatos orgánicos y polifosfatos. Al igual que las distintas formas nitrogenadas, su determinación se realiza mediante métodos espectrofotométricos.
- **Organismos patógenos:** los organismos patógenos se encuentran en las aguas residuales en muy pequeñas cantidades siendo muy difícil su aislamiento, por ello, se emplean habitualmente los coliformes como organismo indicador.

Los rangos habituales de estos parámetros en las aguas residuales urbanas procedentes de grandes y medianas aglomeraciones urbanas se recogen en la siguiente tabla:

Tabla 1. Valores típicos de los principales contaminantes de las aguas residuales

| Parámetro | Rango habitual |
|---------------------------------|----------------|
| Sólidos en Suspensión (mg/l) | 150 - 300 |
| DBO5 (mg/l) | 200 - 300 |
| DQO (mg/l) | 300 - 600 |
| Nitrógeno (mg N/l) | 50 - 75 |
| Fósforo (mg P/l) | 15 - 20 |
| Grasas (mg/l) | 50 - 100 |
| Coliformes Totales (UFC/100 ml) | 106 - 107 |

2.2.2.2 El concepto de habitante equivalente

De forma similar a la definición de patrones para la determinación de longitudes, pesos, tiempos, etc., se ha adoptado un patrón para la medición de la contaminación biodegradable presente en las aguas residuales. Este patrón se conoce con el nombre de habitante equivalente y relaciona caudales y calidades de las aguas residuales.

La Directiva 91/271/CEE define el concepto de habitante equivalente (h.e.) como la carga orgánica biodegradable con una demanda bioquímica de oxígeno de 5 días (DBO5) de 60 g de oxígeno por día. El concepto de habitante equivalente, por tanto, permite comparar cargas contaminantes independientemente de su origen y naturaleza.

Conocido el caudal de aguas residuales (Q) generado por una aglomeración urbana y su valor de DBO5, la población equivalente se determina mediante la expresión:

$$Población\ Equivalente\ (h.e.) = \frac{Caudal\ (m^3d^{-1}) \times Concentración\ DBO_5\ (mg\ DBO_5\ L^{-1})}{60\ (g\ DBO_5d^{-1})}$$

En aquellas aglomeraciones en las que los aportes de vertidos biodegradables distintos a los de procedencia doméstica sean nulos, o de escasa importancia, la población equivalente será muy similar a la población de derecho de la aglomeración. Se estima como valor habitual de la relación población equivalente/población de derecho un factor de 1,5 - 2.

2.3 MARCO NORMATIVO

La principal referencia normativa es la Directiva 91/271/CEE, del 21 de mayo, que regula el tratamiento de aguas residuales urbanas, modificada posteriormente por la Directiva 98/15/CE, del 27 de febrero. Es transpuesta a la legislación española por el Real Decreto Ley 11/1995, del 28 de diciembre y a la legislación portuguesa por el Decreto-Lei nº. 152/97 de 19 de junio.

La Directiva establece la obligación de depurar todos los vertidos de aguas residuales, independientemente del tamaño de la aglomeración urbana que lo produce y el lugar al que se vierta. Los tipos de tratamiento contemplados por la Directiva son:

- **Tratamiento Apropriado (T.A):** proceso y/o sistema de eliminación de tal manera que se cumplan los objetivos de calidad de las aguas receptoras y las Directivas Europeas.
- **Tratamiento Primario (T.1º):** proceso físico y/o químico en los que se reduzca la materia orgánica (DBO5) y los sólidos en suspensión (SS) del agua residual de entrada en el grado requerido.
- **Tratamiento Secundario (T.2º):** proceso (biológico en general), en que se reduzca la materia orgánica (DQO y DBO5) y los sólidos en suspensión (SS) en el grado requerido.
- **Tratamiento avanzado (T. AV):** aquel superior al Primario o Secundario, necesario para eliminar nutrientes y/o cumplir otra Directiva (por ejemplo, desinfección).

El grado de tratamiento exigido por la Directiva a los vertidos de aguas residuales urbanas depende del tipo del medio acuático al que se vierta (aguas costeras, aguas dulces, estuarios), de la zona en la que está instalada la depuradora de aguas residuales y el tamaño de la aglomeración urbana que genera el vertido.

Tabla 2. Requisitos de los tratamientos según la Directiva (1)

| Tipos de tratamiento | DBO5 (a) | DQO (a) | SS (c) |
|----------------------|----------------------|---------------------|---------------------------|
| T.1º | > 20% | | > 50% |
| T.2º (b) | > 40% < 25 mg/l | > 75% < 125 mg/l | > 70%-90% < 35-60 mg/l |
| T.2º | >70-90% < 25 mg/l | > 75% < 125 mg/l | > 90% < 35 mg/l |

(a) Límites para valores medios diarios de la carga. Cumplir % de reducción o mg/l.

(b) Regiones consideradas de alta montaña

(c) Optativo

Tabla 3. Requisitos de los tratamientos según la Directiva (2)

| Tipos de tratamiento | Tamaño de aglomeración | N (total) (a) | P (total) (a) |
|----------------------|------------------------|---------------------|-----------------|
| T.3º | 10.000-100.000 h-e | >70-80% >15 mg/l | >80% <2 mg/l |
| | >100.000 h-e | >70-80% >10 mg/l | >80% <1 mg/l |

(a) Límites para valor medio anual de la carga. Cumplir % de reducción o mg/l.

Tabla 4. Vertido a aguas costeras. Tratamiento mínimo exigido

| Tamaño de aglomeración | Zona menos sensible | Zona normal | Zona sensible |
|------------------------|---------------------|-------------|---------------|
| 0-10.000 h.e. | T.A | T.A | T.A |
| 10.000-150.000 h.e. | T.1º | T.2º | T.3º |
| > 150.000 h.e. | T.2º (o T.1º) | T.2º | T.3º |

Tabla 5. Vertido a aguas dulces y estuarios

| Tamaño de aglomeración | Zona menos sensible | Zona normal | | Zona sensible |
|------------------------|---------------------|--------------------------|--------------|--------------------------|
| | Estuarios | Aguas dulces y estuarios | Alta montaña | Aguas dulces y estuarios |
| 0-2.000 h.e. | T. A | T.A | T.A | T.A |
| 2.000-10.000 h.e. | T.1º | T.2º | T.2º | T.2º |
| > 10.000 h.e. | T.2º | T.2º | T.2º | T.3º |

2.4 ESTACIONES DEPURADORAS DE AGUAS RESIDUALES URBANAS

Las aguas residuales son recogidas a través de una red de colectores y conducidas a una estación depuradora de aguas residuales (EDAR). Tras ser sometidas a diferentes procesos, se reducirá al máximo su contaminación y serán devueltas al medio receptor en las mejores condiciones posibles.

Depurar no es más que transformar la materia orgánica y otros contaminantes presentes en el agua residual, en sólidos sedimentables o flotantes fáciles de separar (lodos). En el proceso de depuración se generan dos efluentes: el agua tratada que se vierte directamente al cauce; y los lodos, que son el conjunto de los sólidos sedimentados en la decantación primaria (lodos primarios) y el licor mezcla en exceso del reactor biológico (lodos secundarios).

Por eso, en toda EDAR puede diferenciarse la línea de agua de la línea de lodos.

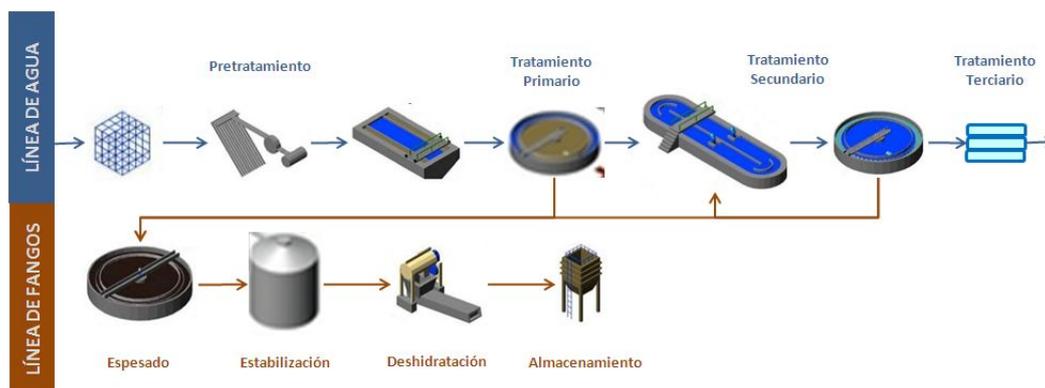


Figura 2. Líneas de proceso en una EDAR con tratamiento biológico

*Fuente: Augas de Galicia

A continuación, se describe en líneas generales las diferentes partes que puede tener una EDAR biológica, que es el tratamiento más usual para tratar las aguas residuales de origen urbano.

- **Pretratamiento**

Las aguas residuales se someten a un pretratamiento que comprende una serie de operaciones físicas y mecánicas, que tienen por objetivo separar del agua residual la mayor cantidad posible de materias que puedan dar lugar a problemas en las etapas posteriores del tratamiento.

Dentro del pretratamiento se incluyen operaciones de separación de grandes sólidos, desbaste, tamizado, desarenado y desengrase.

- **Tratamiento primario**

El principal objetivo del tratamiento primario se centra en la eliminación de sólidos en suspensión mediante procesos físicos o físico-químicos, consiguiéndose además una cierta reducción de la contaminación biodegradable, dado que una parte de los sólidos que se eliminan está constituida por materia orgánica. Los tratamientos primarios más habituales son:

- **Decantación primaria:** su objetivo es la eliminación de la mayor parte posible de los sólidos sedimentables, bajo la acción exclusiva de la gravedad.
- **Tratamientos fisicoquímicos:** en este tipo de tratamiento, mediante la adición de reactivos químicos, se consigue incrementar la reducción de los sólidos en suspensión, al eliminarse, además, sólidos coloidales, al incrementarse el tamaño y densidad de los mismos mediante procesos de coagulación-floculación.

Los tratamientos fisicoquímicos se aplican fundamentalmente cuando las aguas residuales presentan vertidos industriales que pueden afectar negativamente al tratamiento biológico, para evitar sobrecargas en el posterior tratamiento biológico, cuando se dan fuertes variaciones estacionales de caudal y para la reducción del contenido en fósforo.

- **Tratamiento secundario**

Se define como el tratamiento de aguas residuales urbanas mediante un proceso que incluya un tratamiento biológico con sedimentación secundaria u otro proceso en el que se consiga la eliminación de materia orgánica.

El tratamiento biológico se realiza con la ayuda de microorganismos que en condiciones aerobias actúan sobre la materia orgánica presente en las aguas residuales.

Las bacterias que van apareciendo en los reactores, como consecuencia de las reacciones de síntesis, tienden a unirse, formando agregados de mayor densidad que el líquido circundante, y en cuya superficie se va adsorbiendo la materia en forma coloidal.

Para la separación de estos agregados, conocidos como lodos o fangos, el contenido de los reactores biológicos, se conduce a una etapa posterior de sedimentación, donde se consigue la separación de los lodos de los efluentes depurados por la acción de la gravedad.

De los lodos decantados una fracción se purga como lodos en exceso, mientras que otra porción se recircula al reactor biológico para mantener en él una concentración determinada de microorganismos.

- **Tratamientos terciarios**

Permiten obtener efluentes finales de mejor calidad para que puedan ser vertidos en zonas donde los requisitos son más exigentes o puedan ser reutilizados. Las actuaciones realizadas sobre el efluente en esta etapa incluyen entre otros:

- Eliminación de materia particulada y coloidal presente en los efluentes depurados.
- Eliminación de nutrientes (nitrógeno y fósforo).
- Desinfección del efluente mediante de procesos cloración, radiación UV, el empleo de ozono o el empleo de membranas.

- **Tratamiento de la línea de lodos**

Dado el elevado contenido en agua de los lodos (superior a un 95%), se hace necesario su tratamiento con el objeto de reducir su volumen y facilitar su manejo y transporte posterior. El destino final de los lodos puede ser: reutilización agrícola y valorización material y/o energética.

Las principales operaciones realizadas sobre la línea de lodos son:

- Espesamiento: esta etapa de tratamiento incrementa la concentración de lodos mediante la eliminación de parte del agua que contienen. Los métodos de espesamiento más habituales son por gravedad y por flotación.
- Estabilización: en esta fase se reduce la fracción biodegradable presente en los lodos, para evitar su putrefacción. La estabilización puede hacerse mediante digestión aerobia o anaerobia, estabilización química y tratamiento térmico.
- Deshidratación: en esta última fase del tratamiento se elimina parte del agua contenida en los lodos, transformándolos en sólidos fácilmente manejables y transportables. Los métodos más habituales son: centrifugación, filtros banda, secado térmico y eras de secado.

2.5 PRINCIPALES RECURSOS, PROCESOS Y RESIDUOS EN EDARS

Para evaluar el impacto ambiental y económico de las EDARs es preciso conocer los diferentes recursos necesarios en las operaciones de tratamiento del agua residual, así como los diferentes subproductos (residuos, emisiones y fangos) generados.

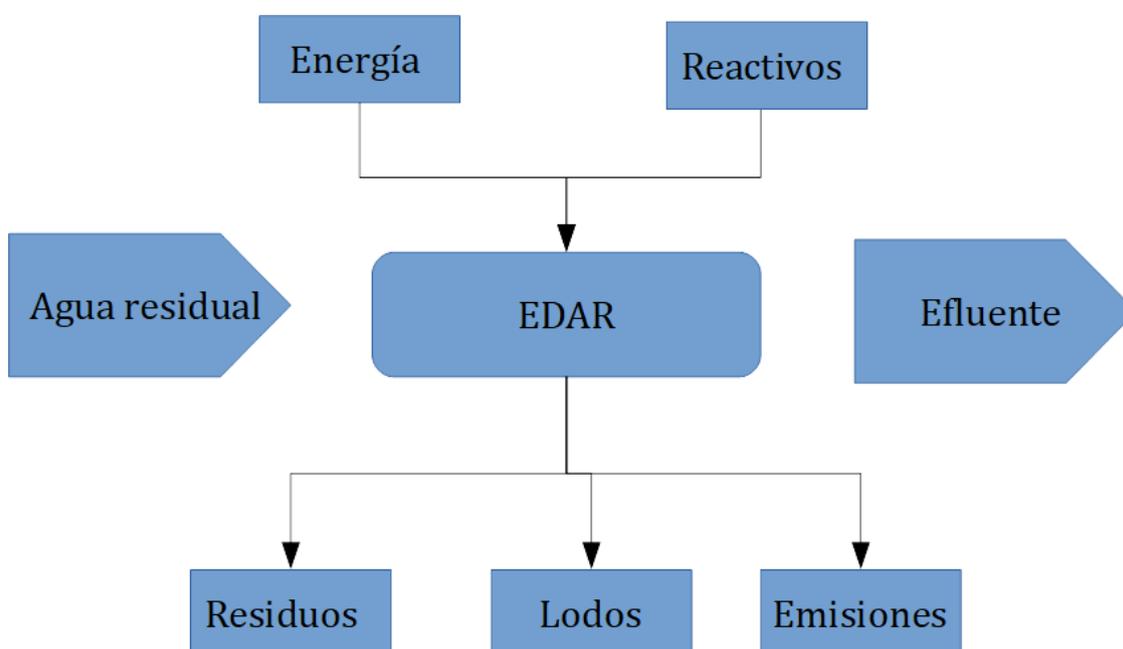


Figura 3. Principales recursos y subproductos en la depuración de aguas residuales

**Fuente: Elaboración propia*

A continuación, se resumen los principales recursos utilizados y subproductos obtenidos en la depuración de aguas residuales:

- **Energía:**

Aunque el diseño de las EDARs puede ser muy diferente se aprecian principalmente 3 tipos de equipos que consumen energía eléctrica:

- Bombas para el transporte de agua y fangos.
- Motores, para el accionamiento de equipos mecánicos (eliminación de gruesos, sedimentos, flotantes).
- Soplantes o aireadores superficiales que aportan oxígeno para el tratamiento biológico.

- La línea de tratamiento de fangos es un consumidor de energía en plantas de 1.000 a 100.000 h.e., principalmente por los equipos de deshidratación.
- La exigencia de la eliminación de nutrientes en instalaciones mayores de 100.000 h.e. implica asimismo un salto en el consumo energético, al incorporarse nuevas unidades de proceso y aumentar los flujos de recirculación.

- **Reactivos**

Aunque los reactivos a utilizar van a depender del tipo de EDAR y los procesos que se lleven a cabo en la misma. Sin embargo, los reactivos más habituales son los siguientes:

- Coagulantes: se utilizan en la primera etapa de la depuración fisicoquímica.
- Floculantes: segunda etapa de la depuración fisicoquímica.
- Hipoclorito: desinfección microbiológica. También se utiliza en desodorización.
- Sosa caustica: regulación de pH, normalmente en depuración fisicoquímica. También se utiliza en desodorización.
- Cloruro férrico: precipitación de fósforo en EDAR biológicas. También se utiliza como coagulante.
- Polielectrolito fangos: se utiliza en la fase de deshidratación de fangos.

- **Residuos**

Los residuos procedentes del proceso de depuración, principalmente línea de agua, son de composición muy heterogénea, principalmente residuos alimentarios y de higiene personal, junto con envases, plásticos, cartón, arenas y grasas. Estos sólidos son separados del agua residuales y trasladado a vertederos o centros de tratamiento de residuos.

- **Lodos**

Los lodos están constituidos por microorganismos que en condiciones aerobias actúan sobre la materia orgánica presente en las aguas residuales. Estos lodos son decantados y parcialmente purgados como lodos en excesos. Tras su tratamiento los lodos se reutilizan en la agricultura, se incineran o se depositan en vertederos.

- **Emisiones**

Son las emisiones de gases que tienen lugar en los distintos procesos de la depuración, sobretudo en el tanque de aireación, en los decantadores, y en el tratamiento de fangos.

En el tratamiento de aguas residuales se producen fundamentalmente emisiones de dióxido de carbono (CO₂), metano (CH₄) y óxido nitroso (N₂O).

- Dióxido de carbono

El CO₂ se produce de modo directo en la digestión aerobia de materia orgánica en el proceso de tratamiento de las aguas residuales. Estas emisiones no se consideran en los inventarios por tratarse de origen biogénico (según directrices IPCC).

Por otra parte, se producen emisiones indirectas de CO₂ (y otros gases de efecto invernadero) debido al consumo de energía en la EDAR así como por el transporte de los reactivos, residuos y lodos de la planta.

- Metano

El CH₄ se puede producir por degradación anaerobia de la materia orgánica contenida en las aguas residuales y en los lodos de depuración.

- Óxido nitroso

El óxido nitroso está asociado con la degradación de los componentes nitrogenados en las aguas residuales en el proceso de nitrificación-desnitrificación.

Las emisiones de óxido nitroso pueden producirse como emisiones directas provenientes de las plantas de tratamiento con etapas de nitrificación y desnitrificación o como emisiones indirectas provenientes de las aguas residuales después de la eliminación de los efluentes en vías fluviales, lagos o en el mar.

3 EVALUACIÓN DEL IMPACTO AMBIENTAL

3.1 EFECTOS AMBIENTALES DE LAS AGUAS RESIDUALES

La depuración de las aguas residuales antes de ser vertidas al medio receptor es imprescindible para preservar la calidad de los ríos, rías, embalses y mares. El vertido de aguas residuales urbanas sin depurar ejerce sobre los cauces receptores toda una serie de efectos negativos, de entre los que cabe destacar:

- **Aparición de fangos y flotantes.** La fracción sedimentable de los sólidos en suspensión origina sedimentos en el fondo de los cauces. Además, la fracción no sedimentable da lugar a la acumulación de grandes cantidades de sólidos en la superficie y/o en las orillas de los cauces receptores formando capas de flotantes.
Los depósitos de fangos y flotantes no solo son provocan un desagradable impacto visual, sino que, debido al carácter reductor de la materia orgánica, se puede llegar a provocar el agotamiento del oxígeno disuelto presente en las aguas y originar el desprendimiento de malos olores.
- **Agotamiento del contenido de oxígeno presente en las aguas.** Los componentes de las aguas residuales fácilmente oxidables comenzaran a ser degradados vía aerobia por la flora bacteriana de las aguas del cauce, con el consiguiente consumo de parte del oxígeno disuelto en la masa líquida. Si este consumo es excesivo, el contenido en oxígeno disuelto descenderá por debajo de los valores mínimos necesarios para el desarrollo de la vida acuática. Consumido el oxígeno disponible, los procesos de degradación vía anaerobia generaran olores desagradables, al liberarse gases que son los causantes de estos olores.
- **Aportes excesivos de nutrientes.** Las aguas residuales contienen nutrientes (N y P principalmente) causantes del crecimiento descontrolado de algas y otras plantas en los cauces receptores (eutrofización). Este crecimiento excesivo de biomasa puede llegar a impedir el empleo de estas aguas para usos domésticos e industriales.
- **Daños a la salud pública.** Los vertidos de aguas residuales sin tratar a cauces públicos pueden fomentar la propagación de organismos patógenos para el ser humano (virus, bacterias, protozoos y helmintos). Entre las enfermedades que pueden propagarse a través de las aguas contaminadas por los vertidos de aguas residuales urbanas, destacan: el tifus, el cólera, la disentería y la hepatitis A.

De modo más detallado se aprecian los siguientes contaminantes e impactos sobre el medio en las aguas residuales no tratadas adecuadamente:

- **Contaminantes físicos:**
 - Características organolépticas:
 - **Color:** las aguas residuales producen efectos estéticos perjudiciales, afectan a la visión de los peces y dificulta la transmisión de energía solar y, por ello, la fotosíntesis.
 - **Olor:** olores desagradables producidos por el desprendimiento de gases de la masa de agua residual.
 - Grasas y aceites. Algunos de estos compuestos (derivados del petróleo) son tóxicos por lo que interfieren en la actividad biológica. Al impregnarse sobre los vegetales y animales dificultan la fotosíntesis, respiración y transpiración. Por otra parte, forman una barrera que dificulta la transferencia de oxígeno de la atmósfera a la superficie.
 - Espumas. La presencia de vertidos con compuestos tensoactivos produce la aparición de espumas que dificultan la transferencia de oxígeno desde la atmósfera y el paso de la energía solar. A su vez dificulta el tratamiento del agua residual en depuradoras al interferir en el proceso biológico y en los sistemas de coagulación-floculación y decantación.

- Temperatura: la variación de temperatura en el cauce receptor puede disminuir la solubilidad de los gases, entre ellos el oxígeno, así como alterar la flora y fauna existente.
- Sólidos
 - Sólidos en suspensión: disminuyen el paso de energía solar (fotosíntesis), pueden provocar la asfixia de peces y pueden producir sedimentos de materia orgánica en el fondo del cauce con el consecuente mal olor por reacciones anaerobias y la interferencia sobre la flora y fauna del lecho del cauce.
 - Sólidos disueltos: aumentan la salinidad y varían la solubilidad del oxígeno en el medio.
- **Contaminantes químicos**
 - Materia orgánica. En el caso de ser biodegradable supondrá un consumo de oxígeno del medio con la consecuente influencia sobre la flora y fauna existente. En caso de no ser biodegradable permanecerá de modo permanente en el medio.
 - pH. Las aguas residuales, sobre todo las de origen industrial, pueden afectar el pH del medio. Un cambio del pH del agua puede provocar la desaparición de seres vivos.
 - Nitrógeno y fósforo. La presencia de estos compuestos produce la eutrofización del cauce, es decir, un crecimiento acelerado de algas, lo que implica una reducción del oxígeno disuelto el cauce.
 - Tóxicos. Se encuentran sobre todo en vertidos industriales y afectan gravemente a la flora y fauna. Además, pueden ser bioacumulativos y llegar a través de la cadena alimentaria al ser humano.
- **Contaminantes biológicos**: microorganismos, gérmenes patógenos, coliformes, virus, etc.

3.2 HERRAMIENTAS DE SOSTENIBILIDAD

Las principales herramientas de sostenibilidad aplicables a proyectos EDAR para medir el impacto de estas sobre el medio son los Análisis de Ciclo de Vida (ACV), los Estudios de Impacto Ambiental (EIA), los estudios de Huella de Carbono (HC) y los estudios de Eco-eficiencia.

En todos los casos se evalúa el impacto que tendría la implantación de una EDAR en un determinado emplazamiento. Este impacto puede evaluarse desde diferentes perspectivas, en el caso del análisis de ciclo de vida se evalúa el impacto principalmente desde el punto de vista ambiental mientras que los estudios de impacto ambiental consideran además factores sociales y económicos. Por su parte los estudios de huella de carbono se centran en las emisiones de gases efecto invernadero (GEI) y los estudios de eco-eficiencia, de acuerdo con la definición de la misma, consideran únicamente el impacto relacionado con aspectos ambientales y económicos.

A continuación, se explicará de forma detallada cada uno de ellos:

3.2.1 Análisis del Ciclo de Vida (ACV)

El Análisis de Ciclo de Vida es una técnica que permite evaluar los potenciales impactos medioambientales asociados con un producto, proceso o actividad, identificando y cuantificando los consumos de energía y materias primas, así como los vertidos de residuos y las emisiones al aire que tienen lugar a lo largo de todo el ciclo de vida.

Las principales etapas en las que se divide el ciclo de vida de cualquier producto, proceso o actividad son las siguientes:

- Adquisición de materias primas: esta etapa comprende desde las actividades necesarias para la adquisición de materias primas o de energía hasta la primera fase de manufactura o procesamiento del material.

- Fabricación, procesado y formulación de productos: esta etapa comprende las etapas que tienen lugar desde la introducción de las materias primas en el proceso hasta que se obtiene el producto final.
- Distribución y transporte: el transporte comprende el movimiento de materiales o de energía entre las diferentes operaciones en cualquier etapa del ciclo de vida, incluida la extracción de recursos. La distribución comprende el paso de los productos manufacturados desde su salida de fábrica hasta el usuario final.
- Uso/reutilización y mantenimiento: los límites de esta etapa comienzan con la distribución de los productos o materiales y termina cuando estos productos o materiales pasan a ser residuos.
- Gestión de subproductos y residuos (reciclado, valorización, eliminación en vertedero...): incluye todos los mecanismos de tratamiento de los residuos y todas las actividades necesarias para recoger el residuo y devolverlo a un proceso de fabricación.

