

# “DIAGNÓSTICO Y ESTUDIO DE ALTERNATIVAS AL TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES DE LA COMARCA DE PAMPLONA: EDAR ARAZURI”

Resumen (Septiembre 2011)

---

## 1. INTRODUCCIÓN

El presente documento consiste en el resumen de conclusiones correspondientes al estudio denominado: “DIAGNÓSTICO Y ESTUDIO DE ALTERNATIVAS AL TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES DE LA COMARCA DE PAMPLONA: EDAR ARAZURI” solicitado por NILSA (Navarra de Infraestructuras Locales, S.A.) como sociedad pública adscrita al Departamento de Administración Local del Gobierno de Navarra, y realizado por el Grupo de Ingeniería Ambiental de la Universidad de Cantabria. La justificación del trabajo se debe al interés en la realización de una serie de estudios de mejora de calidad ambiental del río Arga, ya que el elevado nivel de depuración llevado a cabo en la EDAR de Arazuri, no ha impedido que la calidad de este río se haya deteriorado hasta niveles inferiores a los deseados.

Por lo tanto, el objetivo de este trabajo ha sido analizar y diagnosticar el proceso de tratamiento de aguas residuales de la Comarca de Pamplona, llevado a cabo en la Estación Depuradora de Aguas Residuales de Arazuri, definiendo objetivos de depuración o regeneración y, en su caso, alternativas tecnológicas para su cumplimiento. Para ello el estudio se ha dividido en 3 fases:

### **FASE 1: Definición de exigencias aplicables a la EDAR de Arazuri**

Las exigencias aplicables al vertido o efluente de la EDAR de Arazuri son de tres tipos: las relativas a la calidad del agua residual efluente, las derivadas de la necesidad de cumplir determinados parámetros de calidad en el río receptor del vertido y aquellas que describen la calidad que debe alcanzar el agua regenerada para su reutilización diferenciando su uso o aplicación final.

Con el fin de establecer de forma clara las exigencias requeridas al vertido de la EDAR de Arazuri, NILSA ha proporcionado toda la documentación necesaria al respecto para ser analizada, así como los datos detallados de explotación de la EDAR que han permitido definir los valores actuales de los parámetros de diseño (dotaciones, cargas, caudales, concentraciones, coeficientes punta...) y considerar hipótesis para escenarios futuros.

### **FASE 2: Definición de objetivos y límites de vertido**

En esta segunda fase se han definido los límites de vertido de la EDAR de Arazuri, cumpliendo los objetivos establecidos en cada uno de los escenarios planteados. Como punto de partida para el estudio, se ha realizado una evaluación inicial del impacto sobre el río con un análisis basado en un balance de masas, modelo de mezcla en el punto de vertido, aplicado en las condiciones más desfavorables de estiaje.

### **FASE 3: Análisis y diagnóstico del funcionamiento de la EDAR de Arazuri y estudio de alternativas para la mejora de la calidad del efluente**

Esta última fase corresponde al análisis y diagnóstico del funcionamiento de la EDAR de Arazuri, con el fin de estudiar la capacidad actual de la planta para el cumplimiento de los objetivos y límites planteados anteriormente.

La respuesta esperada a priori era que la EDAR no fuera capaz de alcanzar los objetivos establecidos con las instalaciones y procesos actuales, ya que se esperaba que los límites establecidos fueran muy exigentes, requiriendo un efluente de muy elevada calidad. Por lo tanto, fue necesario realizar un estudio de alternativas tecnológicas de tratamiento que pudieran cumplir dichos objetivos. El estudio de alternativas ha consistido en la definición conceptual y evaluación económica preliminar de alternativas de tratamiento, incluidas innovadoras, para el cumplimiento de los objetivos propuestos.

## **2. RESULTADOS Y CONCLUSIONES**

La metodología detallada, los resultados obtenidos y su discusión, así como las conclusiones del trabajo, se encuentran en los 3 informes entregados correspondientes a cada una de las fases anteriormente descritas. A continuación se muestra un resumen de los resultados y conclusiones globales del estudio.