Los elementos que se tienen en cuenta a la hora de realizar un ACV comúnmente se conocen como entradas y salidas (inputs/outputs) y son principalmente los siguientes:

- Entradas:
 - Materias primas
 - Partes y productos
 - Energía
- Salidas:
 - Emisiones al aire, al agua y al suelo.
 - Residuos
 - Subproductos

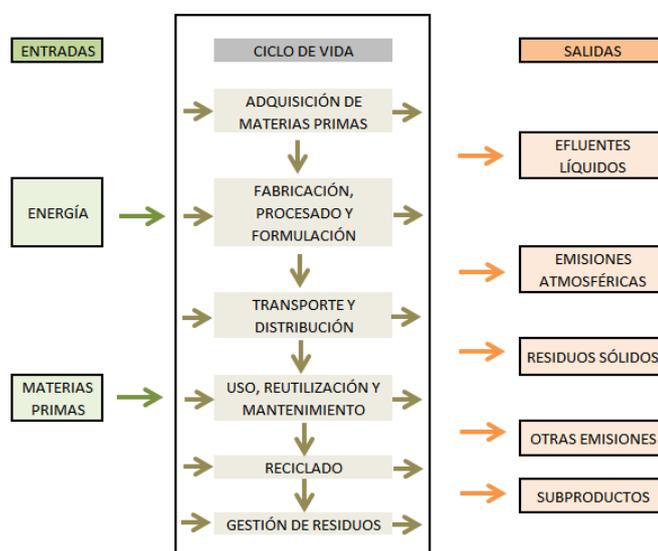


Figura 4. Elementos del ACV.

Los ACV pueden tener distintos alcances y, en función de los mismos, se clasifican en:

- ACV “de la cuna a la tumba”: cuando se incluyen todas las entradas y salidas de los procesos que participan a lo largo de su ciclo de vida desde la extracción de materias primas a la gestión final de residuos y subproductos pasando por todas las actividades intermedias.

- ACV “de la cuna a la puerta”: si el alcance del sistema se limita a entradas/salidas desde que se obtienen las materias primas hasta que el producto se pone en el mercado.
- ACV “de la puerta a la puerta”: cuando solo se tiene en cuenta las entradas/salidas del sistema productivo.
- ACV “de la cuna a la cuna”: un nuevo enfoque en el que se tiene en cuenta si las corrientes de salida del fin de vida pueden ser valoradas como materias primas o entradas al mismo sistema o a otro.

La metodología normalizada de ACV viene detallada en las normas UNE 14040:2006 y UNE 14044:2006.

Según la ISO 14040 el ACV consta de cuatro etapas interrelacionadas:

- Etapa 1. Definición del Objetivo y Alcance del ACV.
- Etapa 2. Análisis de Inventario de Ciclo de Vida
- Etapa 3. Evaluación del Impacto del ciclo de Vida
- Etapa 4. Interpretación

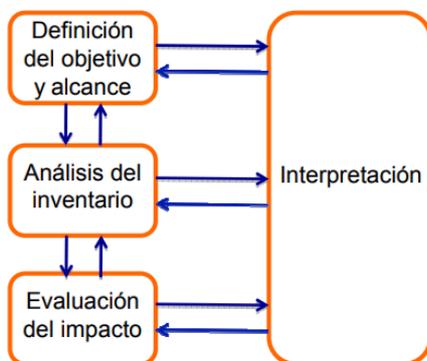


Figura 5. Estructura de un ACV.

A continuación, se explica detalladamente cada una de las cuatro etapas.

ETAPA 1. DEFINICIÓN DEL OBJETIVO Y ALCANCE DEL ESTUDIO

En los objetivos se exponen los motivos por los que se desarrolla el estudio, la aplicación prevista y a quien va dirigido.

La definición del objetivo del análisis debe ser clara y coherente con la aplicación que se va a dar al estudio y debe incluir:

- Identificación del receptor y del realizador del estudio.
- Razones para realizar el estudio y el tipo de información que se espera obtener de él.
- Aplicación prevista del estudio y uso que va a hacerse de los resultados.
- Destinatario previsto del estudio (es decir, si será un informe interno, si se hará público o a qué persona va dirigido).
- Si procede, el uso del ACV en aseveraciones comparativas.

El alcance del ACV consiste en la definición de la amplitud, profundidad y detalle del estudio. Esta etapa debe reflejar claramente la extensión del estudio, lo cual implica, de acuerdo a la norma ISO 14040, la consideración y descripción de los siguientes puntos:

- **Sistema a estudiar**
- **Funciones del sistema**

- **Selección de la unidad funcional**

Una unidad funcional es la cuantificación de las salidas funcionales del sistema que se estudia. Su objetivo es proporcionar una referencia para todas las entradas y salidas, necesarias para asegurar la representatividad de los resultados. Siempre debe definirse y debe ser precisa, medible y suficientemente comparable para ser utilizada como referencia.

En el caso del ACV en una EDAR las unidades funcionales más habituales son:

- Volumen de aguas residuales tratadas en la EDAR en un año (m³).
- Volumen de agua de la calidad especificada en el proceso (m³).
- El tratamiento del agua residual producida por un habitante-equivalente en un año (h.e.).
- Cantidad de fango generado durante el proceso de depuración.

- **Establecimiento de los límites del sistema**

Los límites del sistema determinan qué procesos unitarios se deben incluir dentro del ACV. La selección de los límites del sistema debe ser coherente con el objetivo del estudio, se deben identificar y explicar los criterios utilizados para establecer los límites del sistema.

Se pueden considerar, entre otros, los siguientes límites:

- Límites entre el sistema tecnológico y naturaleza. Un ciclo de vida normalmente empieza con la extracción de las materias primas y el transporte de la energía de la naturaleza. Las etapas finales normalmente incluyen generación de residuos y/o producción de calor.
- Área geográfica. La geografía juega un papel crucial en la mayoría de ACV, ej. infraestructuras, producción de electricidad, gestión de residuos y sistemas de transporte, variando de una región a otra. La sensibilidad de los impactos medioambientales también varía de unas regiones a otras.
- Horizonte de tiempo. Hay que definir no sólo los límites espaciales, también los temporales. Básicamente, los ACVs se llevan a cabo para evaluar los impactos presentes y para predecir los escenarios futuros. Las limitaciones de tiempo dependen de la tecnología utilizada, la vida de los contaminantes, etc.
- Límites entre el actual ciclo de vida y los ciclos de vida de otros sistemas técnicos relacionados. La mayoría de las actividades se interrelacionan. Por ejemplo, la producción de bienes de capital, la viabilidad económica de nuevos y medioambientalmente más amables procesos pueden ser evaluados en comparación con la tecnología utilizada actualmente. Las maneras en que se interrelacionan los sistemas de productos son muy complejas. Idealmente, los ciclos de vida de los productos se utilizan para producir los materiales y también se requieren productos bajo investigación. Eso llevaría a listados de entradas y salidas interminables. Consecuentemente, se ha de marcar los límites excluyendo determinadas partes que puedan alterar el resultado final del estudio. Es muy útil tener un diagrama del sistema para identificar los límites y pasa lo mismo con algunas elecciones como la producción, disposición de bienes de capital y límites naturales.

Sólo se permite la eliminación de etapas del ciclo de vida, procesos, entradas o salidas, si esto no modifica significativamente las conclusiones globales del estudio. Cualquier decisión de omitir etapas del ciclo de vida, procesos, entradas o salidas se debe especificar de forma clara y se deben explicar las razones e implicaciones de su omisión.

- **Establecimiento de las reglas de asignación de cargas ambientales**
- **Tipos de impacto a evaluar, la metodología de evaluación y la interpretación**
- **Requisitos que deben cumplir los datos del inventario**
- **Hipótesis y limitaciones**
- **Requisitos de calidad de los datos**

El alcance también debe incluir el tipo de revisión crítica a efectuar, si esta es necesaria de acuerdo con los objetivos del estudio y el tipo y formato del informe final.

ETAPA 2. ANÁLISIS DEL INVENTARIO DE CICLO DE VIDA

Esta fase incluye la identificación y cuantificación de las entradas (consumo de recursos) y salidas (emisiones al aire, suelo y aguas, y generación de residuos) del sistema productivo. Por sistema del producto se entiende el conjunto de procesos unitarios conectados material y energéticamente que realizan una o más funciones idénticas.

El inventario, a fin de dar una visión global del producto/proceso al que corresponde, además de los datos cuantificados debe constar de:

- Diagramas de flujo que dejen claro el sistema en estudio, así como las relaciones que tienen lugar dentro del mismo.
- Descripción detallada de cada unidad de proceso, listando la categoría de los datos asociados con cada una de ellas.
- Desarrollo de una lista donde se especifiquen las unidades de medida de cada parámetro.
- Descripción de los métodos empleados para recoger los datos y de las técnicas de cálculo empleadas para cada categoría de datos.
- Instrucciones informando claramente de fuentes documentales para casos especiales, irregularidades, o cualquier otra circunstancia asociada con la recogida de datos.

ETAPA 3. EVALUACIÓN DEL IMPACTO DEL CICLO DE VIDA

El proceso que consiste en la suma de entradas y salidas para sentar un posterior análisis y evaluación de los efectos medioambientales se conoce como Evaluación del Impacto de Ciclo de Vida (EICV).

La fase de Evaluación de Impacto de Ciclo de Vida relaciona los resultados del Análisis de Inventario con los efectos ambientales que dan lugar, con el fin de valorar la importancia de los potenciales impactos que generan.

Durante esta etapa, utilizando los resultados del análisis de inventario, se evalúa la importancia de los potenciales impactos ambientales generados por las entradas y salidas del sistema del producto.

En el contexto de ACV, se define un impacto como la anticipación razonable de un efecto, ya que no se trata de determinar impactos reales, sino de ligar los datos obtenidos en el inventario con una categoría de impacto y cuantificar la contribución a esta de cada uno de ellos.

ETAPA 4. INTERPRETACIÓN

La interpretación es la combinación de los resultados del análisis de inventario y de la evaluación de impacto, en la cual se proporcionan resultados coherentes con el objetivo y el alcance definidos. A veces, puede implicar un proceso iterativo de revisión y actualización del alcance, así como de la naturaleza y la calidad de los datos recopilados para que sean coherentes con el objetivo y el alcance.

La interpretación del ciclo de vida es la fase final del procedimiento de ACV, y en ella, se resumen y discuten los resultados como base para las conclusiones, recomendaciones y toma de decisiones de acuerdo con el objetivo y alcance definidos.

3.2.1.1 ANÁLISIS DE CICLO DE VIDA EN UNA EDAR. RESUMEN CASO PRÁCTICO

Desde el punto de vista de funcionamiento una EDAR (Estación Depuradora de Aguas Residuales) se considera como un sistema que trata aguas residuales mediante operaciones físicas, químicas y biológicas para obtener un efluente no contaminante que cumpla los requisitos exigidos en normativa relativa a vertidos a la vez que genera lodos como residuo de la operación de depuración del agua y puede generar energía en el digestor de lodos mediante la producción de biogás.

El software utilizado para el cálculo del Análisis de Ciclo de Vida (ACV) es SimaPro, una herramienta profesional desarrollada por la consultora holandesa Pré Consultants para el cálculo de los impactos ambientales, sociales y económicos asociados a un producto o servicio a lo largo de todo su ciclo de vida.

A continuación, se describe todo el proceso de obtención del análisis de ciclo de vida para una depuradora municipal.



1 → Entrada de agua Residual

2-3 → Pretratamiento

4 → Decantación primaria

5 → Tratamiento biológico

6 → Decantación secundaria

7 → Vertido del efluente no contaminado

15 → Compostaje

8 → Proceso de fangos activos

9 → Tratamiento de fangos (espesamiento)

10 → Tratamiento de fangos (digestión)

11 → Producción de biogás

13 → Tratamiento de fangos (deshidratación)

14 → Tratamiento de fangos (almacenamiento)

Figura 6. Procesos EDAR Manresa

*Agua residual 20% origen industrial, 80% origen urbano

En primer lugar, han de definirse tanto el objetivo como el alcance del estudio.

OBJETIVO

En este caso el objetivo es determinar el impacto ambiental de una estación depuradora de aguas residuales de 196.167 habitantes equivalentes con la metodología ACV para determinar los principales impactos ambientales ocasionados al medio ambiente.

ALCANCE

El alcance del estudio comprende el consumo eléctrico asociado a la EDAR municipal, el uso de productos químicos en la depuración de las aguas, la emisión de contaminantes al aire, agua y suelo, así

como la generación de residuos. Dentro de la generación de residuos se tendrán en cuenta tanto la generación de residuos contenidos en las aguas a depurar (ramas, arenas, etc.) como la generación de residuos en el propio proceso de depuración (lodos) y el tratamiento de los mismos para darle un valor añadido, que en este caso será someterlos a un proceso de compostaje.

Una vez definidos el objetivo y alcance del estudio se elegirá la unidad funcional y se determinarán los límites del sistema.

UNIDAD FUNCIONAL

En un estudio de ACV, la definición de la unidad funcional es uno de los pasos clave puesto que en el inventario de datos todos los datos de entradas y salidas del sistema se determinan respecto a la unidad funcional.

Una EDAR tiene como principales funciones la reducción de la materia orgánica, nitratos, fosfatos, nutrientes y sólidos en suspensión para su futuro vertido al medio receptor cumpliendo la actual normativa.

En este caso se toma como unidad funcional habitantes equivalentes año, con la finalidad de comparar las causas y los resultados obtenidos en cada caso para las mismas categorías de impacto ambiental.

LIMITES DEL SISTEMA

Los límites del sistema determinarán que procesos unitarios deberán incluirse dentro del ACV.

En este caso se llevará a cabo un “ACV de puerta a puerta”, es decir, solo se tendrá en cuenta los procesos que se realizan desde que el agua llega a la EDAR hasta que se realiza el vertido del efluente no contaminante.

Hay estudios que contemplan la fase de construcción y demolición, sin embargo, existen numerosos estudios que demuestran que el impacto durante estas fases es insignificante comparado con el impacto correspondiente a la fase de operación. La ISO 14044:2006 permite la eliminación de etapas del ciclo de vida, procesos, entradas o salidas, si esto no modifica significativamente las conclusiones globales del estudio. Según esto se ha eliminado del alcance del estudio la fase de construcción y desmantelamiento de la planta.

Por lo tanto, los límites generales que se consideran son los siguientes:

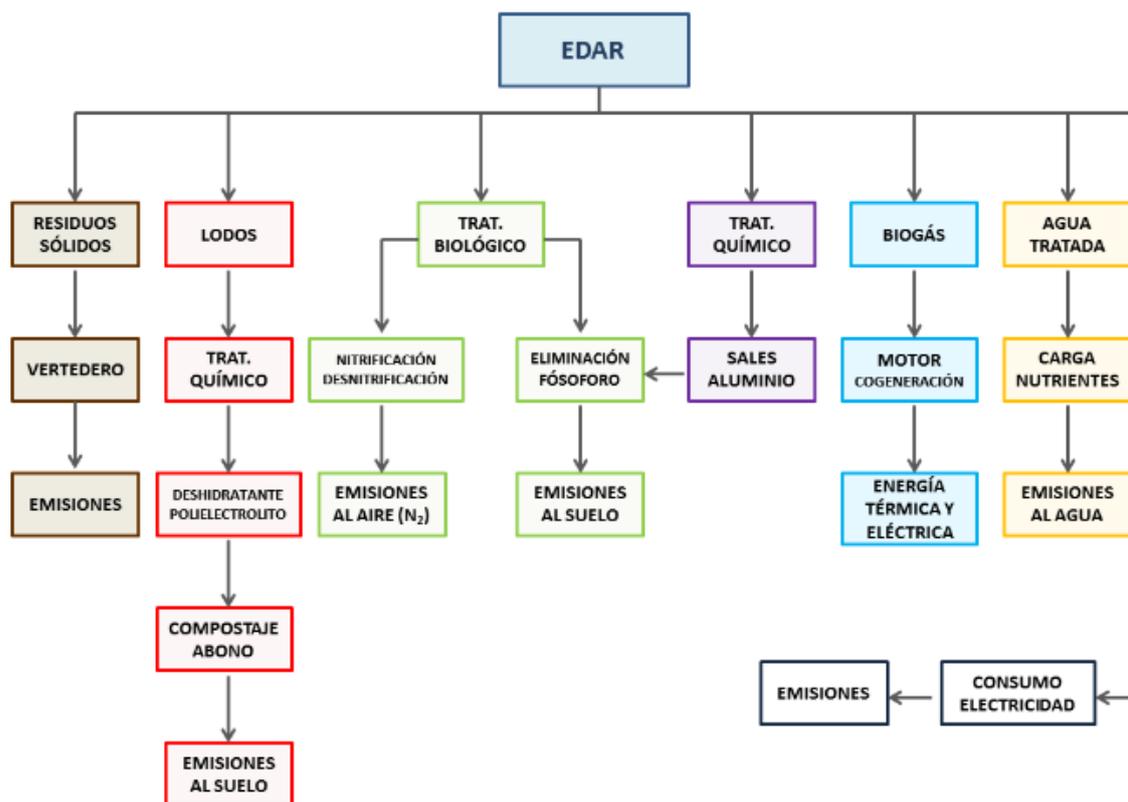
- No se tendrá en cuenta el impacto del transporte del agua residual hasta la planta mediante colectores y bombas, ni la construcción del sistema de recolección, ni la fabricación de sus materiales.
- El sistema comienza con la entrada del agua residual en la estación depuradora y termina con la salida del agua depurada, del fango deshidratado y del fango secado térmicamente.
- Los escenarios a estudiar son: pre-tratamiento, tratamiento biológico y decantación, espesamiento, digestión anaerobia, deshidratación, secado térmico y aplicación en agricultura o disposición en vertedero.
- No se tiene en cuenta el emisario submarino.
- El impacto del tratamiento y disposición final de los residuos de la línea del agua (gruesos, finos, arenas y grasas, arena sucia del físico-químico, etc.) se incluirán en el escenario de disposición en vertedero anteriormente mencionado.
- No se considerará el impacto del tratamiento y disposición final de los residuos distintos a los fangos de la línea de fangos.

- La línea de olores queda fuera de los límites de estudio al no disponer de datos de campo. Además, las instalaciones están suficientemente lejos de núcleos de población y no se considera que sea un impacto relevante.
- Para mantener la coherencia con las directrices de contabilidad del IPCC se asume que el 100% del carbono en las aguas residuales es carbono orgánico. (sin embargo, existen evidencias de que puede existir una cantidad importante de carbono fósil en las aguas residuales).

En cuanto a la fase de operación, los límites específicos que se consideran son los siguientes:

- Se considera un proceso único donde se cuantifican los flujos de entrada y salida de agua, lodos, emisiones de gases de efecto invernadero en la atmósfera, de residuos, de reactivos y de recursos energéticos (electricidad y gas natural).
- El transporte del agua residual y del fango dentro de la planta se contabiliza como consumo de energía eléctrica.
- En cuanto al uso de reactivos, otros productos adicionales y gas natural, solo se contemplará la reducción de recursos naturales que representa la extracción de materias primas. No se contemplará el impacto de su fabricación, ni del transporte hasta la planta.
- En cuanto a los consumos de energía eléctrica (planta y edificios de control), se contemplará la reducción de recursos energéticos que representa y la emisión de CO₂ debido a su generación fuera de la planta, pero no se contemplará el transporte hasta la planta.
- Se tendrán en cuenta los aprovechamientos energéticos del biogás (agitación del digestor, calderas para aplastar aceite y motor de cogeneración) y los excedentes de calor (calor de la culata del motor de cogeneración se aprovecha para calentar el fango de digestión).
- No se tendrá en cuenta el impacto de los residuos y el agua residual generada en los edificios de control.

A modo de resumen la siguiente figura describe los límites principales:



INVENTARIO

El inventario es el resultado de la recopilación de los datos y los procedimientos de cálculo para identificar y cuantificar todos los efectos adversos asociados a la unidad funcional.

Para cumplir con los requisitos de calidad de los datos se deberán tener en cuenta la cobertura temporal y geográfica, la tecnología usada, así como la precisión de los mismos y representatividad de la fuente. En nuestro caso tomamos los procesos de las bases de datos proporcionadas con el programa SimaPro.

El análisis de inventario se ha llevado a cabo utilizando datos de plantas proporcionados por el jefe de la planta de la EDAR de Manresa. Los datos suministrados son los siguientes:

- Características del agua de entrada y salida de la EDAR.
- Rendimientos globales del sistema
- Consumo de productos químicos (sales de aluminio y coagulantes).
- Metales en fangos.
- Residuos sólidos
- Parámetros de balance:
 - Caudal tratado
 - Consumo eléctrico
 - Lodos generados
 - Producción de biogás
 - Desecación media de los lodos

Todas las entradas y salidas del sistema se han normalizado con respecto a la unidad funcional elegida, habitantes equivalentes al año (h.e/año), ya que los datos proporcionados están en las unidades más utilizadas en este tipo de instalaciones, y se han introducido en el software SimaPro. Para ello se ha calculado un factor de conversión W para normalizar todos los valores de proceso a la unidad funcional.

$$W = \frac{365}{119.167} \times \frac{\text{día}}{\text{h.e.}}$$

En la siguiente tabla se resumen los parámetros de balance proporcionados por el personal de planta y los mismos datos referidos a la unidad funcional (h.e./año)

Tabla 6. Parámetros de balance proporcionados y convertidos respecto 1 h.e./año

| | DATOS PROPORCIONADOS | DATOS REFERIDOS A 1 H.E./AÑO |
|-------------------|-----------------------------|------------------------------|
| CAUDAL TRATADO | 26.802(m ³ /día) | 49.869,39 (L) |
| CONSUMO ELÉCTRICO | 10.419(kWh/día) | 19,38 (kWh) |
| LODOS GENERADOS | 29(T/día) | 53,57 (kg) |
| SECADO MEDIO (%) | 21% | 11,45 (kg MS) |
| PRODUCCIÓN BIOGÁS | 1.114(Nm ³ /día) | 2,07 (Nm ³) |

Con respecto a las características del agua de entrada y salida en la EDAR, los datos de campo disponibles son la demanda biológica de oxígeno a cinco días (DBO₅) y la demanda química de oxígeno (DQO) como indicadores de la carga orgánica de las aguas, la concentración de óxidos de nitrógeno (NO_x), amonio (NH₄⁺) y fósforo total.

Para obtener los valores de las cargas contaminantes que se introducirán en el programa SimaPro como cargas contaminantes del agua de entrada y salida se aplica:

$$\text{Emisiones al agua} = \frac{\text{Carga contaminante} \times \text{caudal anual}}{\text{población equivalente}} = \text{kg carga contaminante}$$

Tabla 7. Cargas contaminantes del agua de entrada y salida.

| | PARÁMETROS ENTRADA (1h.e./año) | PARÁMETROS SALIDA (1h.e./año) |
|------------------------|--------------------------------|-------------------------------|
| CAUDAL TRATADO (L) | 49.869,39 | |
| DBO ₅ (kg) | 12,87 | 0,32 |
| DQO (kg) | 27,94 | 1,7 |
| N-NH ₄ (kg) | 1,4 | 0,05 |
| N-NO ₂ (kg) | 0,007 | 0,003 |
| N-NO ₃ (kg) | 0,11 | 0,38 |
| NTK (kg) | 2,14 | 0,16 |
| P _{tot} (kg) | 2,14 | 0,16 |
| N-NO _x (kg) | 0,12 | 0,38 |

Globalmente, en la EDAR se produce una reducción superior al 90% de la materia orgánica de las aguas residuales, con una reducción de DBO₅ del 97% y una reducción de DQO de 93%, una reducción de los compuestos de nitrógeno de 76% y de fósforos totales de 85%.

El consumo eléctrico de la planta ha sido proporcionado con un valor global en lugar de por etapas, aunque esto sería lo ideal para determinar qué etapa del sistema se podría mejorar.

La cantidad de lodos generados y de secado medios se ha utilizado para calcular la cantidad de materia seca (MS) producida, simplemente multiplicando la cantidad de lodo por el porcentaje de secado medio (21%). Además, asumiendo que un kg de materia seca sustituye a ½ kg de abono se puede calcular la cantidad de fertilizante a introducir en el programa SimaPro.

El biogás producido en el digestor anaeróbico se aprovecha para producir electricidad y calor mediante motor de cogeneración. Sabiendo la cantidad de energía generada por la utilización de biogás se pueden determinar las emisiones evitadas si la misma energía se hubiera producido por combustibles fósiles.

Con respecto a los productos químicos y los residuos sólidos, en la base de datos no se dispone de datos para el polielectrolito, pero se puede asimilar al proceso de producción de acrilonitrilo. Tampoco se dispone de datos de consumo de reactivos como sales de aluminio para la coagulación de la materia orgánica, pero sí de su fuente activa, de hidróxido de aluminio.

En la siguiente tabla se resumen los parámetros de consumo de productos químicos referidos a 1 h.e./año:

Tabla 8. Consumo de productos químicos y generación de residuos sólidos

| | DATOS REFERIDOS A 1 h.e./año [kg] |
|------------------|-----------------------------------|
| RESIDUOS SÓLIDOS | 1,86 |
| POLIELECTROLITO | 0,046 |
| SAL DE ALUMINIO | 2,55 |

Por otro lado, los residuos sólidos generados en la EDAR (pequeñas partículas como arenas, ramas, etc.) se recogen y se transportan a un vertedero comarcal. En este caso no se produce recuperación de energía en el vertedero.

La concentración de metales pesados (principalmente Cd, Hg, Cu, Ni, Zn, Sb y Bi) en las aguas residuales conlleva que los lodos generados tengan una cierta carga de metales pesados, que resultan altamente tóxicos y presentan la propiedad de acumularse en organismos vivos.

Tabla 9. Emisiones al suelo (Parámetros de entrada de referidos a 1h. e/año)

| | EMISIONES AL SUELO (1 h.e./año [mg]) |
|----|--------------------------------------|
| Cd | 34,36 |
| Cr | 301,48 |
| Cu | 2.034,31 |
| Hg | 44,1 |
| Ni | 269,18 |
| Pb | 518,89 |
| Zn | 10.071,89 |

Dentro de las emisiones al suelo también se encuentran los abonos obtenidos de la materia seca (MS) de lodos. Los lodos procedentes del proceso de depuración de agua en las depuradoras tienen un alto contenido en fósforo y nitrógeno, y pueden ser utilizados en la agricultura como abono sustituyendo a los fertilizantes químicos, y generando así un beneficio ambiental evitando la producción industrial de los mismos. Generalmente se considera que sustituyen al 50% de N y un 70% de P del fertilizante químico en los procesos de fabricación, por lo que se toma como producto evitado el 50% de la materia seca (MS) de lodo que se utiliza como fertilizante (2kg de MS equivale a 1kg de fertilizante químico evitado).

Finalmente, para contabilizar las emisiones procedentes de la combustión del biogás se tiene que estimar la composición del gas producido en el digestor de lodos, ya que la concentración de los gases que forman el biogás en una EDAR depende de la carga orgánica del sustrato.

Tabla 10. Composición biogás

| TIPO BIOGÁS | RANGO PORCENTAJES | ESTIMACIÓN | VALORES REFERIDOS A 1 h.e./año [m³] |
|------------------|-------------------|------------|-------------------------------------|
| CH ₄ | 50-80 % | 60% | 1,24 |
| CO ₂ | 20-50 % | 30% | 0,62 |
| H ₂ | 0-5 % | 5% | 0,10 |
| H ₂ S | 0-1 % | 1% | 0,02 |
| CO | 0-1 % | 1% | 0,02 |
| N | 0-3 % | 2% | 0,04 |
| O ₂ | 0-1 % | 1% | 0,02 |

Sabiendo la concentración total de biogás referido a la unidad funcional, se obtiene el valor de cada gas ya referido a la unidad funcional simplemente multiplicando por su porcentaje. Asumiendo un rendimiento del motor de cogeneración de 35% para energía eléctrica, 55% para energía térmica y un 10% para las pérdidas se muestra en la siguiente tabla las emisiones a la atmosfera por cada kWh producido.

Tabla 11. Emisiones a la atmósfera

| | VALORES REFERIDOS A 1kWh PRODUCIDO |
|---|------------------------------------|
| ÓXIDOS DE NITRÓGENO [kg] | 0,000131 |
| MONÓXIDO DE CARBONO, BIOGÉNICO [kg] | 0,000418 |
| DIÓXIDO CARBONO, BIOGÉNICO [kg] | 0,72698 |
| METANO, BIOGÉNICO [kg] | 0,0002 |
| NMVOC (NON-METHANE VOLATILE ORGANIX COMPOUNDS), ORIGEN SI NESPECIFICAR [kg] | 1,74E-05 |
| MONÓXIDO DE DINITRÓGENO [kg] | 2,18E-05 |
| DIÓXIDO DE SULFURO [kg] | 0,000183 |
| PLATINO [kg] | 6,08E-11 |
| RESIDUOS [MJ] | 1,2544 |

De esta forma el resumen del inventario global se representa en la siguiente tabla:

Tabla 12. Datos de inventario

| | | | |
|--|-------------------|---------------------------|----|
| Año | 2009 | | |
| Unidad Funcional | h.e./año | | |
| Población equivalente | 196.167 | | |
| Caudal/año (L) | 9.782.730.000 | Uds. Referidas a h.e./año | |
| Características agua de entrada | | | |
| | DBO ₅ | 12,8677026 | kg |
| | DQO | 27,9414085 | kg |
| | N-NH ₄ | 1,40315695 | kg |
| | N-NO ₂ | 0,00673812 | kg |
| | N-NO ₃ | 0,10843983 | kg |
| | NTK* | 2,14417628 | kg |
| | P _{tot} | 0,30680761 | kg |
| | N-NO _x | 0,11517795 | kg |
| Características agua de salida | | | |
| | DBO ₅ | 0,32192616 | kg |

| | | | |
|------------------------------|-------------------------------|------------|-----------------|
| | DQO | 1,69698859 | kg |
| | N-NH ₄ | 0,05122172 | kg |
| | N-NO ₂ | 0,0030049 | kg |
| | N-NO ₃ | 0,37673259 | kg |
| | NTK* | 0,15715786 | kg |
| | P _{tot} | 0,04442285 | kg |
| | N-NO _x | 0,37973748 | kg |
| Rendimientos globales | | | |
| | DBO ₅ | 97 | % |
| | DQO | 94 | % |
| | N _{tot} | 76 | % |
| | P _{tot} | 85 | % |
| Parámetros de balance | | | |
| | Caudal tratado | 49.869,40 | L |
| | Energía eléctrica | 19,3854134 | kWh |
| | Lodos | 53,5729672 | kg |
| | Secado medio lodo | 21 | % |
| | Materia seca lodo (MS) | 11,4544256 | kg MS |
| | Fertilizante evitado (50% MS) | 5,72721279 | kg |
| | Producción biogás | 2,0730071 | Nm ³ |
| Emisiones al suelo | | | |
| Metales en lodos | Cd | 34,3632768 | mg |
| | Cr | 301,480481 | mg |
| | Cu | 2034,30598 | mg |
| | Hg | 44,0995385 | mg |
| | Ni | 269,173001 | mg |
| | Pb | 518,885479 | mg |
| | Zn | 10.079,89 | mg |
| Contenido del biogás | CH ₄ | 1,24380426 | m ³ |
| | CO ₂ | 0,62190213 | m ³ |
| | H ₂ | 0,10365035 | m ³ |
| | H ₂ S | 0,02073007 | m ³ |
| | CO | 0,02073007 | m ³ |
| | N | 0,04146014 | m ³ |
| | O ₂ | 0,02073007 | m ³ |
| Residuos | | | |
| | Residuos Sólidos | 1,86065954 | kg |
| | Polielectrolito | 0,04586526 | kg |
| | Sal de aluminio | 2,54884308 | kg |

*NTK → Nitrógeno Kjeldhal o nitrógeno total

EVALUACIÓN DEL IMPACTO

Según estudios de ACV realizados en plantas de tratamiento de agua, la categoría de impacto más relevante es la eutrofización, debido a la emisión de nutrientes en el efluente.

En la depuración del agua en una EDAR se produce un importante descenso de la carga eutrofizante del agua, pero el impacto en esta categoría se produce por la descarga de nutrientes sin eliminar en el efluente como fosfatos e ión amonio que representan habitualmente más del 50% de la contribución en esta categoría.

La segunda categoría de impacto más importante es la toxicidad terrestre debido a la presencia de metales pesados (principalmente mercurio y cromo) en los lodos que se van a utilizar como abono. Este impacto dependerá por tanto de la cantidad de lodos generados, que depende sobre todo de dos causas:

- La presencia de un tratamiento secundario incrementa la producción de lodo.
- La existencia de un digestor anaerobio provoca una importante reducción en la producción de lodo.

Por otra parte, está el impacto debido a las emisiones a la atmósfera, en este sentido en una EDAR donde se genera biogás se produce un efecto positivo debido al ahorro de recursos naturales de origen fósil y emisiones al medio. Es importante tener en cuenta que el mayor consumo de energía en una EDAR se encuentra en los aireadores, pero un mayor consumo de energía no implica un mayor porcentaje de eliminación de nutrientes.

Al mismo tiempo la generación de biogás en la EDAR, como consecuencia de los procesos biológicos que se producen en el reactor biológico y en el digestor, emite CO₂ a la atmósfera. El CO₂ es el principal contribuyente al calentamiento global, aunque las emisiones procedentes del lodo (CH₄) y de la incineración de los residuos (CO₂, CH₄ y N₂O) también tienen cierta contribución a este impacto, si bien es cierto que en la EDAR caso de estudio no se produce incineración de residuos en el vertedero por lo que estos últimos no afectan al impacto producido por esta categoría.

En la EDAR caso de estudio, la emisión de gases que destruyen la capa de ozono es mínima, sobre todo en la producción de químicos y de electricidad a partir de recursos fósiles.

En el caso de emisión de sustancias acidificantes al aire, el impacto se produce principalmente por las emisiones de NH₃ derivadas de la aplicación del lodo para usos agrícolas.

Por último, en relación a nutrientes como el nitrógeno y el fósforo, se observan niveles de eliminación de compuestos fosfatos y nitratos del 85% y del 76% respectivamente. Como se observa esta EDAR presenta buenos niveles de eliminación de nutrientes y es importante mencionar que la eficiencia en la eliminación de estos compuestos depende en mayor medida del modo de operación que de la tecnología de eliminación en sí.

RESULTADOS DEL ACV

La metodología utilizada para el análisis del ciclo de Vida ha sido CML2000 utilizando, como se ha comentado anteriormente, el software SimaPro.

Las categorías elegidas para el ACV son: agotamiento de recursos abióticos, uso del suelo, cambio climático a 100 años (GWP-100), formación de oxidantes foto-químicos, acidificación, Eutrofización y Toxicidad.

La siguiente gráfica representa la fase de caracterización de los procesos implicados con una contribución de la menos 5% a la categoría GWP-100 correspondiente a 27 nodos de un total de 1965.

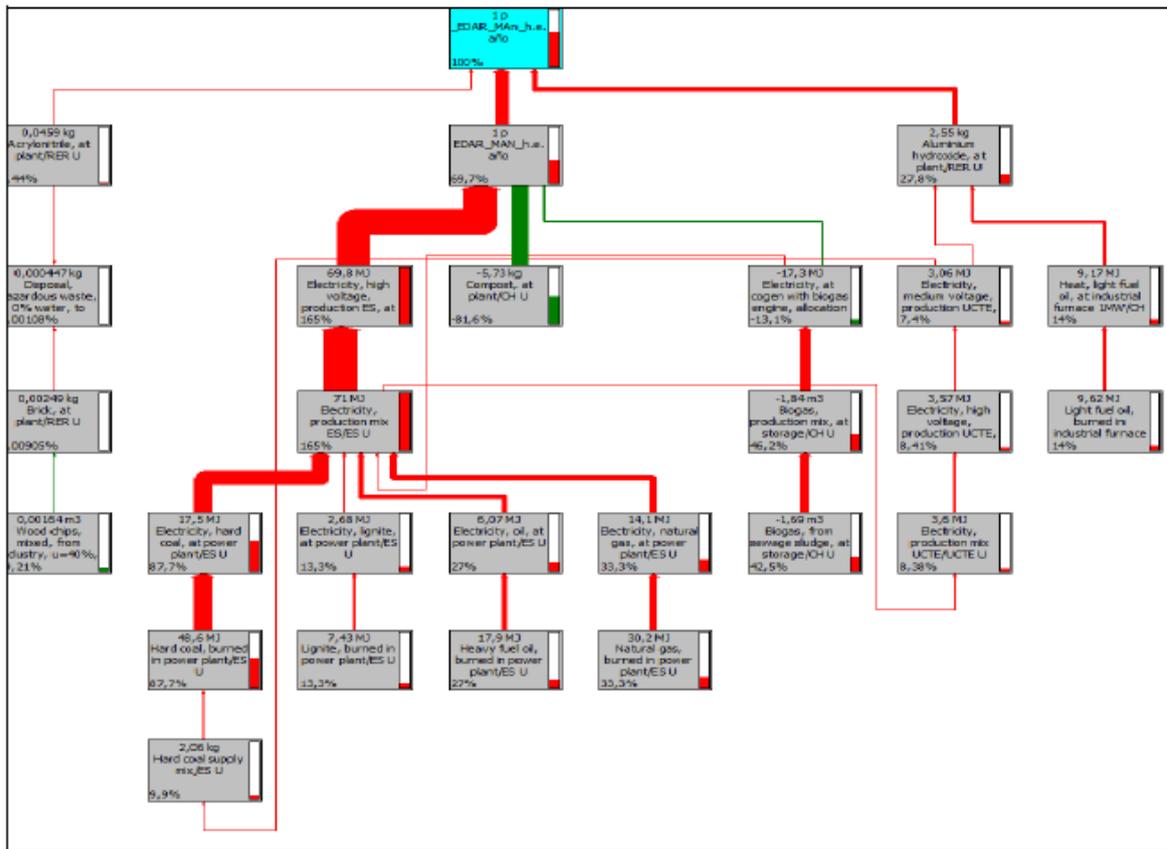


Figura 7. ACV de una EDAR con operación y empleo de coagulante y polielectrolito. Categoría GWP-100.

En el diagrama de flujo se muestran en color rojo los flujos que contribuyen con valores positivos a las emisiones, o sea consumo de productos químicos y sobre todo electricidad de la red eléctrica, y en verde los flujos que restan a la categoría de impacto ya que evitan emisiones, como el uso de abonos procedentes de los lodos en lugar de fertilizantes químicos y el uso de electricidad producida por la combustión del biogás en lugar de energía de la red eléctrica.

De forma más general en la siguiente tabla y su correspondiente diagrama se muestra un resumen del impacto causado por el sistema en todas las categorías definidas por la metodología de evaluación CML 2000.

Tabla 13. Categorías de impacto ambiental del ACV de la fase operación y empleo de coagulante y polielectrolito.

| CATEGORÍA DEL IMPACTO | UNIDAD | TOTAL | POLIELECTROLITOS | SALES DE ALUMINIO | EDAR |
|---|-----------------------|----------|------------------|-------------------|----------|
| AGOTAMIENTO DE LOS RECURSOS ABIÓTICOS | Kg Sb eq | 7,1E-02 | 0,18E-02 | 1,1E-02 | 5,8E-02 |
| ACIDIFICACIÓN | Kg SO ₂ eq | 8,6E-02 | 0,061E-02 | 0,91E-02 | 7,7E-02 |
| EUTROFIZACIÓN | Kg PO ₄ eq | 1,06E-02 | 6,40E-06 | 0,24E-06 | 1,06E-02 |
| CAMBIO CLIMÁTICO (GWP-100) | Kg CO ₂ eq | 4,54 | 0,15 | 1,68 | 2,71 |
| AGOTAMIENTO DE OZONO ESTRATOSFÉRICO (ODP) | Kg CFC-11 eq | 5,19E-07 | 7,95E-12 | 1,99E-07 | 3,20E-07 |
| TOXICIDAD HUMANA | Kg 1,4-DB eq | 4,07 | 0,0027 | 2,33 | 1,735 |
| ECOTOXICIDAD DEL AGUA DULCE | Kg 1,4-DB eq | 7,34 | 0,00088 | 4,57 | 2,77 |
| ECOTOXICIDAD DEL AGUA MARINA | Kg 1,4-DB eq | 6.913,44 | 0,69 | 4.742,93 | 2.169,81 |
| ECOTOXIDAD TERRESTRE | Kg 1,4-DB eq | 2,84 | 3,99E-06 | 0,0052 | 2,84 |

| | | | | | |
|------------------------------|----------------------------------|--------|----------|---------|--------|
| OXIDACIÓN FOTOQUÍMICA | Kg C ₂ H ₄ | 0,0029 | 4,42E-05 | 0,00036 | 0,0025 |
|------------------------------|----------------------------------|--------|----------|---------|--------|

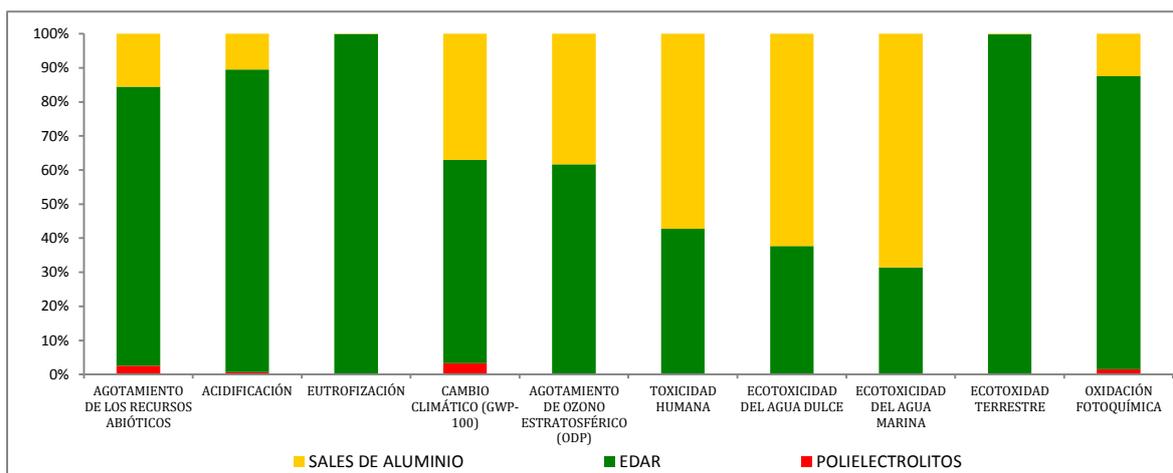


Figura 8. ACV del ensamblaje de una EDAR, operación y empleo de coagulante y polielectrolito.

En este diagrama el color rojo representa el uso de polielectrolitos (deshidratador de lodos), el color verde a la fase de operación de la EDAR y el color amarillo al uso de sales de aluminio como coagulante químico para la precipitación del fosfato contenido en el agua.

- ➔ La fase de operación contribuye significativamente en casi todos los impactos ambientales, excepto en toxicidad humana y toxicidad del agua, donde la contribución máxima se debe al uso de las sales de aluminio como coagulante químico.
- ➔ El uso de polielectrolitos (color rojo) apenas contribuye en las categorías de impacto.

Si además de la fase de operación y el uso de productos químicos (polielectrolito y sales de aluminio) se tiene en cuenta el tratamiento de residuos se obtiene la siguiente tabla de resultados para las diferentes categorías de impacto analizadas:

Tabla 14. Categorías de impacto ambiental del ACV de la fase operación, empleo de productos químicos y tratamiento de residuos.

| CATEGORÍA DEL IMPACTO | UNIDAD | TOTAL | EDAR | TRATAMIENTO DE RESIDUOS SÓLIDOS |
|---|----------------------------------|----------|----------|---------------------------------|
| AGOTAMIENTO DE LOS RECURSOS ABIÓTICOS | Kg Sb eq | 0,072 | 0,071 | 0,0005 |
| ACIDIFICACIÓN | Kg SO ₂ eq | 0,087 | 0,087 | 0,0004 |
| EUTROFIZACIÓN | Kg PO ₄ eq | 1,07 | 1,06 | 0,01 |
| CAMBIO CLIMÁTICO (GWP-100) | Kg CO ₂ eq | 6,90 | 4,54 | 2,36 |
| AGOTAMIENTO DE OZONO ESTRATOSFÉRICO (ODP) | Kg CFC-11 eq | 5,31E-07 | 5,19E-07 | 1,22E-08 |
| TOXICIDAD HUMANA | Kg 1,4-DB eq | 4,71 | 4,07 | 0,64 |
| ECOTOXICIDAD DEL AGUA DULCE | Kg 1,4-DB eq | 14,32 | 7,34 | 6,98 |
| ECOTOXICIDAD DEL AGUA MARINA | Kg 1,4-DB eq | 9.440,30 | 6.913,43 | 2.526,87 |
| ECOTOXICIDAD TERRESTRE | Kg 1,4-DB eq | 2,85 | 2,84 | 0,0053 |
| OXIDACIÓN FOTOQUÍMICA | Kg C ₂ H ₄ | 0,0034 | 0,0028 | 0,00049 |

En el siguiente gráfico se representan los datos anteriores, en rojo los resultados para la fase de operación y uso de productos químicos y en verde los correspondientes al tratamiento de residuos sólidos:

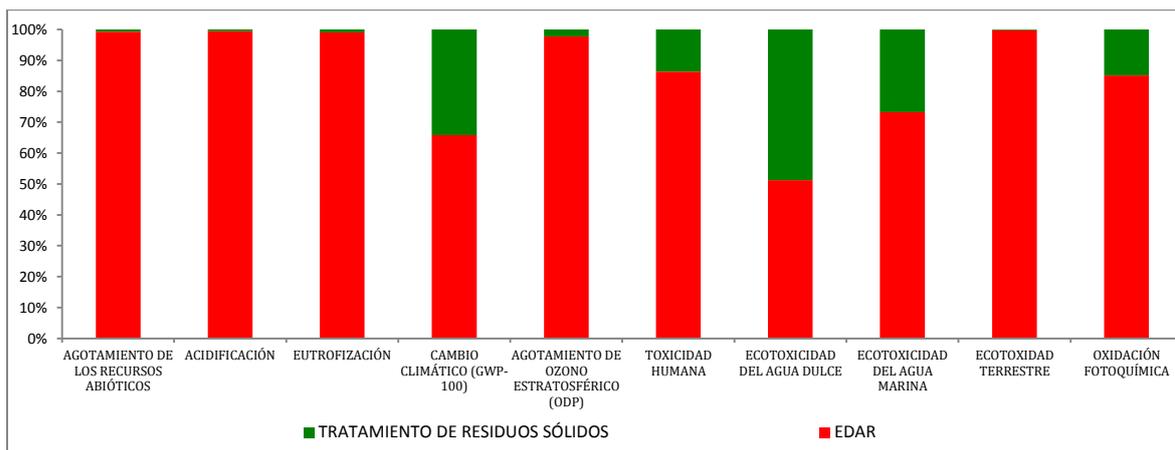


Figura 9. ACV de una EDAR: fase de operación, uso de productos químicos y tratamiento de residuos.

Viendo los resultados que se muestran en la tabla y diagrama anteriores se puede observar:

- En todas las categorías de impacto la contribución máxima se refleja en la fase de operación de la planta.
- Solamente en las categorías de potencial calentamiento global (GWP-100) y ecotoxicidad del agua se produce una contribución importante del escenario de tratamiento de residuos (vertedero sin recuperación de energía), quizás por el lixiviado de líquidos.

CONCLUSIONES

- La fase de operación de la planta es la que más contribuye en todas las categorías de impacto, excepto en las categorías de impacto de agotamiento de la capa de ozono y en las de ecotoxicidad del agua donde el uso de coagulantes químicos (sales de aluminio) y polielectrolitos (deshidratantes de lodos) son los que contribuyen más significativamente.
- El uso de polielectrolitos para la deshidratación de lodos apenas contribuye en las categorías de impacto debido a que solo emplea 4kg por tonelada de materia seca de lodos.
- Los residuos eliminados de las aguas en Pretratamiento que llevan a un vertedero municipal, sin que se produzca recuperación de energía, solo contribuyen significativamente a la categoría de calentamiento global y ecotoxicidad del agua.
- Esta EDAR presenta un bajo impacto en todas las categorías excepto en ecotoxicidad terrestre y ecotoxicidad del agua debido a que contiene un 20% de agua residual de origen industrial por lo que el contenido en metales pesados es mayor que en una EDAR donde toda el agua sea de origen urbano. Este contenido en metales pesados podría reducirse con tratamiento químico, sin embargo, el uso de más productos químicos podría contribuir en otras categorías de impacto como reducción de recurso abióticos, oxidación fotoquímica, acidificación o calentamiento global.

3.2.2 Estudios de Impacto Ambiental (IA)

Se llama Estudio de Impacto ambiental al procedimiento técnico-administrativo que sirve para identificar, evaluar y describir los impactos ambientales que producirá un proyecto en su entorno en caso de ser ejecutado, todo ello con el fin de que la administración competente pueda aceptarlo, rechazarlo o modificarlo.

La Evaluación de Impacto ambiental (EIA) es presentada y asumida como instrumento de política pública, procedimiento administrativo y metodología para la ejecución de los estudios de impacto ambiental.

Para que una evaluación de impacto ambiental sea efectiva debe ser objetiva, brindar información imparcial y completa del proyecto, ambiente e impactos. Además, se debe realizar una etapa de planeamiento del proyecto, cuando se cree que pueda producir daños ambientales o en la salud humana y debe proporcionar la información suficiente lo más rápido posible para no retrasar las decisiones de las autoridades.

De forma general, un estudio de impacto ambiental deberá contener, al menos los siguientes puntos:

- Descripción del proyecto y sus acciones.
- Examen de alternativas técnicamente viables y justificación de la solución adoptada.
- Inventario ambiental y descripción de las interacciones ecológicas o ambientales claves.
- Identificación y valoración de impactos, tanto en la solución propuesta como en sus alternativas.
- Establecimiento de medidas protectoras y correctoras.
- Programa de vigilancia ambiental.
- Documento de síntesis.

Así teniendo en cuenta los puntos anteriores se puede establecer que las etapas que han de llevarse a cabo para realizar un estudio de impacto ambiental se describen en el siguiente gráfico:

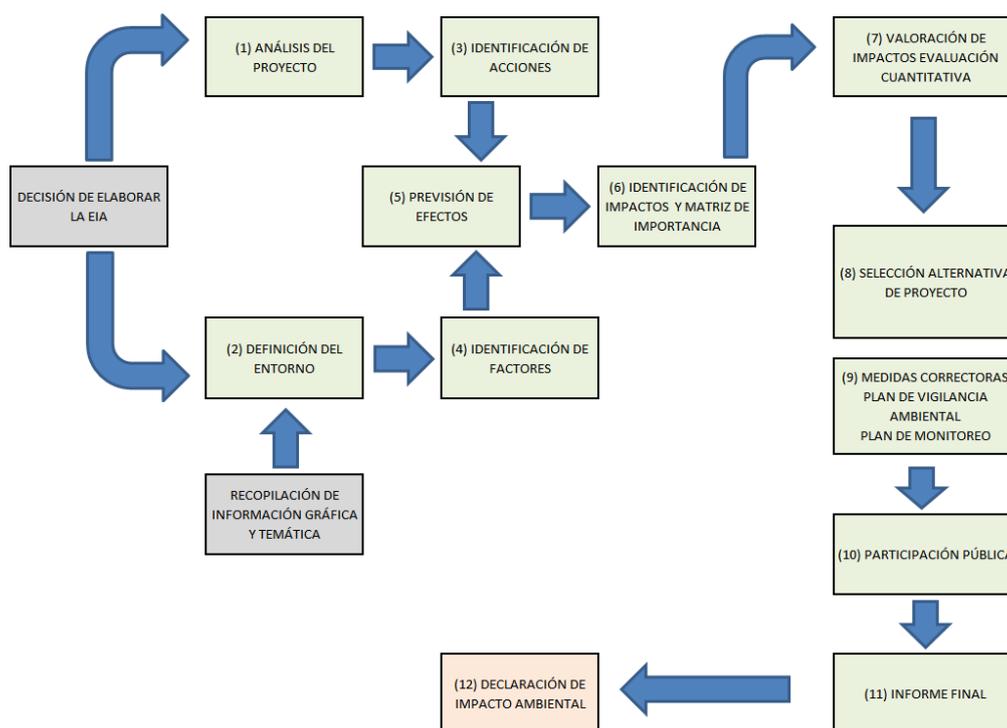


Figura 10. Proceso de realización de un Estudio de Impacto Ambiental.