La Orden de 13 de agosto de 1999, por la que se dispone la publicación de las determinaciones de contenido normativo del Plan Hidrológico de la Cuenca del Ebro (BOE núm. 222), en su artículo 83 recoge las categorías de objetivos de calidad mínimos para las aguas superficiales en la cuenca del Ebro, en función de los usos simultáneos para las aguas superficiales, los usos englobados (adecuados e inadecuados) y el aspecto del agua. Además indica el objetivo de calidad mínimo para cada uno de los tramos del río Arga, siendo desde Pamplona categoría C2, cuyos usos adecuados son: ciprínidos, A2, baño y riego general.

Se ha recopilado toda la información de la legislación aplicable para el cumplimiento de la categoría C2: Directiva 2006/44/CE relativa a la calidad de las aguas continentales que requieren protección o mejora para ser aptas para la vida de los peces, Directiva 75/440/CEE relativa a la calidad requerida por aguas superficiales destinadas a la producción de agua potable, Directiva 76/160/CEE y Directiva 2006/7/CE relativa a la calidad de las aguas de baño, y Real Decreto 1620/2007 por el que se establece el régimen jurídico de la reutilización de las aguas depuradas entre otros usos para riego. Se ha elaborado una relación con los valores guía e imperativos más restrictivos de la normativa citada para su comparación con los límites marcados por la Confederación Hidrográfica del Ebro (CHE) en el Plan Hidrológico del Ebro vigente para las aguas catalogadas como C2, de la cual se puede concluir que esta última se corresponde aproximadamente con los valores resultado de la recopilación con carácter de imperativo u obligatorio, mientras que en el presente estudio también se han tenido en cuenta los valores guía.

En cuanto a la calidad del vertido de la EDAR de Arazuri, los objetivos impuestos por la CHE se ven reflejados en la autorización de vertido revisada por última vez en septiembre de 2005, coincidiendo los límites marcados en ella con los que indica para tratamiento secundario la Directiva 91/271/CEE sobre tratamiento de las aguas residuales urbanas, incluyendo además los parámetros nitrógeno total y cloruros, y con la particularidad de que la autorización de vertido tan sólo recoge valores de concentración mientras que la Directiva 91/271/CEE indica

valores límite de concentración y/o rendimientos mínimos de depuración. En caso de que se pretenda la reutilización del vertido, deberán respetarse los valores máximos admisibles reflejados en el RD 1620/2007 por el que se establece el régimen jurídico de la reutilización de las aguas depuradas.

En la unión del río Arga con su afluente el Elorz se ha realizado un balance de masas para definir la calidad del agua del río aguas arriba del vertido de la EDAR en situación de estiaje. Resultando que los Coliformes totales, Escherichia Coli, nitritos, conductividad e índice SAR superan los valores límites o recomendados por la normativa. Se observa una DBO<sub>5</sub> y unos SS próximos a los valores deseables, llegando el fósforo total al valor límite deseable. También se detecta una situación de alta temperatura del agua del río. Todo esto situaría la calidad de esta agua como no apta para ciprínidos e impiden que sea clasificada como A2, por lo que se aleja de pertenecer a la categoría C2.

Mediante un modelo de mezcla basado en balance de masas se han estimado las concentraciones máximas que debería tener el vertido de la EDAR para cumplir los límites y objetivos deseables de la calidad del agua en el río, para los diferentes escenarios planteados (caudal de estiaje definido por el método 7Q<sub>10</sub> o por el caudal ecológico definido por la CHE, calidad del agua del río aguas arriba del vertido estimada a partir de los datos disponibles o considerando que no está contaminado) y la situación futura (año 2033). Se ha comprobado que los valores a cumplir por el vertido, obligados por los objetivos de calidad del agua en el río, son más restrictivos que los exigidos por la autorización de vertido. Esto es consecuencia del alto valor de la proporción caudal de vertido respecto al caudal de estiaje del río.

Según el análisis de los datos de explotación de la EDAR en los años 2008 y 2009 se puede observar que la calidad del efluente y los rendimientos de eliminación son muy satisfactorios como se muestra a continuación (Tabla 1 y Tabla 2).

Los percentiles 90% de DQO, DBO<sub>5</sub> y SST y los rendimientos globales de eliminación alcanzan con elevado margen los objetivos de calidad indicados por la Directiva 91/271/CEE para tratamiento secundario.

Aunque el promedio anual de la concentración de nitrógeno total efluente supera el valor de 10 mg/L, tanto en 2008 como en 2009, el límite indicado en la Directiva 91/271/CEE para vertido a zonas sensibles se refiere a una temperatura del agua superior o igual a 12°C, siendo posible aplicar un periodo de tiempo limitado de acuerdo a las condiciones climáticas locales. En concreto, la autorización de vertido de la EDAR de Arazuri aclara que el límite de nitrógeno total de 10 mgN/L se refiere al valor medio descartando aquellos días con temperatura en reactor biológico inferior o igual a 13°C. Al tratarse de un proceso biológico con un tiempo de retención celular del orden de varios días, una interpretación lógica de dicha condición consiste en considerar los periodos en que la temperatura se mantiene estable por encima de los 13°C. De esta manera el valor medio fue 9,6 mgN/L en el año 2008 y 10,8 mgN/L en el 2009, prácticamente cumpliendo el valor de 10 mgN/L. Por otra parte, en el efluente del año 2009 se ha realizado la medida directa de NT 298 días, dando lugar a un valor medio de 8,8 mgN/L, claramente inferior a 10 mgN/L, pero con una diferencia notable respecto del valor de nitrógeno total obtenido como suma de NTK, NO<sub>2</sub> y NO<sub>3</sub>.

	Efluente secundario - 2008				Rendimiento global
	Valor medio	Desv. estándar	Percentil 90	Percentil 95	(%)
MES (mg/L)	8	5	13	16	97,3
DQO (mg/L)	38	7	48	50	94,9
DBO <sub>5</sub> (mg/L)	10	5	16	19	97,6
NT <sup>(1)</sup> (mgN/L)	11,7	4,9	19,3	22,6	74,0
N-NH <sub>4</sub> (mgN/L)	3,0	4,8	10,6	15,0	87,7
NO <sub>2</sub> +NO <sub>3</sub> (mgN/L)	5,8	1,8	7,8	8,8	-
PT (mgP/L)	0,8	0,3	1,2	1,4	86,2

(1) N total obtenido como suma de NTK, NO<sub>3</sub> y NO<sub>2</sub>

Tabla 1. Resultados del tratamiento en la EDAR Arazuri, año 2008

	Efluente secundario - 2009				Rendimiento global
	Valor medio	Desv. estándar	Percentil 90	Percentil 95	(%)
MES (mg/L)	7	5	14	17	97,6
DQO (mg/L)	37	10	48	52	95,2
DBO <sub>5</sub> (mg/L)	9	6	19	21	97,7
NT <sup>(1)</sup> (mgN/L)	12,1	3,5	16,7	18,2	74,4
N-NH <sub>4</sub> (mgN/L)	1,9	2,9	5,3	9,0	92,6
NO <sub>2</sub> +NO <sub>3</sub> (mgN/L)	7,0	2,0	9,5	10,5	-
PT (mgP/L)	1,0	0,7	1,7	2,6	84,0

(1) N total obtenido como suma de NTK, NO<sub>3</sub> y NO<sub>2</sub>

Tabla 2. Resultados del tratamiento en la EDAR Arazuri, año 2009

El tratamiento biológico de la EDAR ha sido diseñado para eliminación de materia orgánica carbonosa y nitrógeno, con un selector anaerobio previo que también permite la eliminación biológica de fósforo, ya que se alcanzan los requisitos de la Directiva 91/271/CEE para vertido a zona sensible tanto en concentración como en rendimiento de eliminación de fósforo, tanto en el año 2008 como en el 2009.

Los valores de calidad del efluente obtenidos del tratamiento de datos de los años 2008 y 2009 aportados por la EDAR coinciden con los mostrados en los Informes de Gestión de la EDAR de Arazuri, excepto en el parámetro nitrógeno, que indica unos valores de 5,7 mgN/L y 5,1 mgN/L para los años 2008 y 2009, respectivamente. Esta diferencia se puede deber a una equivocación entre los parámetros NT (Nitrógeno Total) y NTK (Nitrógeno Total Kjeldahl).