- (1) Análisis del proyecto y sus alternativas.
- (2) Diagnóstico o definición del entorno del proyecto. En la fase de búsqueda de información y consiste en recopilar la información necesaria y suficiente para comprender el funcionamiento

del medio sin proyecto, las causas históricas que lo han producido y la evolución previsible de no actuar.

- (3) Identificación de las acciones inherentes al proyecto incluyendo las pre-operacionales, operacionales y post-operacionales.
- (4) Identificar los factores ambientales que caracterizan al medio en cuestión. (Inventario Ambiental)
- (5) Prever y describir los efectos que el proyecto en general y cada acción en particular generarán sobre el medio. En este punto se describirá como serán modificados los diversos factores del medio como consecuencia de las acciones.
- (6) Predicción del impacto que tendrán los efectos más importantes.
- (7) Cuantificación de impactos.
- (8) Selección de las diferentes alternativas del proyecto.
- (9) Identificación de medidas de mitigación e impacto residual. Definición de medidas de mitigación, precautorias y compensatorias. Definición del programa de seguimiento y control de las mismas. Definición del programa de monitoreo de las variables ambientales. Establecimiento de un plan de contingencia frente a los accidentes.
- (10) Procesos de participación pública, tanto de particulares como de actores sociales
- (11) Emisión de un informe final
- (12) Finalmente se produce la decisión del órgano oficial competente que promulga la Declaración de Impacto Ambiental (DIA)

Por tanto, es necesario considerar e identificar el tipo de impacto ambiental, el área afectada, la duración de los impactos, los componentes y funciones ambientales que se ven afectadas, los efectos directos e indirectos, los impactos primarios, los efectos sinérgicos y los efectos combinados, así como su magnitud, importancia y riesgo.

Además, la aplicación de metodologías de impacto ambiental permite evaluar el proyecto desde su concepción hasta el abandono del mismo, el diseño e implementación del Plan de Manejo durante la ejecución de la actividad y su correspondiente sistema de monitorización.

A continuación, se describen con mayor detenimiento dos de los puntos más importantes de la realización de un estudio de impacto ambiental: la identificación y clasificación de los factores ambientales que provocan un impacto sobre el medio y la selección de la metodología con la que llevar a cabo el estudio:

3.2.2.1 CLASIFICACIÓN Y CARACTERIZACIÓN DE IMPACTOS AMBIENTALES.

Se incluirá la identificación y valoración de los efectos notables previsibles de las actividades proyectadas sobre los aspectos ambientales para cada alternativa examinada. Necesariamente, la identificación de los impactos ambientales derivará del estudio de las interacciones entre las acciones derivadas del proyecto y las características específicas de los aspectos ambientales afectados en cada caso concreto.

En primer lugar, se elaborará un inventario ambiental y una descripción de las interacciones ecológicas y ambientales claves. Este inventario y descripción comprenderá:

- Estudio del Estado del lugar y de sus condiciones ambientales antes de la realización de las obras, así como de los tipos existentes de ocupación del suelo y aprovechamiento de otros recursos naturales, teniendo en cuenta las actividades preexistentes.
- Identificación, censo, inventario, cuantificación y, en su caso, cartografía, de todos los aspectos ambientales definidos que puedan ser afectados por la actuación proyectada.

- Efecto negativo: aquel que se traduce en una pérdida de valor natural, cultural, social, paisajístico, etc. o en un incremento de los perjuicios derivados de la contaminación, erosión y otros riesgos ambientales.
- **Según la intensidad** → indica el grado de incidencia de la acción sobre el factor ambiental afectado.
 - Efecto mínimo: aquel que se puede demostrar que no es notable.
 - Efecto notable: aquel que se manifiesta como una modificación del medio ambiente, de los recursos naturales, o de sus procesos fundamentalmente de funcionamiento, que produce o pueda producir en el futuro repercusiones apreciables a los mismos.

Tabla 16. Intensidad del impacto

| INTENSIDAD DEL IMPACTO (IT) | |
|-----------------------------|---------------------------------------|
| DESCRIPCIÓN | % DE DESTRUCCIÓN O AFECCIÓN AL FACTOR |
| Máxima | >91% |
| Muy Alta | 76-90% |
| Alta | 51-75% |
| Media | 26-50% |
| Baja | 5-25% |
| Muy baja | <5% |

- **Según la incidencia** → se refiere a la relación causa-efecto, es decir, la forma de manifestación del efecto sobre un factor como consecuencia de una acción:
 - Efecto directo: aquel que tiene una incidencia inmediata en algún aspecto ambiental.
 - Efecto indirecto: aquel que supone una incidencia sobre algún aspecto ambiental, pero en el que dicha incidencia no es inmediata.
- **Según la acumulación** → se refiere al incremento progresivo de la manifestación del efecto, cuando persiste de forma continuada o se reitera la acción que lo genera.
 - Efecto simple: aquel que cuando se propaga la acción del agente inductor no incrementa su gravedad.
 - Efecto acumulativo: aquel que cuando se propaga la acción del agente inductor, incrementa progresivamente su gravedad a causa de la no existencia de mecanismos de eliminación con efectividad similar a la del incremento del agente causante del mal.
- **Según el sinergismo** → este atributo contempla el reforzamiento de dos o más efectos simples. La componente total de la manifestación de los efectos simples, provocados por acciones que actúan simultáneamente, es superior a la esperada de la manifestación de efectos, cuando las acciones que las provocan actúan de manera independiente, no simultánea.
 - Efecto sinérgico: aquel que se produce cuando el efecto conjunto de la presencia simultánea de diversos agentes, supone una incidencia ambiental superior a la suma de las incidencias individuales contempladas aisladamente. Así mismo se incluye dentro de este tipo aquel efecto cuya existencia induce la aparición de otros nuevos.
 - Efecto no sinérgico: aquel que se produce cuando el efecto conjunto de la presencia simultánea de diversos agentes, no supone una incidencia ambiental superior a la suma de las incidencias individuales contempladas aisladamente.
- **Según la aparición** → según el tiempo que transcurre entre la aparición de la acción causante del impacto y el comienzo del efecto sobre el factor ambiental afectado:

Tabla 17. Plazo de manifestación del impacto.

| PLAZO DE MANIFESTACIÓN (PM) | | |
|-----------------------------|--------|----|
| LARGO PLAZO | >5años | LP |
| MEDIO PLAZO | <5años | MP |
| CORTO PLAZO | <1 año | CP |

- **Según la persistencia** → según el tiempo durante el cual un factor ambiental está siendo afectado:

Tabla 18. Persistencia del impacto.

| PERSISTENCIA | |
|--------------|----------|
| PUNTUAL | <1 año |
| TEMPORAL | >1año |
| PERMANENTE | >10 años |

**El efecto podría desaparecer tanto por medios naturales como por la aplicación de las correspondientes medidas correctoras.*

- **Según la extensión** → corresponde al área de influencia teórica del impacto en relación con el entorno de la actividad:

Tabla 19. Extensión del impacto.

| EXTENSIÓN DEL IMPACTO (EX) | |
|----------------------------|------------|
| DESCRIPCIÓN | % AFECTADO |
| Prolongada | >100% |
| Total | 91-100% |
| Extensa | 51-90% |
| Media | 26-50% |
| Parcial | 5-25% |
| Puntual | <5% |

- **Según la reversibilidad** → posibilidad de que el factor afectado recupere su estado original por medios naturales, una vez que la acción causante del impacto deje de actuar sobre el medio:
 - Efecto reversible: aquel en el que la alteración causada por determinada acción del proyecto puede ser asimilada por el entorno a causa del funcionamiento de los procesos, de la sucesión ecológica y de los mecanismos de autodepuración del medio.
 - Efecto irreversible: aquel que supone la imposibilidad o dificultad extrema de retornar a la situación del entorno previa a la ejecución de la acción que produce un determinado impacto.

Tabla 20. Reversibilidad del impacto.

| REVERSIBILIDAD (RV) | | |
|---------------------|-------------|-------------------------------------|
| DESCRIPCIÓN | | IMPACTO REVERSIBLE DE FORMA NATURAL |
| Irreversible | | >5 años |
| Reversible | Largo Plazo | <5 años |
| | Medio Plazo | <2,5 años |
| | Corto Plazo | <1 año |
| | Inmediato | < 1mes |

- **Según la recuperabilidad** → se refiere a la posibilidad de recuperar a su estado original el factor ambiental afectado mediante la acción humana.

- Efecto recuperable: aquel donde la alteración que supone la ejecución de una determinada acción puede ser eliminada mediante la acción humana.
- Efecto irrecuperable: aquel donde la alteración que supone la ejecución de una determinada acción no puede ser recuperada ni siquiera mediante la acción humana.

Tabla 21. Recuperabilidad del impacto.

| RECUPERABILIDAD (RC) | | |
|----------------------|-------------|----------------------|
| DESCRIPCIÓN | | PERIODO RECUPERACIÓN |
| Irrecuperable | | >5 años |
| Recuperable | Largo Plazo | < 5 años |
| | Medio Plazo | < 2,5 años |
| | Corto Plazo | < 1 año |
| | Inmediato | < 1 mes |

- **Según la periodicidad** → en relación a la regularidad con que se manifiesta el efecto:

Tabla 22. Periodicidad del efecto del impacto.

| PERIODICIDAD (PR) | | |
|--------------------------|-----------------------|----------------|
| DESCRIPCIÓN | | PERIODICIDAD |
| Continuo | | Constante |
| Periódico | | Cíclico |
| No periódico o irregular | Cierto o muy probable | >10 veces/año |
| | Probable | 5-10 veces/año |
| | Poco probable | 1-4 veces/años |
| | Improbable | <1 vez/año |

Con esta caracterización podrá procederse al cálculo cualitativo de la magnitud del impacto potencial u original.

Para la valoración cuantitativa de los impactos producidos por la EDAR sobre el medio físico y el medio socioeconómico existe el método de la Matriz de Importancia.

La cifra que va a indicar la importancia del impacto se calcula utilizando una fórmula en la que intervienen variables que indican tanto el grado de incidencia o intensidad de la alteración producida como de la caracterización del efecto y que responde a su vez a una serie de atributos de tipo cualitativo tales como extensión tipo de efecto, plazo de manifestación, persistencia, reversibilidad, recuperabilidad, sinergia, acumulación y periodicidad. Los valores de los parámetros serán:

- **Signo** → se refiere al carácter perjudicial (-) o beneficioso (+) de las acciones sobre el factor considerado.
- **Intensidad** → hace referencia al grado de incidencia de las acciones sobre el factor considerado. El baremo de valoración está comprendido en:
 - Afección mínima: 1
 - Afección media: 2
 - Afección alta: 4
 - Afección muy alta: 8
 - Destrucción total: 12
- **Extensión** → expresa el área de influencia teórica del impacto en relación al entorno del proyecto, es decir, el porcentaje de área respecto al entorno en que se manifiesta el impacto. Los valores utilizados son los siguientes:
 - Puntual: 1

- Parcial: 2
- Extenso: 4
- Total: 8
- Crítica: (+4)
- **Momento**→ hace referencia al tiempo que transcurre entre la aparición de las acciones y el comienzo del efecto sobre el factor considerado:
 - Largo plazo: 1
 - Medio plazo: 2
 - Inmediato: 4
 - Crítico: (+4)
- **Persistencia**→ se refiere al tiempo que supuestamente permanecería el efecto desde su aparición, y a partir del cual el factor afectado retornaría a las condiciones iniciales previas a la acción por medios naturales, o mediante la introducción de medidas correctoras:
 - Fugaz (menos de un año): 1
 - Temporal (entre 1 y 10 años): 2
 - Permanente (superior a 10años): 4
- **Reversibilidad**→ indica la posibilidad de reconstrucción del factor afectado por el proyecto, es decir, la posibilidad de retornar a las condiciones iniciales previas a la acción por medios naturales una vez la acción deje de actuar sobre el medio:
 - Corto plazo: 1
 - Medio plazo: 2
 - Irreversible: 4
- **Sinergia**→ contempla el reforzamiento de un impacto cuando la manifestación de varias acciones que actúan simultáneamente sobre un mismo factor es superior a la que cabría esperar en el caso de que las acciones actuaran de manera independiente no simultánea:
 - Sin sinergismo (simple): 1
 - Sinérgico: 2
 - Muy sinérgico: 4
- **Acumulación**→ se refiere al incremento progresivo de la manifestación del efecto cuando persisten de forma reiterada o continuada las acciones que lo generan:
 - Simple: 1
 - Acumulativo: 4
- **Efecto**→ hace referencia a la relación causa-efecto, es decir, a la forma de manifestación del efecto sobre un factor como consecuencia de una acción:
 - Indirecto (secundario): 1
 - Directo: 4
- **Periodicidad**→ regularidad de manifestación del efecto:
 - Irregular o aperiódico discontinuo: 1
 - Periódico: 2
 - Continuo: 4

Para calcular la importancia del impacto se utiliza la siguiente fórmula en función del valor asignado a cada uno de los parámetros descritos:

$$I = \pm(3I + 2EX + MO + PE + RV + SI + AC + EF + PR + MC)$$

Con esta ecuación la importancia del impacto toma valores entre 13 y 100 y según el valor que tome el impacto se considerará:

- Compatible: Inferior a 25

- Moderado: Entre 25 y 50
- Severo: Entre 50 y 75
- Críticos: Superior a 75

3.2.2.2 METODOLOGÍAS PARA LA EVALUACIÓN DEL IMPACTO AMBIENTAL

La metodología de evaluación de impacto debe ser integral, con la finalidad de identificar, predecir, cuantificar y valorar los impactos ambientales de un conjunto de acciones y/o actividades. Es decir, debe permitir conocer que variables físicas, químicas y biológicas, así como procesos socioeconómicos, culturales y paisajísticos que serán afectados significativamente por el proyecto que se va a llevar a cabo.

La aplicación de metodologías de impacto ambiental permite evaluar un proyecto desde su concepción hasta su abandono por lo que la metodología elegida debe ser flexible, aplicable a cualquier fase del proyecto y debe efectuar un análisis global, sistemático e interdisciplinario del ambiente y sus factores.

Por lo tanto, es necesario considerar e identificar el tipo de impacto ambiental, el área que se afecta y la duración de los impactos, los efectos directos e indirectos, los efectos sinérgicos y combinados, así como su magnitud, importancia y riesgo.

Además, la metodología empleada debe ser adecuada al proyecto, es decir, debe ser indisciplinaria, sistemática, con alto valor de organización y uniformidad por lo existen una serie de premisas a tener en cuenta antes de seleccionar la metodología a utilizar:

- El marco normativo vigente en relación a los Estudios de Impacto Ambiental.
- El tipo de proyecto (estructural/no estructural), la magnitud y complejidad del mismo y las características del medio social y físico-biótico potencialmente afectable.
- El objetivo del estudio de impacto ambiental, es decir la selección de alternativas tecnológicas o de localización y la identificación de impactos.
- Las etapas de concepción, desarrollo y finalización del proyecto en la cual se aplica la metodología (pre-factibilidad, factibilidad, diseño, desarrollo y abandono). Considerando que cada etapa debe ser calificada y evaluada para el correcto desempeño del proyecto.
- La relación entre los costes económicos y el requerimiento de personal y equipamiento necesarios, con la magnitud y los impactos potenciales esperables del proyecto.
- El aseguramiento de la independencia de los resultados que se obtengan en relación con la percepción de los evaluadores.
- El marco legal sobre EIA puede, además de fijar su obligatoriedad para aquellas actividades y proyectos susceptibles de afectar al ambiente, avanzar en lineamientos de los contenidos de los EIA. En particular, se han establecido, en diferentes marcos normativos, términos de referencia los cuales determinan los aspectos principales que deben ser analizados y, en general, la forma de acuerdo a la cual deben ser presentados los EIA.
- Las metodologías son aplicables a diferentes etapas o niveles de los estudios.
- Actualmente existen varios métodos para la evaluación de impactos ambientales, muchos de los cuales han sido desarrollados para proyectos específicos, impidiendo su generalización, por lo tanto, la clave está en seleccionar adecuadamente las metodologías más apropiadas para las necesidades específicas de cada estudio.
- La metodología es sistemática pero su aplicación debe hacerse alternando avances y retrocesos a través de los cuales se van identificando y comprendiendo las repercusiones del proyecto en su entorno.

Teniendo en cuenta todas las consideraciones anteriores existen diferentes clasificaciones para todas las metodologías existentes, sin embargo, las principales metodologías para la identificación y valoración de impactos son:

- **Metodologías Ad Hoc** → También conocidas como “Panel de Expertos”, estos métodos proporcionan directrices para la evaluación de impacto y, básicamente se basan en la consulta sistemática de expertos para la identificación de los impactos, para determinar las medidas correctivas y asesorar en la implementación de procedimientos de seguridad y control. Su principal desventaja es la dificultad para establecer paneles de expertos representativos para el análisis de todos los factores ambientales mientras que su mayor ventaja es que se trata de métodos rápidos y fáciles de llevar a cabo, permitiendo su adaptación a las necesidades particulares del proyecto.

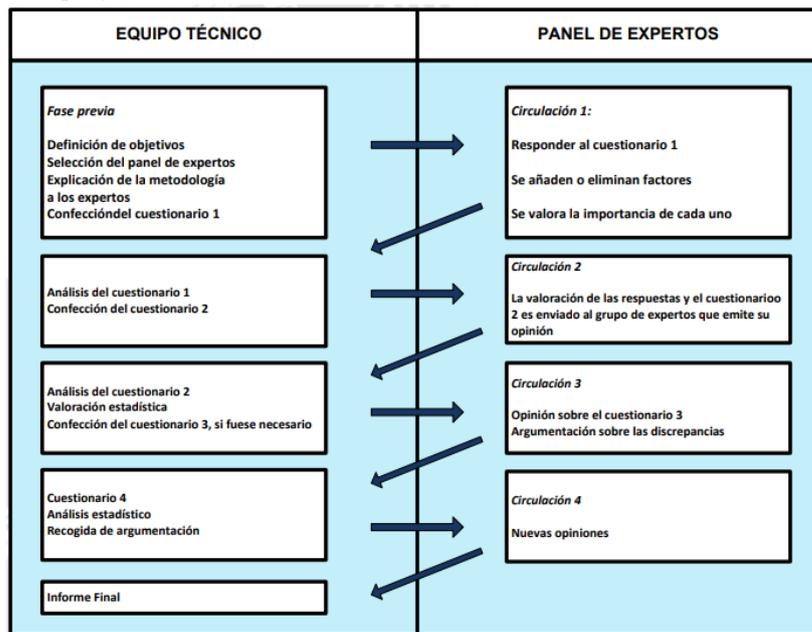


Figura 11. Metodología Ad Hoc

- **Metodología de Leopold** → es una metodología de identificación de impactos. Básicamente se trata de una matriz que representa, en las columnas las acciones del proyecto y en las filas los componentes del medio y sus características. Es una de las metodologías más utilizadas para casi todo tipo de proyecto. La matriz consta de los siguientes componentes:
 - Identificación de las acciones del proyecto que intervienen y de los componentes del medio ambiental afectado.
 - Estimación subjetiva de la magnitud del impacto en una escala de 1 a 10, siendo el signo (+) un impacto positivo y el signo (-) un impacto negativo, con la finalidad de reflejar la magnitud del impacto o alteración.
 - Evaluación subjetiva de la intensidad del impacto en una escala de 1 a 10.

Sus principales desventajas son el grado de subjetividad en la estimación de los impactos y que no considera los impactos indirectos de proyecto. Entre sus ventajas más destacables está la existencia de una escala numérica para la estimación del impacto y la posibilidad de comparar diferentes alternativas.

| Introducción | | A. Identificación del problema | B. Transición acción del fenómeno / consecuencia | C. Descripción del fenómeno | D. Descripción | E. Descripción de acciones | F. Descripción de acciones | G. Descripción de acciones | H. Descripción de acciones | I. Descripción de acciones | J. Descripción de acciones | |
|--|--|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| <p>1. El estudio de impacto ambiental es la parte integrante de la EIA que tiene como finalidad evaluar los efectos ambientales de un proyecto de inversión privada.</p> <p>2. Este estudio debe ser realizado por una persona física o jurídica, independiente de la empresa que realiza el proyecto, y debe ser elaborado por un profesional con experiencia en el tema.</p> <p>3. El estudio de impacto ambiental debe ser elaborado en un lenguaje claro y conciso, y debe ser comprensible para el público en general.</p> <p>4. El estudio de impacto ambiental debe ser elaborado en un lenguaje claro y conciso, y debe ser comprensible para el público en general.</p> | | <p>1. Descripción del problema</p> <p>2. Descripción del problema</p> <p>3. Descripción del problema</p> <p>4. Descripción del problema</p> | <p>1. Descripción del fenómeno</p> <p>2. Descripción del fenómeno</p> <p>3. Descripción del fenómeno</p> <p>4. Descripción del fenómeno</p> | <p>1. Descripción del fenómeno</p> <p>2. Descripción del fenómeno</p> <p>3. Descripción del fenómeno</p> <p>4. Descripción del fenómeno</p> | <p>1. Descripción del fenómeno</p> <p>2. Descripción del fenómeno</p> <p>3. Descripción del fenómeno</p> <p>4. Descripción del fenómeno</p> | <p>1. Descripción del fenómeno</p> <p>2. Descripción del fenómeno</p> <p>3. Descripción del fenómeno</p> <p>4. Descripción del fenómeno</p> | <p>1. Descripción del fenómeno</p> <p>2. Descripción del fenómeno</p> <p>3. Descripción del fenómeno</p> <p>4. Descripción del fenómeno</p> | <p>1. Descripción del fenómeno</p> <p>2. Descripción del fenómeno</p> <p>3. Descripción del fenómeno</p> <p>4. Descripción del fenómeno</p> | <p>1. Descripción del fenómeno</p> <p>2. Descripción del fenómeno</p> <p>3. Descripción del fenómeno</p> <p>4. Descripción del fenómeno</p> | <p>1. Descripción del fenómeno</p> <p>2. Descripción del fenómeno</p> <p>3. Descripción del fenómeno</p> <p>4. Descripción del fenómeno</p> | <p>1. Descripción del fenómeno</p> <p>2. Descripción del fenómeno</p> <p>3. Descripción del fenómeno</p> <p>4. Descripción del fenómeno</p> | <p>1. Descripción del fenómeno</p> <p>2. Descripción del fenómeno</p> <p>3. Descripción del fenómeno</p> <p>4. Descripción del fenómeno</p> |

Figura 12. Matriz de Leopold

- Métodos cartográficos** → El procedimiento más utilizado es la superposición de transparencias, donde diversos mapas que indican impactos individuales sobre un territorio son superpuestos para indicar el impacto global. Los mapas permiten identificar una característica física, social o cultural que resulta de un impacto ambiental específico y le asignan un valor relativo a dichos impactos. Este método es muy útil cuando existen variaciones espaciales de los impactos (que no son posibles con matrices) y adquieren relevancia cuando se trata de relaciones ambientales con indicadores de salud o socioeconómicos.

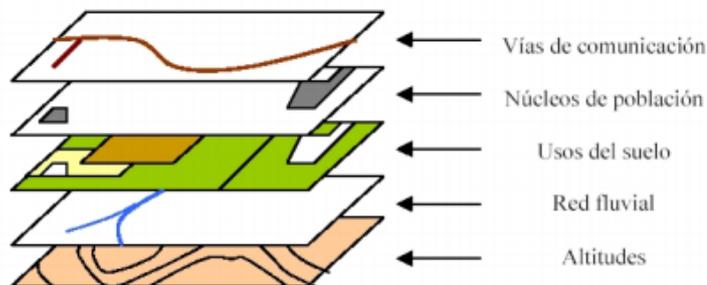


Figura 13. Ejemplo método cartográfico (SIG)

- Listados de Chequeo** → Este método consiste en una lista ordenada de factores ambientales que son potencialmente afectados por una acción humana. Su principal utilidad es identificar las posibles consecuencias ligadas a la acción propuesta, asegurando en una primera etapa de la EIA que ninguna alteración relevante sea omitida. Una lista de chequeo debe contener los siguientes puntos: agua, suelos, atmósfera, flora, fauna, recursos naturales y recursos culturales o socioeconómicos. Existen diversos tipos de listados, los más importantes son:
 - Listados simples: contienen sólo una lista de factores o variables ambientales con impacto.
 - Listados descriptivos: estos listados dan orientaciones para una evaluación de los parámetros ambientales impactados.
 - Cuestionarios: se trata de un conjunto de preguntas sistemáticas sobre categorías genéricas de factores ambientales. Analizando las respuestas permite una evaluación cualitativa de un cierto impacto.

una lista de indicadores de impacto, con 78 parámetros o factores ambientales, que representan una unidad o un aspecto del medio ambiente que merece considerarse por separado y cuya evaluación es representativa del impacto ambiental derivado de las acciones o proyectos. Estos parámetros están ordenados en un primer nivel según los 18 componentes ambientales siguientes:

| COMPONENTES AMBIENTALES | | | | | |
|-------------------------|-------------------------|-------|-----------------------|-------------------------------------|---------------------|
| Especies y Poblaciones | Contaminación del aire | Ruido | Suelo | Composición | Cultura |
| Hábitat y comunidades | Contaminación del agua | Aire | Medio Biótico | Valores educacionales y científicos | Sensaciones |
| Ecosistema | Contaminación del suelo | Agua | Objetivos artesanales | Valores históricos | Patrones Culturales |

A su vez estos componentes ambientales se agrupan dentro de cuatro “Categorías Ambientales”:

- Ecología
- Contaminación
- Aspectos estéticos
- Aspectos de interés humano.

Las principales ventajas de este método son la obtención de resultados cuantitativos que permiten comparar diferentes proyectos entre sí, además es una metodología sistematizada. Sin embargo, entre sus desventajas se encuentran los índices de calidad ambientales disponibles que han sido desarrollados para proyectos hidráulicos y que no son válidos para medios distintos, la lista de indicadores que es limitada y arbitraria y que se trata de un sistema rígido que no admite la consideración del dinamismo de los sistemas ambientales.

| Factor | Peso | Nº del indicador | Ind _{sin} | Ind _{con} | | Calidad Ambiental “sin” | Calidad Ambiental “con” | Valor del Impacto Global |
|----------------|----------------|------------------|----------------------|----------------------|---|-------------------------|-------------------------|--|
| F ₁ | | | | | | | | |
| F _j | P _j | Nº | Ind _{j sin} | Ind _{j con} | f | CA _{j sin} | CA _{j con} | V _j = CA _{j con} - CA _{j sin} |
| F _m | | | | | | | | |
| ENTORNO | 1000 | | | | | | | $V = \frac{\sum_{j=1}^m V_j \times P_j}{\sum_{j=1}^m P_j}$ |

Figura 16. Valoración del impacto según Batelle

En definitiva, la selección de la metodología a emplear en un estudio de impacto ambiental depende de varios factores, entre los que destacan la disponibilidad de recursos técnicos, financieros, tiempos, datos, disposiciones legales, etc.

En la mayoría de los casos la utilización de un método no es suficiente para lograr identificar y predecir todos los impactos que pueden ocurrir con la ejecución de un proyecto, por lo que se hace necesaria la integración de metodologías acordes al proyecto en particular.

Los métodos que más se utilizan son las listas de control y las matrices simples o complejas; estas se aplican en la mayoría de proyectos por su facilidad de uso, bajos costes en su aplicación y ofrecen resultados cuantitativos lo que hace posible comparar diferentes alternativas y facilitan la toma de decisiones.

3.2.2.3 EIA EN UNA EDAR. RESUMEN DE CASO PRÁCTICO

El tratamiento de las aguas residuales consta de un conjunto de operaciones físicas, químicas y biológicas que persiguen eliminar la mayor cantidad posible de contaminantes antes de su vertido, de forma que los niveles de contaminación que quedan en los efluentes tratados cumplan los límites legales existentes y puedan ser asimilados de forma natural por los cauces receptores.

En la depuradora se distinguen dos líneas de tratamiento:

- Línea de agua → incluye los procesos o tratamientos que permiten reducir los contaminantes presentes en las aguas residuales.



- Línea de lodos → en ella se tratan la mayor parte de los subproductos que se originan en la línea de agua.



OBJETIVO

Este documento constituye el Estudio de Impacto Ambiental, enmarcado en el proceso de evaluación recogido en la normativa ambiental vigente, y en él se valora desde el punto de vista ambiental la construcción de una EDAR con capacidad de tratamiento de 250.000 h.e. para dar tratamiento a las aguas procedentes de una industria papelera.

La planta ocupará una superficie de 5.300 m² y la evacuación de las aguas tratadas se llevará a cabo mediante un colector propio hacia el colector desde donde se verterá al mar a través del emisario submarino.

Este estudio se realiza para prevenir, analizar y corregir los impactos que pudieran producirse sobre el medio ambiente como consecuencia de las obras para la instalación de los elementos necesarios del ya mencionado saneamiento, así como aquellos efectos que se deriven de su funcionamiento.

METODOLOGÍA Y EVALUACIÓN DE ALTERNATIVAS

En la actualidad la planta papelera carece de una EDAR que trate las aguas residuales generadas como consecuencia del proceso productivo. La inexistencia de depuración de aguas residuales provoca que esta agua sin tratar sea dirigida a través de colector al mar.

A la hora de seleccionar la metodología hay que tener en cuenta que debe ser adecuada al proyecto, interdisciplinada, sistemática, con alto valor de organización y uniformidad.

En este caso se selecciona una **metodología matricial** al tratarse de una metodología fácil de utilizar, con bajos costes y que ofrece resultados cuantitativos lo que hace posible comparar diferentes alternativas y facilita la toma de decisiones.

La ejecución del proyecto de construcción de la EDAR puede suponer efectos negativos puntuales, no obstante, tal y como se plantea el proyecto y de llevarse a cabo las medidas preventivas y correctoras propuestas que minimizan el impacto de la obra sobre el medio, los beneficios ambientales a medio y largo plazo son indudables.

Por lo tanto, en primer lugar, hay que considerar la “alternativa de no proyecto”, es decir, aquella que supone la no construcción de la EDAR, y por tanto el mantenimiento del estado actual de gestión de las aguas residuales en la planta papelera. La no realización del proyecto supone la continuidad de una situación en la que no existe depuración en planta y contribuye a que se incrementen los problemas y riesgos ambientales derivados de vertidos incontrolados; así como también supondría su no contribución a lograr los objetivos marcados por la normativa vigente sobre saneamiento, depuración y vertido de aguas residuales. Por todo lo anterior, esta alternativa puede considerarse la peor de las soluciones posibles.

Además de ésta existen otras alternativas en función de la ubicación de la EDAR y del tipo de tratamiento que se realice:

- A la hora de seleccionar la ubicación son varias las circunstancias que condicionan la elección:
 - La existencia de un solar dentro de los límites de las instalaciones de la planta papelera con la superficie suficiente disponible.

- El desnivel suficiente para que toda la planta pueda funcionar por gravedad con la mínima necesidad de bombeos para el paso del agua de unos tanques a otros y de éstos finalmente al colector.
- El trazado del actual ramal del colector a través del cual las aguas son conducidas desde el proceso y vertidas sin tratamiento al colector se pueda aprovechar en gran parte de su recorrido.

Teniendo en cuenta estos condicionantes se decide que la ubicación seleccionada es la ubicación óptima en este caso.

- A la hora de seleccionar el tipo de depuradora y de proceso se estudiaron las siguientes alternativas:
 - Una única línea de decantación para ambas líneas de vertido
 - Una única línea de decantación para ambas líneas de vertido, pero con velocidad ascensional del agua en los decantadores.
 - Flotación como alternativa a la decantación (dos líneas diferenciadas)
 - Flotación en una de las líneas y decantación en la otra línea
 - Decantación rectangular en vez de circular.

Finalmente se ha optado, en virtud del caudal para el que se diseña, de las características de las aguas residuales a trata, de la decantabilidad de los sólidos en suspensión de los efluentes y de la garantía de aseguramiento de la calidad del vertido final entre otros factores, **por una planta de tratamiento físico-químico, con un proceso de depuración** que garantiza ampliamente la obtención de un efluente que cumpla con rigor las condiciones del vertido al colector.

Además, en su elección se ha buscado que se tratase de una planta con mínimas y sencillas condiciones de mantenimiento y menor necesidad de productos químicos.

Es destacable también señalar que la planta se proyectará sobredimensionada para tener capacidad de absorber posibles puntas en el vertido de la planta papelera o posibles ampliaciones futuras.

Según lo indicado se considera que la opción adoptada es la idónea en función de las condiciones actuales del vertido, del estudio de alternativas existentes y de la ubicación seleccionada para el asentamiento de la EDAR, ya que los impactos al medio ambiente serán mínimos y la alternativa seleccionada se ha estudiado minuciosamente desde el punto de vista técnico y operacional.

INVENTARIO AMBIENTAL: DESCRIPCIÓN DE LOS ELEMENTOS DEL MEDIO FÍSICO Y NATURAL

En este inventario se hace una descripción del estado actual de aquellos factores ambientales que se entiende que son más relevantes o pueden verse afectados en mayor medida por la ejecución de las actuaciones proyectadas.

- CLIMA: no es de esperar que los elementos que configuran el clima de la comarca (clima oceánico de tipo marítimo templado) sean modificados por el proyecto, pero conviene estudiarlos ya que pueden condicionar algunos de los impactos que pueden producirse en la fase de obras, favoreciendo la distribución y dispersión de, por ejemplo, partículas sedimentables. Se evaluará dentro de este los siguientes parámetros:
 - Temperatura: la temperatura media anual se sitúa en torno a los 13°C.
 - Precipitación: la precipitación media es del orden de los 1.700 mm anuales.
 - Humedad: los datos de humedad relativa están entre el 75 y el 78%.
 - Insolación y nubosidad: el mes más soleado es el de Julio, el mes con menos horas de sol es Diciembre y el mes con más nubosidad Septiembre.

- Vientos: los vientos de mayor intensidad están asociados frecuentemente a temporales, aunque cabe destacar la elevada presencia de calmas, sobre todo en los meses de otoño.
- CALIDAD DEL AIRE: para caracterizar la calidad de aire en la zona objeto de estudio, se describen a continuación el nivel sonoro ambiental y el de contaminantes atmosféricos y olores:
 - Nivel sonoro ambiental→ el lugar de localización de la EDAR se puede caracterizar como de nivel medio sonoro, sobre todo teniendo en cuenta el nivel de ruido existente en la papelera, así como el ruido debido al tráfico que circula por las inmediaciones.
 - Contaminantes atmosféricos→ el nivel de contaminantes atmosféricos de la zona de la EDAR está condicionado por la existencia de focos de emisión procedentes de las propias instalaciones de la industria papelera. Los principales elementos contaminantes son CO, SO₂, NO_x, CO₂ y partículas.
 - Olores→ en los que respecta a olores, en la planta papelera la presencia de olores es debida fundamentalmente a los mercaptanos. Esta planta dispone de una moderna instalación de tratamiento de gases olorosos, a través de una planta de oxidación y paso por scrubber y a través de su envío a la caldera de recuperación de lejías como aire terciario.
- GEOLOGÍA Y GEOMORFOLOGÍA: la parcela sobre la que se va a ubicar la EDAR se trata de una antigua vaguada perteneciente a la llanura de inundación de un río, colmatada con relleno antrópico, y se encuentra sobre calizas margosas, margas y calcarenitas del Flysch del cretácico superior. La zona está asentada directamente sobre depósitos superficiales (gravas y arenas) del río. Desde el punto de vista geomorfológico se trata de un ambiente fluvial.
- EDAFOLOGÍA: la futura EDAR se va a sentar sobre un terreno ocupado por un relleno heterogéneo de origen antrópico, es decir un suelo artificial sin ninguna productividad anterior, por lo que no se considera necesario abordar su estudio en mayor medida.
- HIDROLOGÍA: la zona de estudio pertenece a la cuenca hidrográfica del río, que discurre al oeste de la futura ubicación de la EDAR. El caudal anual medio para el periodo considerado es de 8,89 m³/s. La calidad del agua es muy buena (Clase I: aguas muy limpias y de muy buena calidad). Debido a la cercanía del río y a las características de los materiales sobre los que se va a asentar la EDAR, la permeabilidad del terreno es media y existe riesgo de contaminación de acuíferos.
- VEGETACIÓN: en lo que se refiere a la vegetación potencial de la zona, ésta se corresponde con aliseda cantábrica y bosque mixto de frondosas caducifolias en las zonas más alejadas del río. La vegetación real se corresponde con la potencial en los márgenes del río, aunque en la zona concreta donde se va a ubicar la EDAR no existe vegetación al tratarse de una zona ocupada anteriormente por otras instalaciones, únicamente existen algunas especies oportunistas sin interés.
- FAUNA: la fauna de posible presencia en la zona está fuertemente condicionada por la presión humana e industrial y por la movilidad de muchas especies. En la zona afectada directamente por el proyecto la presencia de fauna allí establecida se puede considerar prácticamente nula, ya que se trata de terrenos anteriormente ocupados y pertenecientes a la planta papelera, y que por lo tanto se encuentran vallados, por lo que no es zona de reproducción y/o de cría de ninguna especie incluida en el Catálogo de Especies Amenazadas de la fauna y flora silvestre y marina. Las especies con mayor presencia en los alrededores del proyecto serán especies asociadas a la vegetación de ribera y al propio río, pero siempre se tratará de especies tolerantes con la humanización del medio existente.
- PAISAJE: el paisaje se encuentra asimismo fuertemente condicionado por la industrialización de la zona. Los lugares desde los cuales se puede ver la EDAR son escasos y la actitud de los

posibles observadores quedaría marcada por el fondo del paisaje, de marcado carácter industrial, por lo que no se espera especial rechazo.

ESTUDIO DEL MEDIO SOCIOECONÓMICO

La población del municipio fue aumentando progresivamente hasta mediados del siglo XX y a partir de 1.950 se produjo un aumento más acusado debido sobre todo a la inmigración de gente desde otras zonas del estado y al aumento de la natalidad generalizado de la época. El máximo de población se alcanzó en los años 80, y actualmente es de 18.792 habitantes.

La relación de masculinidad es de 97,95 y la relación de feminidad es de 102,08.

La población joven desciende debido a la disminución progresiva de la natalidad. A la población adulta corresponden los grupos más numerosos en el ayuntamiento, comprendidos entre los 25 y los 44 años, tanto en varones como en mujeres. La población anciana supone un 16,5% de la población total, lo que empieza a denotar síntomas de vejez estructural.

La población activa representa algo más del 44% de derecho del municipio. Más de la mitad de las personas activas (más del 62%) se coloca en el sector servicios, un 26,3% en industria, un 10,5% en la construcción y tan solo un 1,1% en la agricultura.

En el municipio existen 697 demandantes activos parados, de los cuales 227 eran varones (39,7%) y 420 eran mujeres (60,3%).

La densidad de población del municipio es de 472 hab/km².

En lo referente a la red viaria, el acceso al ayuntamiento se realiza a través de carretera. Asimismo, la línea ferroviaria de RENFE recorre de norte a sur la localidad, existiendo dos paradas en el territorio municipal para la línea de cercanías.

Según las normas subsidiarias del municipio, de las 4.025,25 hectáreas de extensión total, 314,45 Ha (7,81%) están declaradas como Suelo Urbano, 90,4 Ha como Suelo Urbanizable (2,25%) y 3.618,4 Ha como Suelo No Urbanizable (90%). La superficie sobre la que se va a sentar la EDAR está calificada como suelo urbano.

No se verá afectada por la EDAR ningún elemento del patrimonio histórico-artístico, zonas de presunción arqueológica ni yacimientos arqueológicos.

POSIBLES AFECCIONES SOBRE EL MEDIO: IDENTIFICACIÓN DE CAUSAS Y DESCRIPCIÓN Y VALORACIÓN DE EFECTOS.

En este apartado se hace una descripción de las afecciones ambientales más relevantes que pudieran producirse durante la ejecución de las obras y durante la fase de funcionamiento.

A continuación, se presentan las matrices de identificación de impactos para las fases de construcción y explotación para el caso de estudio:

| FACTORES AMBIENTALES | IMPACTOS (Fase de construcción) | Movimientos de tierras | Movimiento de maquinaria | Ocupación del espacio por la EDAR | Pistas y accesos | Ocupación del espacio por materiales de obra | Aporte de materiales para la construcción | Producción de residuos | Vertidos accidentales |
|-----------------------------|--|------------------------|--------------------------|-----------------------------------|------------------|--|---|------------------------|-----------------------|
| Clima | Alteración del clima | | | | | | | | |
| Geomorfología | Inestabilidad/ alteración de las formas del terreno | | | | | | | | |
| Geología | Alteración de rasgos geológicos de interés | | | | | | | | |
| Hidrología superficial | Disminución de la calidad de las aguas | | | | | | | | |
| Hidrología subterránea | Disminución de la calidad de las aguas | | | | | | | | |
| Edafología (suelo) | Ocupación y pérdida irreversible del suelo | | | | | | | | |
| | Contaminación/pérdida de capacidad productiva | | | | | | | | |
| Vegetación | Pérdida/ afección a la cubierta vegetal | | | | | | | | |
| Fauna | Destrucción directa de la fauna edáfica | | | | | | | | |
| | Destrucción y pérdida de calidad de hábitats para la fauna | | | | | | | | |
| Paisaje | Alteración de la calidad paisajística | | | | | | | | |
| Ruido | Incremento de los niveles sonoros | | | | | | | | |
| Calidad del aire | Aumento de niveles de inmisión de partículas (polvo) | | | | | | | | |
| | Aumento de niveles de inmisión de gases | | | | | | | | |
| Elementos del patrimonio | Afección a elementos de patrimonio cultural | | | | | | | | |
| Espacios de interés natural | Afección a elementos de interés natural | | | | | | | | |
| Planeamiento Urbanístico | Afección a las normas de planeamiento urbanístico | | | | | | | | |
| Sistema demográfico | Numero de población activa ocupada | | | | | | | | |

 Afección positiva
 Afección negativa

| FACTORES AMBIENTALES | IMPACTOS (Fase de explotación) | Funcionamiento de la instalación | Vertidos accidentales | Producción de residuos | Generación de ruidos | Producción de olores | Tráfico de camiones |
|-----------------------------|--|----------------------------------|-----------------------|------------------------|----------------------|----------------------|---------------------|
| Clima | Alteración del clima | | | | | | |
| Geomorfología | Inestabilidad/ alteración de las formas del terreno | | | | | | |
| Geología | Alteración de rasgos geológicos de interés | | | | | | |
| Hidrología superficial | Disminución de la calidad de las aguas | | | | | | |
| Hidrología subterránea | Disminución de la calidad de las aguas | | | | | | |
| Edafología (suelo) | Ocupación y pérdida irreversible del suelo | | | | | | |
| | Contaminación/pérdida de capacidad productiva | | | | | | |
| Vegetación | Pérdida/ afección a la cubierta vegetal | | | | | | |
| Fauna | Destrucción directa de la fauna edáfica | | | | | | |
| | Destrucción y pérdida de calidad de habitats para la fauna | | | | | | |
| Paisaje | Alteración de la calidad paisajística | | | | | | |
| Ruido | Incremento de los niveles sonoros | | | | | | |
| Calidad del aire | Aumento de niveles de inmisión de partículas (polvo) | | | | | | |
| | Aumento de niveles de inmisión de gases | | | | | | |
| Elementos del patrimonio | Afección a elementos de patrimonio cultural | | | | | | |
| Espacios de interés natural | Afección a elementos de interés natural | | | | | | |
| Planeamiento Urbanístico | Afección a las normas de planeamiento urbanístico | | | | | | |
| Sistema demográfico | Numero de población activa ocupada | | | | | | |

 Afección positiva
 Afección negativa

A continuación, se exponen los principales impactos y su caracterización en las diferentes fases:

- Fase de construcción:

| Valoración de los efectos por incremento de ruido | |
|--|--------------------------------|
| Caracterización de la afección | Magnitud de la afección |
| Negativo, directo, local, discontinuo, temporal, reversible y recuperable. | MODERADO |

| Valoración de los efectos por aumento de polvo y gases | |
|--|--------------------------------|
| Caracterización de la afección | Magnitud de la afección |
| Negativo, directo, local, discontinuo, temporal, reversible y recuperable. | COMPATIBLE |

| Valoración de los efectos por aumento de la erosión y sedimentación | |
|---|--------------------------------|
| Caracterización de la afección | Magnitud de la afección |
| Negativo, directo, local, discontinuo, acumulativo, temporal, reversible y recuperable. | COMPATIBLE |

| Valoración de los efectos sobre las aguas superficiales | |
|---|--------------------------------|
| Caracterización de la afección | Magnitud de la afección |
| Negativo, directo, local, discontinuo, acumulativo, temporal, reversible y recuperable. | COMPATIBLE |

| Valoración de los efectos sobre la vegetación | |
|--|--------------------------------|
| Caracterización de la afección | Magnitud de la afección |
| Negativo, directo, local, permanente, irreversible y parcialmente recuperable. | COMPATIBLE |

- Fase de funcionamiento:

| Valoración de los efectos por incremento de ruido | |
|--|--------------------------------|
| Caracterización de la afección | Magnitud de la afección |
| Negativo, directo, continuo, permanente, irreversible y parcialmente recuperable | COMPATIBLE |

| Valoración de los efectos sobre el paisaje | |
|---|--------------------------------|
| Caracterización de la afección | Magnitud de la afección |
| | |

| Negativo, directo, local, temporal, reversible y parcialmente recuperable | COMPATIBLE |
|--|-------------------------|
| Valoración de los efectos por ocupación y pérdida de suelo | |
| Caracterización de la afección | Magnitud de la afección |
| Negativo, directo, local, permanente, irreversible e irrecuperable (para los usos anteriores en ciertas zonas y parcialmente reversible y recuperable en la mayoría de los terrenos) | COMPATIBLE |

| Valoración de los efectos sobre la fauna | |
|--|-------------------------|
| Caracterización de la afección | Magnitud de la afección |
| Negativo, directo, local, temporal, reversible y recuperable | COMPATIBLE |

- Fases de construcción y funcionamiento

| Valoración de los efectos por ocupación y pérdida de suelo | |
|--|-------------------------|
| Caracterización de la afección | Magnitud de la afección |
| Negativo, directo, local, permanente, irreversible e irrecuperable (para los usos anteriores en ciertas zonas y parcialmente reversible y recuperable en la mayoría de los terrenos) | COMPATIBLE |

| Valoración de los efectos sobre la fauna | |
|--|-------------------------|
| Caracterización de la afección | Magnitud de la afección |
| Negativo, directo, local, temporal, reversible y recuperable | COMPATIBLE |

- Fase de abandono

| Valoración de los efectos sobre la calidad del aire | |
|---|-------------------------|
| Caracterización de la afección | Magnitud de la afección |
| Negativo, directo, local, discontinuo, temporal, reversible y recuperable | COMPATIBLE |

| Valoración de los efectos sobre la calidad sonora | |
|---|-------------------------|
| Caracterización de la afección | Magnitud de la afección |
| Negativo, directo, local, discontinuo, temporal, reversible y recuperable | COMPATIBLE |

| Valoración de los efectos sobre la edafología (suelo) | |
|--|-------------------------|
| Caracterización de la afección | Magnitud de la afección |
| Beneficioso, directo, local, discontinuo, permanente, reversible y recuperable | BENEFICIOSO |

| Valoración de los efectos por ocupación y pérdida de suelo | |
|--|-------------------------|
| Caracterización de la afección | Magnitud de la afección |
| Beneficioso, directo, local, discontinuo, permanente, reversible y recuperable | BENEFICIOSO |

| Valoración de los efectos sobre la fauna | |
|--|-------------------------|
| Caracterización de la afección | Magnitud de la afección |
| Beneficioso, directo, local, discontinuo, permanente, reversible y recuperable | BENEFICIOSO |

| Valoración de los efectos sobre el paisaje | |
|--|-------------------------|
| Caracterización de la afección | Magnitud de la afección |
| Beneficioso, directo, local, discontinuo, permanente, reversible y recuperable | BENEFICIOSO |

MEDIDAS PREVENTIVAS, PROTECTORAS Y CORRECTORAS

Se incluye a continuación la propuesta de medidas de mejora ambiental planteadas para la minimización y corrección de las afecciones sobre el entorno de actuación:

1.- Para mitigar el ruido, los motores de la maquinaria se tendrán en perfecta puesta a punto, se limitará la velocidad de los camiones, evitando las aceleraciones y frenadas fuertes, toda la maquinaria utilizada estará homologada y en perfecto estado de mantenimiento y la realización de las obras deberá llevarse a cabo estrictamente en periodo diurno.

Además, en la fase de funcionamiento, los propios depósitos de la EDAR actuarán como pantallas para el grueso de las instalaciones electromecánicas, de manera que sirvan como barrera a la propagación del ruido por ellas producido.

2.- Contra la emisión de polvo, se adoptarán medidas tales como regar suficientemente las diferentes zonas especialmente en los periodos más secos, a fin de evitar dicha emisión, en el caso de considerarse necesario, establecer un procedimiento de limpieza periódica de los camiones y maquinaria móvil, humedecer los acopios de tierra con la periodicidad suficiente de forma que no se produzca el arrastre de partículas.

3.- Se mantendrá siempre una correcta puesta a punto de todos los motores, antes del inicio de las obras por servicio autorizado para controlar la emisión de gases y olores. Asimismo, en el proceso de tratamiento de la EDAR se tendrá en cuenta la reducción de la generación de olores, evitando largos tiempos de estancia a bajo caudal, condiciones de septicidad, zonas de posible evolución anaerobia incontrolada, etc.

4.- Antes del inicio de las obras se definirá exactamente la localización de depósitos para las tierras y lugares de acopio, para las instalaciones auxiliares y el parque de maquinaria y se limitarán las

actuaciones a las áreas estrictamente necesarias para ello. Los materiales separados durante las excavaciones se utilizarán en la medida de lo posible posteriormente para el relleno de huecos y zanjas. Los materiales sobrantes de las excavaciones, excedentes de tierra y otros residuos, serán gestionados conforme a su naturaleza. Además, al finalizar la obra se llevará a cabo una campaña de limpieza.

5.- No se permitirá que las hormigoneras descarguen el sobrante de hormigón, ni limpien el contenido de las cubas en las proximidades de las corrientes de agua.

6.- Durante la fase de funcionamiento, la gestión de los residuos generados en la EDAR se llevará a cabo de acuerdo a la gestión general de residuos en el resto de instalaciones. Los posibles RP's (aceites usados, absorbentes contaminados, etc.) serán trasladados al almacén de RP's de la planta papelera y desde allí serán gestionados a través de un gestor autorizado de forma conjunta con el resto de RP's.

7.- El proceso de depuración será controlado de forma automática tal y como se recoge en el proyecto. Dicho control será vigilado permanentemente. Existirán a lo largo del proceso de depuración varios puntos de control de pH y llegada de tubería con ácido sulfúrico y sosa por si es necesario un ajuste de pH en esos puntos. Se colocará además en el punto final de control del vertido un turbidímetro para el control de la salida de SS.

8.- El almacenamiento de los productos químicos necesarios para el proceso de depuración se llevará a cabo de forma que se minimicen los riesgos de dispersión de los mismos al medio.

9.- En el supuesto de que se produzca un fallo eléctrico, que conlleve la parada de los equipos electromecánicos, el agua discurrirá por gravedad, evitándose el desbordamiento de los depósitos e inundación de la planta.

10.- Si por cualquier motivo, hubiera un desbordamiento de vertido en cualquier depósito, este será conducido por gravedad hacia la arqueta de vaciados, pudiéndose introducir mediante bombeo este vertido de nuevo en proceso.