Dado que la autorización de vertido otorgada por la CHE muestra como límites de vertido los indicados en la Directiva 91/271/CEE para tratamiento secundario (referido a concentraciones) incluyendo además los parámetros nitrógeno total y cloruros, se puede concluir que los parámetros DQO, DBO<sub>5</sub> y SST cumplen con holgura. En cuanto al nitrógeno total se ha de

considerar lo indicado anteriormente y respecto al parámetro cloruros, el valor siempre se ha mostrado inferior al límite indicado en la autorización, según los registros de datos analizados correspondientes a los años 2008 y 2009.

Además de las circunstancias de tiempo frío, en las que las bajas temperaturas reducen la eliminación de nitrógeno, existe otra circunstancia puntual que afecta negativamente al funcionamiento de la EDAR: el tiempo de lluvia, que provoca reboses por el by-pass general de la EDAR, lavado de la biomasa de los reactores biológicos y aumento puntual de la concentración efluente de  $N-NH_4$ .

Los reboses no han sido estudiados en el presente trabajo por no disponer de datos de caudal a la entrada a la planta. Actualmente se dispone de un caudalímetro de reciente instalación que permitiría profundizar este estudio que parece ser importante en sus efectos sobre el río Arga.

La EDAR no cuenta con proceso de desinfección del efluente antes del vertido. Si los objetivos de calidad del agua en el río Arga incluyen parámetros microbiológicos o si se pretende destinar el agua depurada a reutilización, puede ser recomendable la desinfección del efluente final.

A pesar del elevado grado de depuración llevado a cabo en la EDAR, los objetivos imperativos y guía de calidad del agua en el río Arga no serían alcanzados en su totalidad en el punto de vertido en condiciones de estiaje, incluso considerando el escenario hipotético del río sin contaminación al alcanzar el vertido.

Se ha construido un modelo matemático de la EDAR Arazuri en la plataforma WEST empleando el modelo ASM2d, con el que se han realizado simulaciones y análisis teórico preliminar dado que no ha sido calibrado. El modelo, una vez calibrado, permitirá la simulación y el análisis de otros escenarios de interés.

El funcionamiento de la EDAR Arazuri es muy adecuado y consigue elevados rendimientos de depuración y calidad del efluente. El margen de mejora en la operación de la depuradora es, por lo tanto, muy reducido. Por lo tanto, con el objetivo de reducir el impacto del vertido de la EDAR, se han planteado diferentes alternativas de tratamiento para el afino del efluente en cuanto a  $DBO_5$ , SST y desinfección. Alternativamente también se propone el tratamiento con filtración por membranas e incluso el tratamiento in situ para reutilización descentralizada en riego de parques y jardines. Estas opciones han sido diseñadas y valoradas económicamente.

Un postratamiento convencional, consistente en operaciones de coagulación-floculación-sedimentación, filtración (filtro de arena) y desinfección mediante UV, obtendría una eficacia, valorada como eliminación de carga en el vertido, estimada en 210  $kgDBO_5/d$  con un coste de 0,10 €/m<sup>3</sup> de agua tratada.

Como alternativa al proceso convencional también se ha planteado un postratamiento avanzado aplicando tecnología de membranas de ultrafiltración en combinación con el actual proceso biológico, dando lugar a un proceso MBR. Esta alternativa tiene un coste más elevado (0,23 €/m<sup>3</sup>), sin embargo presenta una mayor eficacia en cuanto a eliminación de la contaminación siendo capaz de eliminar nutrientes (nitrógeno) además de sólidos suspendidos y materia orgánica (231  $kgDBO_5/d$  y 9,6  $kgN-NH_4/d$ ).

Otra alternativa consiste en la instalación de Estaciones de Regeneración de Agua Residual (ERARs) basadas en RBpM (Reactor Biopelícula con Membranas de filtración) para depurar agua residual in-situ, captándola directamente del colector en puntos próximos a zonas verdes o ajardinadas, con el fin de utilizar este agua regenerada para el riego de los mismos o bien para limpieza de calles. La eficacia de esta alternativa ha sido estimada en 106 kgDBO<sub>5</sub>/d y 5,9 kgN-NH<sub>4</sub>/d con un coste de 0,23 €/m<sup>3</sup> de agua tratada.

También se han propuesto otras opciones, no referidas al tratamiento de la EDAR, como la regulación de caudales del río Arga y el control de reboses de las redes de alcantarillado.