PROGRAMA DE VIGILANCA AMBIENTAL. PLAN DE SEGUIMIENTO Y CONTROL AMBIENTAL

Se incluyen a continuación los controles a realizar para el correcto seguimiento ambiental de las obras y la fase de funcionamiento de la EDAR:

- Se vigilará que, en los casos en que resulte necesario emprender acciones de despeje y desbroce del terreno se haga en las condiciones indicadas en las medidas correctoras y se limite a la zona comprendida dentro de los límites de actuación.
- Se vigilará que las zonas de acopio de tierras sean las apropiadas.
- Además, se vigilará que el contenido en humedad sea el adecuado.
- Se vigilará que la gestión de residuos se realice conforme a lo especificado en las medidas correctoras.
- Se vigilará que las aguas de escorrentía procedentes del área de construcción no transporten cargas considerables de partículas en suspensión.
- Durante la fase de funcionamiento de la instalación, el programa de vigilancia estará dirigido fundamentalmente al control de los parámetros de funcionamiento de la propia EDAR:
 - Se tomarán muestras diarias y se realizará una analítica del vertido final a colector en laboratorio propio. Se analizarán los siguientes aspectos: pH, DQO, DBO, SSP, AOX, temperatura y conductividad.
 - Se controlará el nivel de los depósitos de productos químicos, así como la cantidad consumida de los mismos.
 - Se controlará el cumplimiento de las instrucciones técnicas de vaciado, carga y descarga de sustancias químicas.

- Se controlará que el tráfico de camiones de retirada de fangos se realice preferentemente en periodo diurno para evitar molestias por ruido a la población.

PLAN DE CIERRE

El Plan de Cierre define las directrices que se tomarán para el abandono y clausura de las instalaciones, referentes a los siguientes aspectos:

- Desmantelado de las instalaciones → se realizará el desmantelado de las siguientes instalaciones: demolición de las estructuras de hormigón de los tanques, demolición de las estructuras de edificios auxiliares, maquinaria y equipos de carga de fangos en camiones, maquinaria y equipos de almacenamiento y maquinaria y equipos auxiliares (gas, combustibles y electricidad).
La maquinaria y equipos desmantelados tendrán como destino, dependiendo de su estado y posibilidad de reutilización, la venta como maquinaria usada o su envío a un Gestor Autorizado.
- Los edificios → una vez liberados de sus instalaciones internas podrán tener como destino su venta, tanto a entidades privadas como públicas, dependiendo del mercado en su momento y las ofertas y destinos que los posibles compradores puedan plantear. En el caso de poder llevarse a cabo su venta o reutilización, serán demolidos y sus residuos gestionados conforme a la normativa.
- La maquinaria → la maquinaria que esté asignada a la instalación en el momento de su cierre tendrá dos destinos dependiendo de su estado y conservación:
 - Venta en el mercado de maquinaria usada, si está en buen estado de uso y conservación.
 - Envío a Gestor Autorizado, si su estado de uso y conservación no permite su venta en el mercado de maquinaria usada.

CONCLUSIONES

Teniendo en cuenta la descripción de los elementos del medio ambiente que se distribuyen en la zona de proyecto, así como la predicción de efectos realizada, se ha puesto de manifiesto la escasa repercusión ambiental negativa del proyecto en general, así como, las afecciones positivas que supone su realización en relación con la conveniencia de que la planta papelera cuente con un sistema de tratamiento que garantice la adecuada gestión de las aguas residuales generadas.

Además, en relación a las posibles afecciones sobre los valores naturales de la zona, teniendo en cuenta todo lo indicado en los distintos apartados del estudio, y el estado previo al proyecto de la zona afectada, puede concluirse que no se prevén afecciones significativas que afecten de manera irreversible a la integridad física y funcional de los ecosistemas y los hábitats naturales presentes en zonas cercanas.

Por todo esto, el proyecto de estudio se considera **viable**, siempre y cuando se lleve a cabo las acciones preventivas, protectoras y correctoras propuestas y se ejecute de forma satisfactoria el Programa de Vigilancia Ambiental propuesto.

3.2.3 Huella de Carbono (HC)

El concepto huella de carbono (HC) surge del concepto de huella ecológica, de la cual se podría decir que es un subconjunto. La HC mide la totalidad de gases de efecto invernadero (GEI) emitidos por efecto directo o indirecto de un individuo, organización o producto.

En realidad, el concepto HC va más allá de la medición única del CO₂ emitido, ya que se tienen en cuenta todos los GEI que contribuyen al calentamiento global, para después convertir los resultados individuales a equivalentes de CO₂.

En la siguiente tabla se presenta un resumen de los principales gases de efecto invernadero:

Tabla 23. Principales Gases de Efecto Invernadero

| | | | |
|----------------------|--------------------------|---|---|
| EMISIONES DIRECTAS | GASES EFECTO INVERNADERO | Dióxido de Carbono (CO ₂) Metano (CH ₄) Óxido Nitroso (N ₂ O) Hidrofluorocarburos (HFCs) Perfluorocarburos (PFCs) Hexafluoruro de azufre (SF ₆) Tricloruro de Nitrógeno (NF ₃) |  |
| | OTROS GASES | Óxidos de nitrógeno (NO _x) Amoníaco (NH ₃) Monóxido de Carbono (CO) Compuestos Orgánicos Volátiles No Metálicos (COVNM) Óxidos de azufre (SO _x) | |
| EMISIONES INDIRECTAS | | Dióxido de carbono (CO ₂) Óxido Nitroso (N ₂ O) | |

Para medir la huella de carbono (HC) de un producto no solo se tiene como objetivo el cálculo de las emisiones de GEI sino que se han de establecer medidas de reducción o compensación de dichas emisiones.

A la hora de calcular la huella de carbono, y según la metodología empleada, puede dividirse el proceso en diferentes etapas. De forma general los pasos a seguir para calcular la HC son, como mínimo, los siguientes:

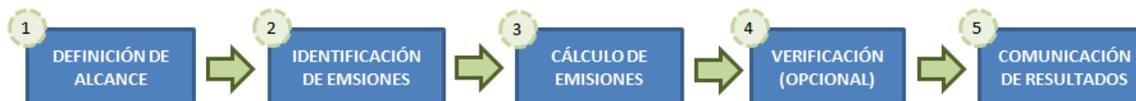


Figura 17. Pasos generales para el cálculo de la huella de carbono.

1.-DEFINICIÓN DEL ALCANCE:

Existen tres límites a tener en cuenta para la definición de objetivos:

- **Límites de organización:** la organización puede estar compuesta por una o más instalaciones o centros de trabajo. En la selección de los límites organizacionales se debe definir claramente las instalaciones cuyas emisiones se contabilizarán dentro de la huella de carbono.
(*La norma UNE-ISO 14064-1:2012 describe en detalle cómo seleccionar correctamente los límites para cumplir con la norma internacional).
- **Límites operativos:** los límites operativos representan las emisiones que se consideran en la huella de carbono. En este sentido se distingue entre tres tipos de emisión:
 - Emisiones directas (Alcance 1) → incluye las emisiones y absorciones que proceden de fuentes que posee o controla el sujeto que genera la actividad.
 - Emisiones indirectas por energía (Alcance 2) → emisiones asociadas a formas de energía secundaria como el vapor o la electricidad, siempre y cuando hayan sido generadas fuera de los límites de la organización.
 - Otras emisiones indirectas (Alcance 3) → incluyen las emisiones indirectas no asociadas al consumo de energía por parte de la organización, como pueden ser las

emisiones derivadas de la adquisición de materiales y combustibles, el tratamiento de residuos, las compras externalizadas, la venta de bienes y servicios y las actividades relacionadas con el transporte de una flota que no se encuentra dentro de los límites de la organización. (Se pueden incluir también la movilidad de trabajadores desde y hasta el trabajo, la gestión de residuos, viajes o el ciclo de vida de los productos consumidos o producidos).

Es requisito obligatorio contabilizar todas las “Emisiones directas (Alcance 1)” y las “Emisiones indirectas por energía (Alcance 2)”. Sin embargo, la inclusión de fuentes de emisión dentro de la categoría de “Otras emisiones indirectas (Alcance 3)” es opcional y en ello se centra principalmente la definición de los límites operativos.

Para determinar si una fuente de emisión es directa o indirecta es necesario analizar si las emisiones se producen dentro de los límites de la organización.

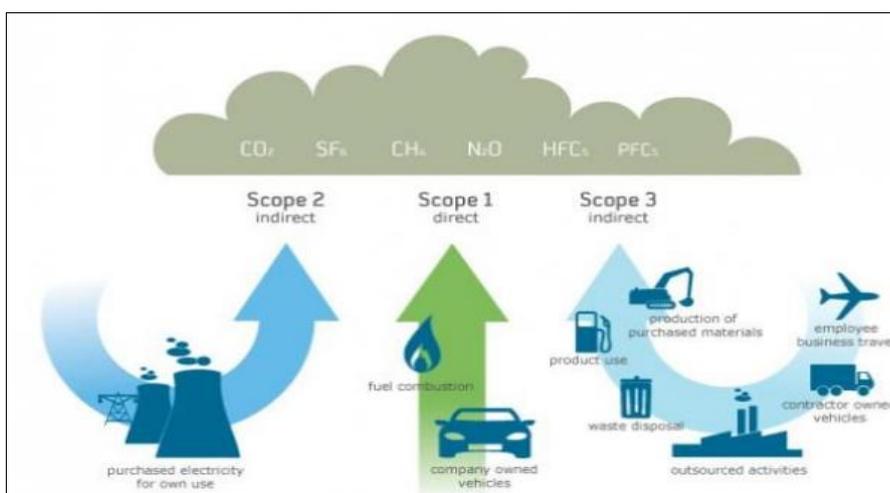


Figura 18. Emisiones según alcance (Fuente: GHG Protocol)

- Periodo de cálculo:** es el periodo de tiempo considerado en la huella de carbono. Habitualmente se utiliza el año natural como periodo de cálculo. El año base es el primer periodo de cálculo incluido y este servirá como referencia para propósitos de comparación de emisiones de GEI a lo largo del tiempo. El año base debe ser recalculado en caso de que se produzcan cambios significativos en la estructura de la organización.

2.-IDENTIFICACIÓN DE LAS EMISIONES

Es necesaria la identificación de la totalidad de las emisiones que se generan en cada centro o instalación de trabajo diferenciando por alcance 1,2 o 3 (si aplica). A continuación, se debe realizar una selección de las emisiones significativas para incluir en la huella de carbono.

Con las emisiones ya identificadas se realiza el inventario de emisiones que formará parte del informe final de huella de carbono que servirá para comunicar los resultados del mismo.

**La guía metodológica para aplicar la UNE-ISO 14064-1:2012 incluye una serie de checklists que pueden servir de apoyo para la identificación.*

3.-CÁLCULO DE EMISIONES

La metodología de cálculo de emisiones se basa en el uso de factores de emisión y datos de actividad:

$$\text{Emisiones de GEIs (t GEI)} = \text{Dato de actividad} \times \text{Factor de emisión}$$

Siendo:

- Dato de actividad → medida cuantitativa de la actividad que produce una emisión, como electricidad o combustible consumido.

- Factor de emisión: ratio que relaciona el dato de actividad con la emisión de GEI. Expresado por toneladas de GEI/ud.*

**dependiendo de la unidad del dato de actividad. En ocasiones para adecuar la unidad de actividad al factor de emisión a veces es necesario utilizar factores de conversión como la densidad o el PCI de los combustibles.*

***las emisiones directas de GEI por fugas o escapes se contabilizan sin necesidad de aplicar factores de emisión.*

Para utilizar una unidad común y poder comparar el impacto de cada gas, las emisiones de cada gas se convierten a toneladas de CO₂-eq. Aplicando un nuevo factor llamado potencial de calentamiento global (GWP):

$$\text{Emisiones de GEIs (t CO}_2\text{ - eq)} = \text{Dato de emisión} \times \text{Potencial de Calentamiento Global}$$

Siendo:

- Dato de emisión → medida cuantitativa de la emisión producida (t GEI)
- Potencial de calentamiento global (GWP) = factor que describe el impacto sobre el cambio climático de cada tipo de GEI. Este factor se formula con base en la unidad de referencia, el CO₂, y por ello se expresa en toneladas de CO₂-eq. (Existe un factor para cada tipo de GEI).

Hay que tener en cuenta además las emisiones de origen biogénico. Se consideran emisiones de origen biogénico las emisiones de CO₂ de biocombustibles y de biomasa sólida. Estas emisiones se encuentran en equilibrio en el ciclo natural del carbono y no tienen efecto sobre el cambio climático. Por ello las emisiones de CO₂ de origen biogénico (CO₂b) se reportan de forma informativa y no son consideradas en el cálculo de totales.

4.-VERIFICACIÓN

Una vez calculada la huella de carbono se puede verificar externamente que la medición se ha hecho correctamente, de esta forma las futuras acciones o decisiones tomadas estarán basadas en datos consistentes y robustos. Sin embargo, no se trata de un trámite obligatorio, sino que dependerá del grado de precisión y el objetivo marcado por la empresa o el proyecto.

En caso de llevarse a cabo existen tres formas diferentes de verificarla según el uso final que se le dará a la huella:

- Certificación mediante una entidad independiente acreditada (AENOR, Bureau Veritas, SGS, etc.). Es la opción más recomendable si se pretende informar al usuario del producto y/o para compararse con otros productos/empresas.
- Verificación realizada por una entidad no acreditada como puede ser una consultora, el objetivo es el mismo que en el caso anterior, sin embargo no tiene la misma credibilidad que una entidad acreditada.
- Verificación interna en el caso de querer utilizar la huella de carbono solo para asuntos y mejoras internos.

5.-COMUNICACIÓN

Como resultado del cálculo de la huella de carbono y como instrumento que permite informar públicamente los resultados del inventario de emisiones de GEI se elaborará un informe de huella de carbono donde se reflejen los elementos fundamentales de la huella de carbono de la organización (resultados, factores utilizados, límites, etc.).

Es necesario que todos los datos aportados estén documentados y los cálculos se hayan realizado según procedimientos avalados por una metodología válida.

Una vez obtenido el informe final de cálculo de huella de carbono, el resultado final se puede utilizar de dos maneras distintas:

- A Nivel Interno → para ayudar a identificar los procesos responsables de las mayores emisiones de GEI, es decir, aquel o aquellos con mayor carga ambiental o emisiones. Esto es fundamental a la hora de reducir costes ambientales y energéticos principalmente, así como para tomar las correspondientes medidas para reducir dicha huella de carbono.
- A Nivel Externo → otra forma de utilizar el resultado es comunicándolo al exterior, a través de la estrategia de comunicación de la empresa y/o directamente acompañando a un producto a través de su etiqueta.

3.2.3.1 METODOLOGÍAS

Existen varias metodologías para el cálculo de la huella de carbono. A continuación se exponen las normas y metodologías de mayor reconocimiento internacional:

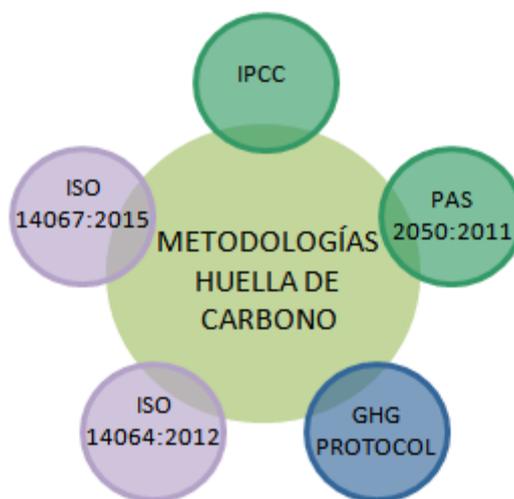


Figura 19. Principales metodologías de cálculo de HC

- **GHG PROTOCOL (GREENHOUSE GAS PROTOCOL CORPORATE STANDARD)** → es la herramienta internacional más utilizada para el cálculo y comunicación del inventario de emisiones. Fue desarrollado por el World Resources Institute (WRI) y el World Business Council for Sustainable Development (WBCSD) junto con empresas, gobiernos y grupos ambientales de todo el mundo y permite realizar un inventario de todas las emisiones de GEI, tanto directas (Alcance 1) como indirectas (Alcance 2) además dispone de una guía para el cálculo de las emisiones de toda la cadena de valor (Alcance 3).
Esta herramienta permite preparar inventarios de los GEI, simplifica y reduce costes de inventariar GEI, ofrece información para planear estrategias de gestión y reducción y facilita la transparencia en el sistema de contabilización.
Consta de dos estándares diferentes, aunque vinculados entre sí:
 - Estándar Corporativo de Contabilidad y Reporte del Protocolo de GEI, que provee una guía minuciosa para empresas interesadas en cuantificar y reportar sus emisiones de GEI.
 - Estándar de Cuantificación de Proyectos del Protocolo de GEI, que sirve para la cuantificación de reducciones de emisiones de GEI derivadas de proyectos específicos.
- **UNE-ISO 14064:2012** → Se desarrolla de acuerdo con el GHG Protocol pero, a diferencia de este, se trata de un estándar internacional verificable, desarrollado como guía para que las empresas puedan elaborar e informar sobre su inventario de GEI. Se estructura en tres partes:

- La parte 1 "Especificaciones y directrices a nivel de organización para la cuantificación y notificación de las emisiones de gases de efecto invernadero y la absorción", establece requisitos específicos para solucionar algunos problemas que surgen a la hora de marcar los límites de cálculo.
- La Parte 2 se centra en las emisiones a nivel de proyecto y no es directamente relevante para el cálculo de la huella de carbono de la empresa.
- La Parte 3 "Especificaciones y directrices para la validación y verificación de las afirmaciones de gases de efecto invernadero", proporciona orientación sobre la verificación. La ISO 14064 y es compatible con el GHG Protocol de WRI y WBCSD

De las tres, la que sería de aplicación es la primera que especifica principios y requisitos para la cuantificación y el informe de emisiones de GEI.

- **UNE-ISO 14067:2015** → especificación técnica que establece los principios, requisitos y directrices para la cuantificación y comunicación de la huella de carbono de un producto (HCP) con base en Normas Internacionales sobre el análisis del ciclo de vida.
- **DIRECTRICES IPCC** → Directrices establecidas por el Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático (IPCC) y consiste en una guía para calcular GEI provenientes de diferentes fuentes y sectores, y que incluye una detallada lista de factores de emisión. Las directrices IPCC proporcionan metodologías destinadas a estimar los inventarios nacionales de emisiones antropogénicas por fuentes y absorciones por sumideros de los gases de efecto invernadero.

Su objetivo es analizar, de forma exhaustiva, objetiva, abierta y transparente, la información científica, técnica y socioeconómica relevante para entender los elementos científicos del riesgo que supone el cambio climático provocado por las actividades humanas, sus posibles repercusiones y las posibilidades de adaptación y atenuación del mismo.

Respalda la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (CMCC) mediante su labor sobre las metodologías relativas a los inventarios nacionales de gases de efecto invernadero.

- **PAS 2050** → sistema de certificación Británico creado con el fin de especificar los requisitos para la evaluación de las emisiones de gases de efecto invernadero en el ciclo de vida de bienes y servicios. Estas especificaciones serán aplicables tanto a las organizaciones que evalúan las emisiones GEI de productos a lo largo de su ciclo de vida, como a organizaciones que evalúan esas emisiones desde la cuna a la puerta (cradle-to-gate).

A través de este sistema se tiene en cuenta la categoría de impacto de calentamiento global y las emisiones GEI se miden en masa y se convierten a CO₂ eq usando los coeficientes de GWP que propone el IPCC.

La evaluación deberá incluir las emisiones relativas a procesos, entradas y salidas a lo largo del ciclo de vida, incluyendo uso de energía, procesos de combustión, reacciones químicas, operaciones, cambios en el uso del suelo, procesos agrícolas, residuos, etc.

3.2.3.2 CÁLCULO DE LA HUELLA DE CARBONO EN UNA EDAR. RESUMEN CASO PRÁCTICO.

La empresa objeto de estudio es una sociedad mixta que se encarga de la producción y abastecimiento de agua potable, la gestión de clientes, gestión de la red de alcantarillado y depuración de aguas residuales.

El inventario de emisiones de GEI de esta empresa correspondiente al año 2015 ha sido calculado mediante la metodología de la norma internacional ISO 14064:1: "Gases de efecto invernadero. Parte 1: Especificaciones y orientaciones, a nivel de la organización, para la cuantificación y la declaración de las emisiones y reducciones de gases de efecto invernadero".

1.- LÍMITES:

1.1-LÍMITES ORGANIZACIÓN

El cálculo del inventario de gases de efecto invernadero se aborda desde el enfoque de control operacional, por considerarse el más adecuado a las características de la organización.

Es decir, se contabilizan como emisiones de GEI todas aquellas atribuibles a las operaciones sobre las que la empresa ejerce control, en términos operacionales. Las instalaciones tenidas en cuenta para el cálculo son:

- Oficinas centrales
- Almacén
- EDAR municipal
- Sondeo y depósitos

1.1-LÍMITES OPERACIONALES

Para la elaboración del inventario de gases de efecto invernadero se cuantifican las emisiones procedentes de la empresa, dentro de los límites organizacionales establecidos, considerando el alcance 1 (emisiones directas, emisiones de fuentes que son propiedad o están controladas por la empresa) y alcance 2 (emisiones indirectas asociadas a la electricidad adquirida y consumida por la empresa).

Así, las emisiones de GEI contabilizadas son:

- Alcance 1 → Emisiones directas de GEI:
 - Emisiones asociadas a la combustión fija, solo las emisiones asociadas al consumo de gasolina para la producción de energía eléctrica (puesto que las emisiones asociadas a la combustión del biogás son biogénicas y se reportan de manera separada, según apartado 4.2.2 de la norma).
 - Emisiones asociadas a la combustión móvil, generadas por el uso de vehículos controlados por la empresa.
 - Emisiones fugitivas, asociadas a los equipos de refrigeración presentes en las instalaciones de la organización.
 - Emisiones de proceso, generadas por las distintas EDAR, así como en la ETAP.
- Alcance 2 → Emisiones indirectas de GEI asociadas a la electricidad:
 - Emisiones asociadas al consumo de energía eléctrica.

Se excluye del cálculo las emisiones correspondientes al Alcance 3.

Para el cálculo se consideran todos los gases incluidos en el Protocolo de Kyoto, y en el Anexo C de la Norma ISO 14064-1: dióxido de carbono, metano, óxido nitroso, hidrofluorocarbonos, perfluorocarbonos y hexafluoruro de azufre. El resultado se expresa en toneladas de dióxido de carbono equivalente (CO₂e).

2.- EXCLUSIONES DEL CÁLCULO:

Se ha excluido una fuente de emisión que representa menos del 1% del total de las emisiones de GEI, cumpliendo, por tanto, a su vez, que el total de las exclusiones no sobrepase el 5% del total de las emisiones.

La única fuente de emisión excluida de acuerdo a este criterio es la siguiente:

- **Sondeo y depósitos:** No se han incluido las emisiones asociadas a este punto, pues a pesar de que la empresa ejerce el control operacional de la instalación, no paga las facturas y ha sido imposible su recopilación. Además, se desconoce la compañía eléctrica suministradora. Según datos medidos por el personal, el consumo anual es de 3.129 kwh/año, tomando el factor de emisión genérico para la electricidad para el año 2015 (0,4 kg CO₂/kwh), resultan 1.252 kg CO₂, lo que supone un 0,3% del inventario GEI de la organización.

3.- PERIODO DE CÁLCULO

Para el inventario de gases de efecto invernadero se considera como año base 2015. Las razones para ello han sido que es el primer año en el que se calcula y verifica el inventario GEI de la organización.

Este año base se mantendrá a lo largo del tiempo, salvo que se produzcan cambios significativos, en cuyo caso se actualizará. Se consideran como posibles cambios significativos:

- Cambios de los límites operativos.
- Propiedad y control de las fuentes o los sumideros de GEI transferidos desde o hacia fuera de los límites de la organización.
- Cambios en las metodologías para la cuantificación de los GEI que produzcan cambios significativos en las emisiones o remociones de GEI cuantificadas.
- Otras emisiones indirectas debidas a la extracción y producción de materiales que adquiere la organización. Mejora a su vez la reputación corporativa y el posicionamiento de la empresa y la obtención de reconocimiento externo por el hecho de realizar acciones voluntarias tempranas de reducción de emisiones.
- Las unidades en las que están expresados los factores de emisión han de escogerse en función de los datos de la actividad de los que se disponga.
- Identificación de oportunidades de reducción de emisiones de GEI.
- Formar parte de esquemas nacionales de compensación y proyectos, de absorción de dióxido de carbono, tanto a nivel regional como privado.
- Identificar nuevas oportunidades de negocio: atraer inversionistas y clientes sensibilizados con el cambio climático y el medio ambiente.
- Elegir el periodo para el que se va a calcular la huella de carbono. Normalmente este coincidirá con el año natural inmediatamente anterior al año en el que se realiza el cálculo.
- Recopilar los datos de actividad de estas operaciones
- Buscar los factores de emisión adecuados.
- Establecer los límites de la organización y los límites operativos. Consistirá en decidir qué áreas de la organización se incluirán en la recolección de información y en los cálculos

4.-CUANTIFICACIÓN DE LAS EMISIONES

Considerando las emisiones de GEI en para cada una de las instalaciones y alcances analizados, los resultados obtenidos son los siguientes:

| ALCANCE 1 | |
|--|--------|
| Combustión fija (ton CO ₂ e) | 2,27 |
| Combustión móvil (ton CO ₂ e) | 98,91 |
| Emisiones de proceso (ton CO ₂ e) | 258,66 |
| Emisiones fugitivas (ton CO ₂ e) | 8,13 |
| Total (ton CO ₂ e) | 367,97 |

| ALCANCE 2 | |
|---|-------|
| Emisiones indirectas asociadas al consumo de electricidad (ton CO ₂ e) | 37,90 |

| INVENTARIO DE GASES EFECTO INVERNADERO | |
|---|--------|
| Alcance 1: Emisiones directas (ton CO ₂ e) | 367,97 |
| Alcance 2: Emisiones indirectas (ton CO ₂ e) | 37,90 |
| Total (ton CO ₂ e) | 405,87 |

Se analizan también las emisiones de GEI en diferentes ratios: millones de metros cúbicos de agua tratada y miles de habitantes equivalentes obteniéndose los siguientes resultados:

- **Toneladas CO₂e por millones de m³ de agua tratada (11.568.952 m³)**

| ALCANCE 1 (ton CO ₂ e por millones de m ³) | |
|---|-------|
| Combustión fija (ton CO ₂ e) | 0,20 |
| Combustión móvil (ton CO ₂ e) | 8,55 |
| Emisiones de proceso (ton CO ₂ e) | 22,36 |
| Emisiones fugitivas (ton CO ₂ e) | 0,70 |
| Total (ton CO ₂ e) | 31,81 |

| ALCANCE 2 (ton CO ₂ e por millones de m ³) | |
|---|------|
| Emisiones indirectas asociadas al consumo de electricidad (ton CO ₂ e) | 3,28 |

| INVENTARIO DE GASES EFECTO INVERNADERO (ton CO ₂ e por millones de m ³) | |
|--|-------|
| Alcance 1: Emisiones directas (ton CO ₂ e) | 31,81 |
| Alcance 2: Emisiones indirectas (ton CO ₂ e) | 3,28 |
| Total (ton CO ₂ e) | 35,09 |

- **Toneladas CO₂e por miles de habitantes equivalentes(174.932 personas)**

| ALCANCE 1 (ton CO ₂ e por miles de habitantes equivalentes) | |
|--|------|
| Combustión fija (ton CO ₂ e) | 0,01 |
| Combustión móvil (ton CO ₂ e) | 0,57 |
| Emisiones de proceso (ton CO ₂ e) | 1,48 |
| Emisiones fugitivas (ton CO ₂ e) | 0,05 |
| Total (ton CO ₂ e) | 2,11 |

| ALCANCE 2 (ton CO ₂ e por miles de habitantes equivalentes) | |
|--|------|
| Emisiones indirectas asociadas al consumo | 0,22 |

| | |
|---|--|
| de electricidad (ton CO ₂ e) | |
|---|--|

| INVENTARIO DE GASES EFECTO INVERNADERO (ton CO ₂ e por miles de habitantes equivalentes) | |
|---|------|
| Alcance 1: Emisiones directas (ton CO ₂ e) | 2,11 |
| Alcance 2: Emisiones indirectas (ton CO ₂ e) | 0,22 |
| Total (ton CO ₂ e) | 2,33 |

También se analizan las emisiones correspondientes a cada uno de los gases de efecto invernadero considerados en el cálculo, por separado:

| INVENTARIO DE GASES DE EFECTO INVERNADERO (kg) | | | | | |
|---|-----------------|-----------------|------------------|---|--------------------------|
| | CO ₂ | CH ₄ | N ₂ O | Fluorados | CO ₂ eq (ton) |
| Combustión fija (ton CO ₂ e) | 2.273,87 | - | - | - | 2,27 |
| Combustión móvil (ton CO ₂ e) | 98.905,27 | - | - | - | 98,91 |
| Emisiones de proceso (ton CO ₂ e) | 7.099,18 | 713,97 | 873,89 | - | 258,66 |
| Emisiones fugitivas (ton CO ₂ e) | - | - | - | 5kg de R-407C (1,15 kg R32, 1,25 kg R125 y 2,6 kg R134A) | 8,13 |
| Emisiones indirectas asociadas al consumo de electricidad (ton CO ₂ e) | 37.900,00 | - | - | - | 37,90 |
| TOTAL | 146.178,32 | 713,97 | 873,89 | 1,15 kg R32 1,25 kg R125 2,6 kg R134A | 405,87 |

4.- METODOLOGÍA DE CUANTIFICACIÓN

4.1. - EMISIONES DIRECTAS

- Emisiones asociadas a la combustión fija:
 - Para el cálculo de las emisiones de gases de efecto invernadero asociadas al consumo de gasolina empleada en generadores eléctricos se utiliza el factor de emisión publicado por “2012 Guidelines to Defra / DECC’s GHG Conversion Factors for Company Reporting”, página 8, tabla 1b. Se considera este factor de emisión como el más adecuado, ya que la compañía suministradora no aporta factor de emisión propio. Se toma como dato de actividad el consumo real de combustible facilitado por el proveedor, a partir de la factura correspondiente.
 - El biogás generado en la digestión anaerobia del lodo tiene dos destinos, combustión en caldera (aprox. 10%, para generación de calor con el que se calienta el lodo), o quema en antorcha (aprox. 90%, biogás sobrante). En ambos casos, las referencias bibliográficas (ver apartado “Emisiones de proceso”), especifican que las emisiones procedentes de estas dos fuentes son insignificantes, pues las emisiones de CO₂ son de origen biogénico y las emisiones de CH₄ y N₂O son muy pequeñas.

En cualquier caso, si se desea calcular estas emisiones de CO₂ biogénico (caldera y antorcha), se debe emplear el factor de 1,18 kg de CO₂ por m³ de biogás quemado. En nuestro caso:

325.859 m³ biogás/año x 1,18 kg CO₂/m³ biogás = **385 ton CO₂ biogénico/año**.

Estas emisiones se reportan en este punto del informe de manera independiente, pero no son incluidas en el alcance 1, ni en el inventario GEI de la organización (según apartado 4.2.2 de la norma).

- Emisiones asociadas a la combustión móvil, generadas por el uso de vehículos:

Para el cálculo de las emisiones GEI asociadas a los vehículos, ya sean en propiedad o en renting (se incluyen estos últimos al elegirse enfoque de control operacional) se han seguido dos pautas de cálculo: Siempre que es posible y se conocen datos sobre el modelo concreto del vehículo, se emplean los factores de emisión publicados por IDAE (Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía) en las distintas versiones de la “Guía de vehículos turismos de venta en España con indicación de consumo y emisiones de CO₂”. Para aquellos vehículos de los que se desconocían datos sobre el modelo concreto, se utilizan los factores de “2012 Guidelines to Defra / DECC’s GHG Conversion Factors for Company Reporting”, página 21, tabla 6a, el factor para el diesel (100% mineral). 12 INVENTARIO GEI AGUAS DE ALBACETE|2015 Se toma como dato de actividad el consumo real de combustible facilitado por el proveedor, a partir de la factura correspondiente.

- Emisiones fugitivas:

Para el cálculo de las emisiones de gases de efecto invernadero asociadas a las recargas realizadas en los equipos de climatización se utilizan los factores de emisión aportados por “IPPC, Fifth Assessment Report (AR5)”, appendix 8.A, table 8.A.1, considerando el valor de calentamiento global para un horizonte de 100 años. Se toma como dato de actividad la cantidad de gas recargado según información aportada por el mantenedor autorizado.

- Emisiones de proceso:

Referencias bibliográficas → Directrices del IPPC de 2006 para los inventarios nacionales de gases de efecto invernadero, volumen 5 “Desechos”, capítulo 6 sobre “Tratamiento y eliminación de aguas residuales”, y “Guide méthodologique d’évaluation des émissions de gaz à effet de serre des services de l’eau et de l’assainissement”, 3ème édition, mai 2013.

Tanto en los procesos aerobios, como en los anaerobios, las emisiones de dióxido de carbono no se consideran en el inventario GEI por ser de origen biogénico.

Se considera que las emisiones de metano y óxido nitroso en redes de alcantarillado cerradas (como es el caso) son despreciables.

Para el cálculo de las emisiones de gases de efecto invernadero asociadas a las EDAR se han seguido las siguientes premisas basadas en las referencias bibliográficas:

- Proceso biológico aerobio (lechos bacterianos en la EDAR de Albacete y fangos activos en el resto): Se considera que si la aireación es suficiente, la generación de metano es nula. Se calcula la generación de óxido nitroso según la fórmula:

Ecuación: Emisiones de N₂O provenientes de plantas de tratamiento centralizado de las aguas residuales.

$$N_2O_{Plantas} = P \times T_{Planta} \times F_{IND-COM} \times EF_{Planta}$$

Donde:

- $N_2O_{Plantas}$ = total de las emisiones de N₂O procedentes de las plantas durante el año del inventario. Gg de N₂O.

- P = Población humana

- T_{Planta} = grado de utilización de las plantas WWT centralizadas modernas, %.

- $F_{IND-COM}$ = fracción de las proteínas industriales y comerciales co-eliminadas (por defecto=1,25, basado en datos de Metcalf&Eddy (2003) y en dictamen de expertos)

- EF_{Planta} = factor de emisión, 3,2g de N₂O/persona/año.

- Digestión anaerobia de los lodos: En este proceso no hay generación de óxido nitroso. En cuanto al metano, en el caso de Aguas de Albacete todo el biogás generado en el proceso (salvo las fugas) se quema, bien en la caldera (10% aprox.) bien en antorcha (90% aprox.), por tanto, sólo se contabilizan las fugas de biogás del digester anaerobio que se estiman en un 0,5% del volumen producido (según apartado 3.2 de la Guide méthodologique d'évaluation des émissions de gaz à effet de serre des services de l'eau et de l'assainissement). Teniendo en cuenta la composición en metano del biogás (media de las dos mediciones externas realizadas en 2015: 65,6%), y su densidad (0,668 kg/m³ en condiciones normales), se ha calculado la cantidad de metano emitida a la atmósfera:

$$325.859 \text{ m}^3 \text{ biogás/año} \times 0,005 = 1.629 \text{ m}^3 \text{ fugas biogás/año.}$$

$$1.629 \text{ m}^3 \text{ fugas biogás/año} \times 0,656 \text{ m}^3 \text{ metano/m}^3 \text{ biogás} = 1.069 \text{ m}^3 \text{ fugas metano/año.}$$

$$1.069 \text{ m}^3 \text{ fugas metano/año} \times 0,668 \text{ kg/m}^3 = 714 \text{ kg metano/año.}$$

Se toman como datos de actividad los proporcionados por la empresa en relación con el control de sus estaciones de depuración de aguas residuales. El dato de biogás generado corresponde a un cálculo teórico, pues se ha detectado un error muy significativo en el caudalímetro. Se prevé cambiar el caudalímetro para disponer del dato primario para futuros inventarios GEI de la organización (en la fecha de redacción del presente informe, ya se dispone de varias ofertas para proceder a su sustitución lo antes posible).

- Remociones. En la actualidad, no existen remociones que deban ser calculadas o reportadas, de acuerdo con el principio de pertinencia. En cualquier caso, cabe citar dos actuaciones que actualmente están en marcha y que generarían remociones a la organización:
 - Cogeneración: Proyecto en marcha, que permitirá la generación de electricidad a partir del biogás (combustibles de origen no fósil).
 - Aprovechamiento del biogás como combustible en el horno crematorio del tanatorio municipal situado al lado de la EDAR de Albacete: Proyecto en estudio, que reduciría la cantidad de combustibles fósiles consumidos por la otra organización.

- Emisiones indirectas:

- Emisiones indirectas asociadas al consumo de energía eléctrica.

Para el cálculo de las emisiones indirectas asociadas al consumo de energía eléctrica de las diferentes instalaciones se ha utilizado el factor de emisión obtenido de la Comisión Nacional de los Mercados y la Competencia (CNMC) para las comercializadoras Acciona Energía, Iberdrola y Gas Natural para el año 2015. Ahora bien, el factor de emisión para todos los suministros de Gas Natural es cero, pues se dispone de los certificados de redención de garantías de origen para todos los CUPS de Aguas de Albacete contratados con dicha compañía eléctrica. Esta circunstancia se ha contrastado con la indicación al respecto que aparecen en la "Guía para el cálculo de la huella de carbono y para la elaboración de un plan de mejora de una organización", publicada por el Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente (apartado 3.2.1).

El dato de actividad es suministrado directamente por el proveedor de electricidad, a través de las facturas correspondientes.

- Emisiones evitadas.

Según certificado de la compañía eléctrica Gas Natural Comercializadora S.A., se han evitado 2.107,58 T CO₂eq en 2015, correspondientes a un consumo de 6.021.644 kWh

de electricidad procedente de fuentes renovables o de cogeneración según certificados de origen de la Comisión Nacional del Mercado de Valores.

Este dato puede ajustarse más, si comparamos las emisiones de alcance 2 de la empresa correspondientes al año 2014 (en el que se realizó inventario GEI, pero no se verificó) y al año 2015:

| HISTÓRICO ALCANCE 2 | | |
|-----------------------------------|-----------|-----------|
| | 2014 | 2015 |
| Emisiones (ton CO ₂ e) | 1.575,59 | 37,90 |
| Consumo eléctrico (kWh) | 5.529.639 | 9.481.856 |
| Ratio (g CO ₂ e/kWh) | 284,94 | 4,00 |

Resultando un valor de emisiones evitadas de 1.537,69 ton CO₂e.

5.- VERIFICACIÓN

El presente inventario GEI de la organización correspondiente al año 2015, ha sido realizado durante los meses de febrero, marzo y abril de 2016.

El inventario y el informe de GEI ha sido verificado externamente durante los días 22 de abril (revisión documental), y 4 y 5 de mayo de 2016 (revisión in situ). En la Declaración de Opinión, se reporta el nivel de aseguramiento logrado (limitado).

6.- PLAN DE ACCIONES DIRIGIDAS

Uno de los objetivos fundamentales del inventario GEI es la identificación de oportunidades para reducir las emisiones de gases de efecto invernadero de la organización. A día de hoy, las acciones dirigidas identificadas tras el inventario GEI del año 2015, son las siguientes:

- Combustión fija: Correcto mantenimiento y uso de los generadores eléctricos; proyecto en la ETAP para disponer de dos acometidas eléctricas, de manera que no sea necesario recurrir al grupo electrógeno en caso de corte de suministro o microcortes.
- Combustión móvil: Estudiar la posibilidad de adquirir (en propiedad o mediante leasing) algún vehículo híbrido o eléctrico; conducción eficiente de los vehículos de empresa; aprovechar la herramienta informática ya disponible para la mayoría de vehículos de la organización, para evaluar a los conductores en términos de eficiencia y premiar este tipo de conducción.
- Gases refrigerantes: Sustituir los actuales gases refrigerantes por otros de menor potencial de calentamiento global; mantenimiento preventivo de las instalaciones.
- Proceso: Optimizar el tratamiento primario del agua residual (desbastes de gruesos y finos, desarenador, desengrasador y decantación primaria); campañas de sensibilización entre la población para reducir el consumo de agua potable, y reducir la contaminación del agua residual; control de vertidos (en 2016 está prevista la instalación de cuatro nuevas estaciones de muestreo automático más pequeñas, con control de pH, conductividad y temperatura).
- Electricidad: Asegurar un mix energético 100% renovable; acciones encaminadas al ahorro energético (apagar máquinas cuando no están en uso, regular las temperaturas de calefacción y climatización con moderación, correcto mantenimiento de los equipos, emplear agua caliente sólo cuando sea necesario, lámparas de bajo consumo, sensibilización de los trabajadores, mejoras en los sistemas de aireación de las depuradoras para mejorar su eficiencia, etc.

Todas estas acciones dirigidas han sido reflejadas en un plan de acciones dirigidas, que forma parte y se gestiona según el Sistema Integrado de Gestión de la empresa.

7.- COMUNICACIÓN

Se informará a través de la web de la empresa con el fin de darle la máxima difusión posible. Así mismo se elaborarán notas de prensa para comunicar a los medios de comunicación y otros agentes interesados sobre los objetivos propuestos por la empresa de cara a reducir las emisiones de GEI y contribuir así a la mitigación del cambio climático.

3.2.4 Otras herramientas: Eco-Eficiencia

El análisis de ciclo de vida es un método de análisis medioambiental incluye un análisis de los aspectos social y económico de la sostenibilidad, sin embargo, en los últimos años se han desarrollado metodologías específicas: Coste del Ciclo de Vida (LCC) y Evaluación Social del Ciclo de Vida (SLCA), de cara a alcanzar una evaluación de la sostenibilidad del ciclo de vida (LCSA).

Buscando un criterio que mida la sostenibilidad se ha desarrollado una nueva metodología: la ecoeficiencia. La ecoeficiencia se define en la ISO 14045 como la relación entre el impacto ambiental de un producto o sistema y su valor. Según esta misma ISO 14045 para cuantificar la ecoeficiencia se requiere que el desempeño ambiental de un proceso o producto se pueda relacionar directamente con su valor.



Figura 20. Evaluación Eco-Eficiencia

Según la ISO 14045 para cuantificar la ecoeficiencia se requiere que los aspectos medioambientales de un proceso o producto puedan ser directamente relacionados con su valor. De acuerdo con esto, la norma ISO establece una ratio entre el valor del sistema en términos de función, calidad o unidad monetaria y su impacto ambiental. De forma genérica se corresponde con la ecuación:

$$\text{Eco - eficiencia} = \frac{\text{Valor Económico}}{\text{Impacto Ambiental}}$$

El concepto de ecoeficiencia está ligado al concepto de sostenibilidad, si bien mejorar la ecoeficiencia no implica garantizar la sostenibilidad. En efecto, aunque se logre un nivel de impacto ambiental bajo en relación al valor económico obtenido, el impacto ambiental absoluto puede exceder la capacidad del ecosistema.

En general la ecoeficiencia está relacionada con tres grandes objetivos:

- Disminuir el consumo de recursos → Incluye reducir al mínimo el uso de energía, materiales, agua y superficie ocupada, aumentar el reciclado y la durabilidad del producto y trabajar con materiales en ciclos cerrados.
- Disminuir el impacto sobre el medio ambiente → Significa reducir al mínimo las emisiones atmosféricas y los vertidos de efluentes contaminados, así como la generación de residuos, la dispersión de sustancias tóxicas y fomentar el uso sostenible de fuentes renovables.
- Aumentar el valor del producto o servicio → Se trata de proporcionar más beneficios a los clientes a través de la funcionalidad, la flexibilidad del producto, prestar servicios auxiliares y centrarse en vender las necesidades funcionales que el cliente realmente desea. Esto suscita la

posibilidad de que un cliente reciba la misma necesidad funcional utilizando menos materiales y recursos.

Al igual que en un estudio de análisis de ciclo de vida clásico en un estudio de ecoeficiencia será necesario definir una unidad funcional, pero a mayores en un estudio de ecoeficiencia hay que definir un valor de producto o sistema. En función de los objetivos del estudio este valor puede ser funcional, cualitativo o monetario. Así se definen los indicadores de ecoeficiencia como la combinación de los indicadores de valor de sistema o producto con los indicadores medioambientales considerados.

3.2.4.1 METODOLOGÍA

Dentro de los estudios de ecoeficiencia en plantas de tratamiento de aguas residuales la fase de construcción no se incluye ya que se ha comprobado en diversos estudios que solo un 4% de los impactos ambientales y un 16% de los costes se pueden atribuir a la fase de construcción. Por lo tanto a la hora de realizar el estudio se tendrá en cuenta la fase de operación así como el tratamiento de fangos y gestión de los residuos generados.

Existen diferentes metodologías a la hora de calcular la eco-eficiencia de un proceso/producto, de entre ellas dos de las más relevantes son las siguientes:

- **MÉTODO BASE**

Este método permite controlar el ciclo de vida completo de los productos. Por ejemplo, el análisis incluye como impactan los materiales en el medio ambiente al mismo tiempo que se estudian las modalidades de eliminación y reciclado de los productos por parte de los consumidores finales.

La novedad en el análisis de eco-eficiencia es que éste se basa en el beneficio constante del cliente.

La herramienta analiza, a nivel eco-eficiencia, el impacto ambiental en las siguientes categorías:

- Agua consumida
- Agotamiento de recursos abióticos
- Consumo de energía acumulada
- Uso de tierra
- Emisiones
- Potencial tóxico
- Accidentes y enfermedades ocupacionales.

La combinación de estos datos individuales da el impacto ambiental total de un proceso o producto. Además, se incluyen todos los datos económicos con todos los consumos y gastos incurridos en el proceso. El análisis económico y el impacto ambiental se utilizan posteriormente para hacer comparaciones de ecoeficiencia.

Los datos económicos y ambientales se representan en un gráfico X/Y, en el eje horizontal se representan los datos económicos y el impacto ambiental en el eje vertical. A continuación, se traza una diagonal en el gráfico de tal forma que la mitad superior corresponde a una alta eco-eficiencia y la mitad inferior a una baja eficiencia.

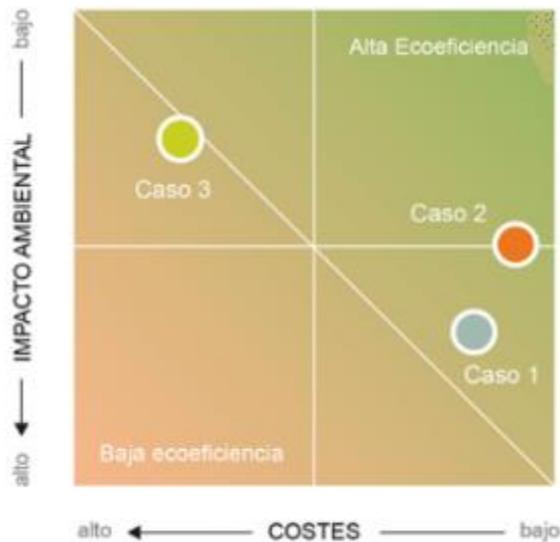


Figura 21. Ejemplo cálculo determinación Eco-Eficiencia. Método BASF.

- **MÉTODO DEA (ANÁLISIS ENVOLVENTE DE DATOS)**

El objetivo del análisis envolvente de datos (DEA) se centra en evaluar el comportamiento de unidades de decisión independientes (DMU's) y se desarrolla bajo el supuesto de que tales comportamientos pueden ser ineficientes en el contexto de la teoría de la empresa.

Una vez determinado el conjunto de posibilidades DEA elabora un modelo de programación lineal o linealizable para obtener un indicador de eficiencia relativo a la frontera formada por las unidades de decisión DMU's de mejor comportamiento.

Puede considerarse la ecoeficiencia como la eficiencia con la que se utilizan los recursos ecológicos para satisfacer las necesidades humanas. Puede considerarse como un ratio de un "output" dividido entre un "input": el output representa el valor de los productos o servicios producidos por una empresa, un sector o una economía como un todo; y el input representa la suma de presiones ambientales generadas por la empresa, sector o economía. Así para adaptar el modelo DEA a la Eco-Eficiencia se sustituyen los inputs por impactos medioambientales y los outputs por valor económico generado por la unidad productiva.

Este método se basa en la norma UNE-EN ISO 14045 y utiliza fórmulas matemáticas y estadísticas que se resuelven mediante herramientas informáticas de análisis de datos.

La modelización de los impactos medioambientales se puede realizar desde dos enfoques:

- Cada impacto se recoge directamente cuantificándolo mediante una variable simple. Así en el modelo pueden intervenir diferentes variables. Es el método utilizado en la mayoría de los casos.
- Construir un índice sintético que recoge el efecto de varias variables conjuntamente. Estos índices se han elaborado bien para representar un agregado de impactos o bien para medir la biodiversidad como atributo opuesto al detrimento medioambiental.

En estos modelos DEA ambientales, es común considerar como objetivo reducir los outputs contaminantes "no deseados o malos" y aumentar los "deseados o buenos". Según esto, la eco-eficiencia aumenta cuando las presiones medioambientales disminuyen, si se mantiene el valor añadido, o también cuando el valor añadido aumenta si se mantienen las presiones ambientales.

La aplicación de técnicas DEA para el cálculo de la eco-eficiencia tiene la ventaja de que las ponderaciones se generan de forma endógena y no se requiere ningún juicio sobre las mismas.

4 EVALUACIÓN DEL IMPACTO ECONÓMICO O COSTE DEL CICLO DE VIDA (CCV)

A la hora de realizar un análisis del impacto económico de una EDAR habría que considerar todas las etapas del ciclo de vida de la misma, es decir realizar un análisis del Coste del Ciclo de Vida, LCC. Para ello se tienen en cuenta no solo los costes de capital (diseño y construcción) asociados con un proyecto, sino también los costes de operación, mantenimiento y reparación en curso, así como los costes finales de "fin de vida útil". Esto incluye aspectos tales como mano de obra, energía, productos químicos, mantenimiento preventivo, reparaciones, reemplazo de equipos y eliminación de desechos.

Al considerar los costes del ciclo de vida, es importante establecer un período de tiempo apropiado para realizar la evaluación. Si el período es demasiado largo, es posible que no tenga en cuenta las condiciones, los reglamentos o las necesidades cambiantes. Demasiado corto y puede sesgar injustamente el análisis para favorecer las opciones de menor costo de capital.

4.1 DISTRIBUCIÓN DE COSTES

4.1.1 Costes diseño y construcción

Los costes de diseño serían principalmente los costes de ingeniería a la hora de realizar el proyecto de ejecución de la obra, habitualmente un porcentaje del PEM (Presupuesto Ejecución Material) y los costes legales (permisos).

En los costes de construcción se engloban dos partes:

4.1.1.1 Obra Civil

En los costes de obra civil se incluyen todos los costes derivados de la construcción de la planta, teniendo en cuenta el presupuesto inicial, la duración de la obra y la variación anual del IPC para el cálculo del coste total.

Los costes de obra civil en una EDAR serían:

- Movimientos de tierras
- Construcción del homogeneizador
- Construcción del Reactor Biológico
- Construcción del Decantador secundario
- Construcción de Edificios
 - Edificio de explotación, pretratamiento, etc.
 - Casas de bombas y equipos como soplantes, etc.
 - Edificios eléctricos y de mantenimiento.
- Redes de tuberías
- Líneas Eléctricas
- Urbanización y jardinería

4.1.1.2 Equipos Mecánicos

Los costes de equipos mecánicos en una EDAR son aquellos debidos a la compra de equipos necesarios para el tratamiento del agua, tanto los equipos de proceso: agitadores, equipos de ultravioleta, soplantes, etc. como aquellos auxiliares: bombas, caudalímetros, válvulas, sistema de monitorización, etc.

Se incluyen también aquí los costes de mano de obra para la instalación de dichos equipos y todos los costes de la instalación eléctrica de los mismos.

4.1.2 Costes explotación y mantenimiento

Los costes de operación (explotación y mantenimiento) son todos aquellos costes a partir del momento en que empieza el tratamiento de agua en la planta y hasta el final de su vida útil.

Existe múltiples factores que condicionan los costes de operación, algunos de ellos son:

- Tamaño de la planta
- Topografía y situación geográfica
- Normativa de calidad del agua
- Características del agua a tratar

De todos los costes de operación habitualmente la electricidad, el personal y la gestión de residuos son los tres costes más importantes de una EDAR.

Los costes de explotación y mantenimiento se clasifican en costes fijos y costes variables.

4.1.2.1 Costes Fijos

Los costes fijos son aquellos que no están vinculados al caudal de agua tratado en la EDAR ni la calidad del afluente recibido. Dependen en todo caso del tamaño y tipología de la instalación y pueden variar mes a mes, pero no dependen de las características del afluente.

Los costes fijos de una EDAR son:

- Personal: el coste de personal depende en gran medida de tamaño de la instalación. Si bien para EDAR más automatizadas se requieren perfiles de personal con mayor formación y por lo tanto de mayor coste unitario, pero no es tan significativa su aportación al coste total como el tamaño de la instalación.

En la siguiente tabla se recogen las dedicaciones de personal según el tamaño de la instalación en habitantes equivalentes.

Tabla 24. Dedicaciones según tamaño de la instalación.

| Habitantes equivalentes | Jefe de planta | Oficial electromecánico | Peón | Analista laboratorio | Administrativo |
|-------------------------|----------------|-------------------------|------|----------------------|----------------|
| <15.000 | 0,25 | 0,1 | 1 | 0,05 | 0,05 |
| 15.000-30.000 | 0,5 | 0,5 | 1 | 0,1 | 0,1 |
| 30.000-60.000 | 0,5 | 1 | 2 | 0,25 | 0,3 |
| 60.000-120.000 | 0,5 | 2 | 6 | 0,5 | 1 |
| 120.000-200.000 | 1 | 4 | 15 | 1 | 2 |
| 200.000-600.000 | 1 | 6 | 30 | 1 | 3 |

*Fuente: Aguas de Galicia

Para el cálculo del coste total del personal se tendrán en cuenta los salarios establecidos en el convenio colectivo correspondiente y la dedicación.

Además, hay que considerar que ciertos perfiles profesionales sufrirán un incremento en el coste total debido a guardias y jornadas de retén.

- Mantenimiento: en una EDAR se realizan tareas de mantenimiento en los siguientes elementos:
 - Equipos Electromecánicos
 - Obra Civil y accesorios varios
 - Electricidad y automatismos

Para todos ellos se estima el coste anual del mantenimiento en base a la fracción correspondiente del Presupuesto de Ejecución Material (PEM) para cada elemento. Actualizada según los factores de actualización en función del IPC interanual y el coeficiente correspondiente al desgaste del equipo el grado de desgaste considerado para cada equipo.

Tabla 25. Factor Desgaste

| Grado de desgaste: | Alto | Medio | Bajo |
|--|--------|--------|--------|
| Equipos electromecánicos | 2,50 % | 1,75 % | 1 % |
| Obra civil, accesorios y varios | 3 % | 2,25 % | 1,50 % |
| Electricidad y automatismos | 2,50 % | 1,75 % | 1 % |

*Fuente: Aguas de Galicia

- Potencia eléctrica: el término de potencia de la factura eléctrica dependerá de la compañía comercializadora y la negociación de la EDAR con dicha compañía, así como de la potencia contratada y la tarifa correspondiente. Para calcular el coste de la potencia eléctrica:
 - En caso de disponer de facturas eléctricas de un año: se suman los importes correspondientes al término de potencia.
 - En caso de no disponer de facturas, pero conociendo la potencia contratada: se calcula el importe correspondiente multiplicando la potencia contratada por precio del kW obtenido de la web de la compañía eléctrica para tarifas con una potencia contratada similar (3.0A baja tensión para más de 15kW, 3.1A alta tensión hasta 450kW y 6.1A alta tensión más de 450kW).
 - En caso de no conocer la potencia contratada:
 - si se conoce la potencia instalada se puede estimar la potencia contratada para multiplicar por los precios de la compañía utilizando un factor.

| Equipos duplicados | Factor |
|--------------------------|--------|
| Mayoría (80-100%) | 0,55 % |
| Algunos (40-80%) | 0,65 % |
| Pocos (<40%) | 0,75 % |

*Fuente: aguas de Galicia

- Si no se conoce la potencia instalada se puede realizar una aproximación utilizando una ratio de coste de la potencia eléctrica por habitante equivalente:

| Hab.eq. | €/h.eq año |
|----------------|------------|
| 5.000 | 1,1 |
| 10.000 | 1,0 |
| 20.000 | 0,9 |
| 50.000 | 0,7 |
| 100.000 | 0,6 |

*Fuente: aguas de Galicia

- Costes fijos generales: Existen otros costes fijos menos relevantes que los anteriores:
 - Laboratorio
 - Gastos generales, oficina y comunicación
 - Seguros
 - Vestuarios y EPI (En caso de no disponer de un listado de EPI se puede utilizar el valor de 140€/trabajador al año).

Para estimar estos costes se pueden utilizar factores a multiplicar en función del tamaño de la instalación:

Tabla 26. Factores estimación otros costes (€/h.e. año)

| Hab. eq. | Laboratorio | Oficina y comunicación | Seguros |
|----------------|-------------|------------------------|---------|
| <5.000 | 1 | 1,08 | 0,67 |
| 5.000-10.000 | 0,7 | 0,52 | 0,3 |
| 10.000-20.000 | 0,31 | 0,23 | 0,15 |
| 20.000-30.000 | 0,19 | 0,15 | 0,08 |
| 30.000-50.000 | 0,15 | 0,09 | 0,07 |
| 50.000-70.000 | 0,1 | 0,06 | 0,05 |
| 70.000-600.000 | 0,07 | 0,03 | 0,03 |

*Fuente: Aguas de Galicia

4.1.2.2 Costes variables

Los costes variables son aquellos que está directamente relacionados con la naturaleza y cantidad del agua a tratar.

En general, a pesar de que muchos de ellos van a depender de la tipología de EDAR, los costes variables de una EDAR serían:

- Energía eléctrica: la parte de la factura eléctrica correspondiente al consumo de la planta que varía en función de la potencia instalada, el número de horas de funcionamiento de los equipos y el periodo tarifario en el que estén funcionando. Se puede obtener de tres formas:
 - Si se dispone de las facturas eléctricas se suma el importe correspondiente al consumo para un periodo de un año.
 - Si no se dispone de facturas, pero sí de la potencia instalada: se puede hacer una aproximación multiplicando las potencias instaladas de los diferentes equipos por una ratio de uso en equipos y, en caso de no disponer de la potencia de cada equipo sino de la global por sistema, también por un factor de consumo:

$$\text{Energía consumida} \left(\frac{kWh}{\text{día}} \right) = \text{Potencia motor} \left(\frac{kW}{\text{motor}} \right) \times n^{\circ} \text{ motores} \times \text{ratio} \left(\frac{h}{\text{día}} \right)$$

Tabla 27. Ratio de uso de equipos

| Equipo | Ratio (h/d) |
|--|-------------|
| Equipos del pretratamiento (rejas de gruesos, tamices de finos, etc.) | 18 |
| Aireación biológica | 20 |
| Puentes decantadores, agitadores, generadores de flujo, equipos de desinfección, bombas de recirculación | 24 |
| Línea de fangos: bombas de purga, equipos de deshidratación, etc. | 8 |
| Alumbrado nocturno | 8 |
| Elementos auxiliares de bajo uso: compuertas murales, válvulas motorizadas, puentes grúa, etc. | 1 |

*Fuente: Aguas de Galicia

Tabla 28. Factor de consumo respecto a la potencia instalada en base a equipos en reserva.

| Equipos duplicados | Factor |
|--------------------|--------|
| Mayoría (80-100%) | 0,25 % |
| Algunos (40-80%) | 0,45 % |
| Pocos (<40%) | 0,65 % |

*Fuente: Aguas de Galicia

- Si no se dispone de facturas ni potencia instalada: se puede utilizar un ratio de consumo por tipología de EDAR y caudal para obtener una aproximación y multiplicarlo por un precio del kWh en función del tipo de consumidor, aunque este valor depende en gran medida de la negociación de la EDAR con la compañía eléctrica.

Tabla 29. Estimación de consumos por tipología de EDAR y caudal.

| Tipología | kWh/m ³ |
|--------------------------------------|--------------------|
| Lechos bacterianos | 0,15 - 0,30 |
| Fangos activos | 0,32 - 0,55 |
| Aireación prolongada | 0,50 - 0,82 |
| Terciario (a sumar a los anteriores) | 0,08 - 0,20 |
| Tratamiento fisicoquímico | 0,17 - 0,42 |

*Fuente: Aguas de Galicia

Tabla 30. Coste Estimado promedio (€/kWh)

| Tipo de contratante | €/kWh |
|---------------------|-------|
| Gran consumidor | 0,10 |
| Consumidor mediano | 0,11 |
| Pequeño consumidor | 0,12 |

*Fuente: Aguas de Galicia

- Residuos: la cantidad de residuos producida en la planta es muy variable en función de la tipología de EDAR y la carga de entrada (especialmente la producción de fangos). Los principales residuos que se generan son:
 - Desbaste
 - Arenas
 - Grasas
 - Fangos

Para el cálculo del coste ocasionado por la gestión de residuos se requieren los siguientes datos:

- **Toneladas gestionadas:** la cantidad de residuos es muy variable de una planta a otra o incluso dentro de la misma planta en las diferentes épocas del año. Lo mejor es disponer de un histórico de residuos gestionados, pero en caso de no ser así se pueden estimar en función de las cargas contaminantes de entrada según la siguiente fórmula:

$$\text{Cantidad Residuo (t)} = \text{Ratio producción residuos} \left(\frac{l}{h} \cdot \text{eq. año} \right) \times \text{Carga operación (h. eq)}$$

Dónde la carga de operación se calcula como:

$$Carga\ operación\ (h.\ eq) = \frac{\sum_{mes} \frac{Q \left(\frac{m^3}{mes}\right) \times DBO_5(ppm)}{30 \left(\frac{d}{mes}\right) \times 60 \left(\frac{gDBO_5}{h.\ eq.\ d}\right)}}{n^o\ de\ meses}$$

El ratio de producción de residuos se toma de la tabla:

Tabla 31. Cociente producción residuos por carga.

| Residuo | Cociente |
|-----------------------|---------------------|
| Desbaste | 12,5 l/h.eq. año |
| Arenas | 15 l/h.eq. año |
| Grasas | 24 l/h.eq. año |
| Fangos físico-química | 230 mg/l agua bruta |
| Fangos biológica | 45,1 kg/h.eq. año |

*Fuente: Fuente desbaste, arenas, grasas y fango FQ: *Depuración y Desinfección de Aguas Residuales*, Aurelio Hernández Muñoz. 2001) (Fuente fangos biológ.: *Plan de Lodos 2010*).

- **Coste de transporte:** el coste de transporte de los residuos está relacionado con la distancia entre la instalación y el gestor.

Tabla 32. Coste por viaje según distancia a gestor.

| < 25 km | 25-50 km | 50-100 km | > 100 km |
|---------|----------|-----------|----------|
| 130 € | 195 € | 260 € | 325 € |

*Fuente: *Aguas de Galicia*

Para el cálculo del número de viajes se han de considerar los tamaños de contenedor más habituales: 5, 10, 12, 16 m³; y bañera de 25 m³. El gestor de residuos suele ofrecer en alquiler el contenedor, sin coste si hay una gestión mensual. Se propone estimar este alquiler mensual en 65€/contenedor. De este modo, para el cálculo de coste por transporte anual habrá de considerarse que un mayor volumen de contenedor minimiza el número de viajes, pero maximiza la posibilidad de que se cobre el alquiler mensual por no moverlo.

- **Coste de gestión:** es independiente de la distancia ni de la cantidad, depende básicamente de la tipología del residuo y el precio conseguido por el gestor. En la siguiente tabla se muestran unos precios de referencia actualizados a 2017.

| Residuo | €/t |
|----------|-----|
| Desbaste | 55 |
| Arenas | 35 |
| Grasas | 58 |
| Fangos | 32 |

*Fuente: *Aguas de Galicia*

- **Reactivos:** los costes de reactivos van a depender de la tecnología de la instalación. Los reactivos más habituales y su empleo son los siguientes:
 - Coagulante: se utiliza en la primera etapa de la depuración fisicoquímica.
 - Floculante: segunda etapa de la depuración fisicoquímica.
 - Hipoclorito: Desinfección microbiológica. También utilizado en desodorización.

- Sosa Caustica: Regulación de pH, normalmente en depuración fisicoquímica. También utilizado en desodorización.
 - Cloruro Férrico: Precipitación de fósforo en EDAR biológicas. También utilizado como coagulante.
 - Polielectrolito fangos: deshidratación de fangos.
- Al igual que en los residuos, los reactivos tendrán un coste individual dependiente del precio que sea capaz de conseguir la empresa explotadora, y una cantidad dependiente de la carga contaminante recibida en la instalación.

Tabla 33. Coste unitario reactivos.

| Reactivo | €/kg |
|--|--------|
| Coagulante (polihidroxiclورو de aluminio disolución 18%) | 0,34 € |
| Cloruro férrico (disolución 40%) | 0,29 € |
| Floculante línea agua (sólido) | 3,30 € |
| Hipoclorito (14% cloro) | 0,22 € |
| Sosa cáustica (disolución 50%) | 0,26 € |
| Polielectrolito fangos (sólido) | 2,90 € |

*Fuente: Aguas de Galicia

Para el cálculo de la cantidad consumida, de no disponer de los consumos reales del último año, se emplearán las dosis bibliográficas siguientes:

Tabla 34. Dosis de reactivos.

| Reactivo | Dosis |
|---------------------------------------|---------------|
| Coagulante | 35 - 200 mg/l |
| Floculante línea agua | 2 - 12 mg/l |
| Hipoclorito | 2 - 8 mg/l |
| Cloruro férrico | 35 - 200 mg/l |
| Polielectrolito fangos (filtro banda) | 4-10 kg/t MS |
| Polielectrolito fangos (centrífuga) | 7-15 kg/t MS |

*Fuente: Aguas de Galicia

4.1.3 Costes por “fin de vida útil”.

Los costes por fin de vida útil son aquellos costes derivados del desmantelamiento, demolición y restauración del espacio ocupado por la EDAR. Calcular estos costes puede resultar complicado si la vida útil de la instalación es muy extensa puesto que tanto los requerimientos y las normativas como costes legales pueden variar de forma significativa.

En el momento de cierre de las instalaciones también es importante el valor residual de la inversión de capital al final de la vida útil esperada de la instalación. Cuando este dato no se puede calcular es habitual considerar un 20% del PEM.

Habitualmente se puede suponer un valor cero de recuperación neta para terrenos, edificios, equipos, etc. debido a la suposición de que cualquier valor restante de la inversión se compensa con el costo del desmantelamiento de la instalación y la restauración del sitio.

De esta forma, y teniendo en cuenta que la inversión está destinada a ser a largo plazo, sin expectativas de rescatar el activo, los costes a considerar a la hora de calcular el coste de vida de la instalación de este tipo pueden concentrarse en costes de diseño y construcción y costes de operación (explotación y mantenimiento).

4.2 METODOLOGÍA

4.2.1 Definición de Objetivos

En esta fase se definirán los siguientes aspectos:

- Objetivo del estudio, el producto/servicio que se analizará, motivaciones para su realización y lo que se pretende con el estudio, el público objetivo, la comunicación de los resultados, etc.
- Alcance del estudio, fijando las etapas o fases del ciclo de vida a analizar, los límites del sistema y los aspectos que quedan dentro y fuera del estudio. También se decidirá que procesos hacia arriba y hacia abajo se considerarán en el estudio, el nivel de detalle de los datos, etc.
- Hipótesis de cálculo y asunciones necesarias, de acuerdo al objetivo y alcance del estudio, como pueden ser los criterios para desestimar algunos procesos o entradas.
- Criterios de asignación de los costes, es decir, si se fabrican varios productos en una misma planta, definición de criterios para distribuir los costes para cada uno de ellos. La asignación en un LCA puede ser por peso de producto y para el LCC puede ser por horas de producción para ese mismo producto.
- Tasa de descuento y su necesidad de empleo para analizar las inversiones a largo plazo.
- Unidad funcional a emplear o referencia sobre la cual se recogerán los datos. La unidad funcional seleccionada debe reflejar la funcionalidad del producto. En cualquier caso, si el LCC se realiza conjuntamente con un estudio de LCA, la unidad funcional ha de ser la misma.
- Estructura de desglose de costes y categorías de costes que se quieren analizar (mano de obra, energía, materiales, etc.)

4.2.2 Realización del inventario de costes.

En esta fase se recogerán los datos teniendo en cuenta las categorías de coste elegidas, las fases de vida consideradas y la estructura de descomposición del producto.

4.2.3 Cálculo del coste de ciclo de vida

Teniendo en cuenta todo lo anterior se realizará el cálculo del coste del ciclo de vida, para ello se puede utilizar un software específico de análisis de ciclo de vida o una hoja de cálculo que permita realizar estudios de sensibilidad teniendo en cuenta la tasa de descuento utilizada para evaluar el valor del coste en el tiempo.

4.2.4 Interpretación de los resultados

A diferencia de las fases planteadas para un LCA, no existe una fase de evaluación del Impacto del ciclo de vida, con las etapas de selección, clasificación y caracterización de los impactos, ya que, en el caso del LCC, sólo se trata de un único indicador: el coste agregado en €.

La interpretación de los resultados se realizará en base las siguientes dimensiones de cada elemento de coste relevante para el estudio:

- Por etapa de ciclo de vida
- Por categoría de coste
- Por elemento de descomposición del producto

4.2.5 Cálculo del impacto económico de una EDAR. Resumen caso práctico

En este caso no se conoce el periodo de construcción por lo que se considera un periodo de construcción para la EDAR de estudio es de 24 meses, tiempo durante el cual no se esperan retrasos ni problemas.

La vida útil de los diferentes componentes de la planta es diferente y va desde 2 años para componentes como filtros hasta los 50 años en el caso de edificios. Este análisis considera la máxima útil de la instalación en 50 años y el reemplazo de componentes de más corta duración (filtros, bombas, medidores, etc.) como costes que se incluyen en la parte de costes de mantenimiento.

La inversión está destinada a ser a largo plazo, sin expectativas de rescatar el activo por lo que solo se tendrán en cuenta los costes de construcción, explotación y mantenimiento.

**Los plazos de construcción y vida útil se estiman asumiendo los valores típicos en esta tipología de instalaciones.*

El coste de diseño y construcción de la planta, es decir, el valor del Presupuesto de Ejecución Material (PEM) sería de 942.626 teniendo en cuenta el incremento interanual del IPC durante la construcción de la planta.

La planta a construir tendrá las siguientes características:

| | | |
|-------------------------|--------|-------------------|
| Habitantes equivalentes | 14.000 | h.e. |
| Q (medio) | 3.857 | m ³ /h |
| Q (máx.) | 321 | m ³ /h |

Por su parte los costes de explotación y mantenimiento se calcularán de la siguiente forma:

COSTES FIJOS:

- 1) Personal; en la siguiente tabla se puede ver los costes por dedicación del personal para una EDAR de menos de 15.0000 h.e.:

| Jefe de Planta | Oficial Electromecánico | Peón | Analista Laboratorio | Administrativo |
|----------------|-------------------------|------|----------------------|----------------|
| 0,25 | 0,1 | 1 | 0,05 | 0,05 |

Teniendo en cuenta el coste de convenio y la dedicación, se puede calcular el coste de personal:

| Puesto | Coste Anual | Dedicación | Coste |
|-------------------------|-------------|--------------|-------------------|
| Jefe de Planta | 26.738,01€ | 0,25 | 6.692,00€ |
| Oficial Electromecánico | 23.121,83€ | 0,1 | 2.312,18€ |
| Peón | 24.738,17€* | 1 | 24.738,17€* |
| Analista de Laboratorio | 23.742,56€ | 0,05 | 1.187,13€ |
| Administrativo | 23.121,83€ | 0,05 | 1.156,09€ |
| | | Total | 36.085,58€ |

**Se han añadido las guardias en fines de semana y festivos, junto con las jornadas de retén.*

- 2) Mantenimiento: para calcular el coste de mantenimiento hay que tener en cuenta tanto el incremento anual del IPC como el grado de desgaste. En este caso se considera un IPC interanual de 3,84% (Factor de actualización: 1,32) y un grado de desgaste bajo dando como resultado:

| Puesto | Grado de desgaste: bajo | PEM actualizado según IPC (Factor: 1,32) | Coste |
|---------------------------------|-------------------------|--|--------------------|
| Equipos electromecánicos | 1,75% | 715.140€ | 12.515€ |
| Obra civil, accesorios y varios | 2,25% | 666.745€ | 15.002€ |
| Electricidad y automatismos | 1,75% | 160.812€ | 2.814€ |
| Total | | | 30.331€/año |

- 3) Potencia Eléctrica: para esta EDAR se dispone de datos de consumo eléctrico, pero no de facturas ni de la potencia contratada. Se realiza el cálculo utilizando al siguiente tabla y se obtiene un coste de 0,95€/h.e, es decir, en este caso 13.300 €.

| Habitantes Equivalentes | €/h.e.año |
|-------------------------|-----------|
| 5.000 | 1,1 |
| 10.000 | 1,0 |
| 20.000 | 0,9 |
| 50.000 | 0,7 |
| 100.000 | 0,6 |

- 4) Costes Fijos Generales: utilizando la tabla de costes generales según tamaño de la EDAR se obtienen los siguientes resultados:

| Habitantes Equivalentes | Laboratorio | Oficina y Comunicación | Seguros |
|-------------------------|-------------|------------------------|--------------------|
| 10.000-20.000 | 0,31 €/h.e. | 0,23€/h.e. | 0,15€/h.e. |
| 14.000 | 4.340€ | 3.220€ | 2.100€ |
| Total | | | 9.660 €/año |

COSTES VARIABLES:

- 1) Energía Eléctrica: para esta EDAR no se cuenta con las facturas eléctricas, pero si con el consumo mensual durante un año entero. El consumo total es de :444.612 kWh.

Suponiendo que la capacidad de contratación del explotador sea media, al tratarse de una EDAR de tamaño medio, se toma como precio de la energía 0,1099 €/kWh dando como un coste por energía eléctrica de 48.907 €/año.

- 2) Residuos: se dispone de datos de fango y desbaste gestionado. No hay constancia de la gestión de arenas y grasas por lo que se estiman utilizando la tabla de cociente de producción de residuos por carga. De este modo se obtienen los siguientes resultados:

| | Lodos | Desbaste | Arenas | Grasas |
|----------------|-------|----------|--------|--------|
| Total Anual | | 19,55 t | | |
| Estimado Anual | 489 t | 122 t | 163 t | 156 t |

Según esto se obtienen los siguientes resultados teniendo en cuenta los costes por transporte y gestión:

| | Lodos | Desbaste | Arenas | Grasas |
|----------------------|--------|----------|--------------|-----------------|
| Producción Anual (t) | 489 | 122 | 163 | 156 |
| Nº Viajes | 20 | 12 | 16 | 16 |
| Coste Viajes (€) | 3.815 | 2.379 | 3.172 | 3.045 |
| Coste Gestión (€) | 15.651 | 6.710 | 5.693 | 9.057 |
| Coste Total (€) | 19.467 | 9.090 | 8.866 | 12.103 |
| | | | Total | 49.525 € |

- 3) Reactivos: la EDAR solo utiliza polielectrolito para deshidratación de fangos. Los consumos de reactivo se muestran en la siguiente tabla:

| | Polielectrolito |
|--------------|-----------------|
| Consumo (kg) | 1.740 kg |
| Coste (€) | 5.046 € |

RESUMEN DE COSTES:

| | Coste Anual (€) |
|---------------------|------------------|
| Costes Fijos | 103.291 € |
| Personal | 54.370€ |
| Mantenimiento | 19.821€ |
| Potencia Eléctrica | 18.000€ |

| | |
|--------------------------|-----------------|
| Costes Fijos Generales | 11.100€ |
| Costes Variables | 111.246€ |
| Energía Eléctrica | 56.675€ |
| Residuos | 49.525€ |
| Reactivos | 5.046€ |
| Coste Total Anual | 214.537€ |

*Fuente Datos de costes de explotación y mantenimiento: Aguas de Galicia.

Por lo tanto, el coste del ciclo de vida de las instalaciones serían 942.626 € + 214.537 € por año de vida útil.

*En función del número de años que se consideren de vida útil de la EDAR se podría calcular el coste total del ciclo de vida, siempre actualizando el valor en el tiempo según la ecuación:

$$\text{Valor actual} = \frac{\text{Valor Futuro}}{(1 + d)^n}$$

Por ejemplo, en el caso de considerar una vida útil de 50 años y una tasa de descuento del 5% el coste total por ciclo de vida de la EDAR sería de 13.269.650 €.

5 FUENTES DE INFORMACIÓN

- Augas de Galicia. <http://augasdegalicia.xunta.gal/saneamento-e-depuracion>
- Manual de depuración de aguas residuales urbanas. Alianza por el Agua/Centa.2008
- Directiva 91/271/CEE, del 21 de mayo, que regula el tratamiento de aguas residuales urbanas
- Directiva 98/15/CE, del 27 de febrero
- Real Decreto-ley 11/1995, de 28 de diciembre, por el que se establecen las normas aplicables al tratamiento de las aguas residuales urbanas.
- Real Decreto 509/1996, de 15 de marzo, de desarrollo del Real Decreto-ley 11/1995, de 28 de diciembre, por el que se establecen las normas aplicables al tratamiento de las aguas residuales urbanas
- El análisis de ciclo de vida como herramienta de sostenibilidad en los proyectos de tratamiento de aguas. Margarita González Benítez y otros. 2012
- Metodología para el análisis de ciclo de vida de depuradoras de aguas residuales. BizkaiLab. 2012
- Consumo energético en el sector del agua. Fundación OPTI, IDAE.
- Economics costs of conventional surface-water treatment. Texas A&M University.
- UNE-EN-60300-3-3:2009 Cálculo del coste del ciclo de vida.