



LIFE Project Number

**<LIFE 12 ENV/ ES/ 000361>**

## **FINAL Report**

**Covering the project activities from 01/09/2013 to 28/02/2017**

Reporting Date

**<30/06/2017>**

# **“Implementation of a new phosphate removal tertiary treatment in WWTP”- REMPHOS**

### Project Data

<b>Project location</b>	Los Arcos (Navarra/ Spain)
<b>Project start date:</b>	<01/09/2013
<b>Project end date:</b>	<28/02/2017>
<b>Total Project duration (in months)</b>	<42> months
<b>Total budget</b>	988,375.00€
<b>Total eligible budget</b>	988,375.00€
<b>EU contribution:</b>	494,187.00€
<b>(%) of total costs</b>	50%
<b>(%) of eligible costs</b>	50%

### Beneficiary Data

<b>Name Beneficiary</b>	CENTRO TECNOLÓGICO L'UREDERRA
<b>Contact person</b>	Mr. Claudio Fernández
<b>Postal address</b>	Área Industrial Perguita, C/A, N1, 31210, Los Arcos (ES)
<b>Visit address</b>	
<b>Telephone</b>	+34 948 640 318 + 618 67 67 00
<b>Fax:</b>	+ 34 948 640 319
<b>E-mail</b>	Claudio.fernandez@lurederra.es
<b>Project Website</b>	www.lurederra.es

## RESUMEN PROYECTO REMPHOS

El objetivo principal del proyecto REMPHOS es el desarrollo de una tecnología para la eliminación de fosfatos de las aguas residuales mediante un subproducto de la industria de producción de magnesia y la implementación de esta tecnología en la EDAR de Estella. Con este objetivo se ha trabajado en el desarrollo de la tecnología, en primer lugar, desde el punto de vista del subproducto a valorizar como agente precipitante y las corrientes residuales a tratar, y posteriormente, en las condiciones de operación estudiando todos los parámetros influyentes en el proceso tales como pre-tratamiento y dosificación del agente precipitante, pH, temperatura, agitación y tiempo de reacción.

El desarrollo del proyecto REMPHOS comenzó con la definición de requerimientos para la implementación del equipo de depuración. Se definieron los parámetros en cuanto a agente precipitante, caracterización de las aguas y tecnología a implementar. Se estudiaron tres posibles subproductos de MAGNA entre los que se seleccionó el PC8 como agente precipitante. Se definieron dos corrientes de interés en la EDAR de Estella: la primera corriente, la procedente de las balsas de nitrificación, es la corriente y ubicación del tratamiento terciario previsto en la propuesta inicial; la segunda corriente, el agua procedente de la centrifuga del escurrido de fangos, es la corriente detectada en la EDAR con mayor concentración de fosfatos. Esta corriente tiene especial interés para la EDAR ya que se recircula directamente a cabecera para pasar por todo el proceso de depuración de la EDAR con el inconveniente de aumentar la concentración de fosfatos. En base al tiempo de retención en la etapa de nitrificación/ desnitrificación, se estableció como objetivo un tiempo de reacción máximo de 5 horas, con el fin de mantener la operatividad de la EDAR tal y como estaba previsto en la propuesta del proyecto.

Las pruebas a escala piloto se llevaron a cabo en reactor de 20L y se trabajaron sobre las condiciones de operación en cuanto al agente precipitante, dosificación, tiempo de reacción y eficacia del sistema de depuración para las dos corrientes. Con este tiempo de reacción, se alcanzaron los objetivos planteados inicialmente en cuanto a la eficiencia en la eliminación de fosfatos y se llevó a cabo el escalado. Con el objetivo de llegar a diseño final minimizando riesgos, durante las pruebas de testeo en campo, se validó el proceso y el producto con un prototipo intermedio cuyo componente principal es un reactor de 1.000L de capacidad. Este prototipo ha permitido trabajar en la optimización del tiempo de reacción en condiciones reales, trabajando con los dos parámetros fundamentales que influyen en la reacción: la agitación (contacto y disponibilidad del reactivo) y la dosis del agente precipitante. Las pruebas demostrativas llevadas a cabo en la EDAR de Estella mostraron una eficiencia mayor del 83% incluso en tiempos menores a una hora de reacción. El precipitado obtenido, se determinó que posee un valor agronómico interesante para ser utilizado como fertilizante.

Como principal resultado del proyecto se ha demostrado y validado una nueva tecnología de eliminación de fosfatos con la que se puede ofrecer a los clientes un proceso totalmente optimizado a la carta en función de sus prioridades, necesidades y/o requerimientos en cuanto a capacidad/caudal de agua residual a tratar, tiempo de reacción y dosificación de agente precipitante. Al finalizar el proyecto se han cumplido todos los objetivos técnicos que se definieron inicialmente en la propuesta, tal y como resumen los siguientes puntos:

- ✓ Tratamiento terciario implementado en la EDAR de Estella.
- ✓ Obtención de un agente precipitante que permite reducir los niveles de fosfatos en las aguas residuales (subproducto de MAGNA).
- ✓ Condiciones de trabajo optimizadas.

- ✓ Rendimientos de eliminación de fosfatos entre 83-91%.
- ✓ Escalado a prototipo final que permite trabajar con un caudal de 480 m<sup>3</sup>/día.
- ✓ Tecnología aplicable a otras EDAR industriales y/o urbanas.

A continuación, un resumen de las tareas ejecutadas:

**Action A1 Requerimientos técnicos para la implementación in situ del equipo de depuración:**

El objetivo principal de esta acción era establecer las bases de los requerimientos técnicos para la posterior implementación de la tecnología en las instalaciones de la estación depuradora de SMSA. Los tres aspectos de la tecnología que se trabajaron en el proyecto fueron: el agente precipitante, las aguas residuales y el modo de implementación de la tecnología, tal como se describe a continuación:

*1. Agente precipitante*

Selección y caracterización de PC8, subproducto de la industria de extracción de magnesia y estudio de su estabilidad.



*PC8-Agente precipitante*

*2. Agua residual*

El estudio del agua residual a tratar se centró en dos aspectos fundamentales: por un lado el estudio de las instalaciones de la EDAR de Estella que gestiona SMSA, y por otro lado la caracterización del agua no solo a nivel de fosfatos presentes en ella, sino también de otros parámetros que pueden resultar relevantes durante el proceso de eliminación de fosfatos.

*3. Implementación de la tecnología*

La última fase de la actividad A1 se centró en la definición de los requerimientos de la tecnología a implementar, considerando por un lado las condiciones de operación del dispositivo, y por otro las características del dispositivo (reactor/decantador), como elemento fundamental del proceso de eliminación de fosfatos.

La tecnología a implementar se basa en la precipitación de los fosfatos a través de la adición de un compuesto que reacciona con ellos, haciéndolos precipitar y facilitando así su posterior eliminación por decantación. En este caso, la operatividad del dispositivo depende en gran medida de las condiciones de trabajo, que determinan el comportamiento del agente precipitante y el grado de precipitación de los fosfatos. Con el fin de conocer las condiciones de trabajo del reactor se hicieron pruebas de precipitación a escala de laboratorio



*Imágenes tomadas durante las pruebas de caracterización y precipitación de las muestras*

**Action B1 Desarrollo a escala piloto del dispositivo de depuración:** en función de los requerimientos marcados en la acción anterior, se verificó la tecnología de precipitación química a escala de laboratorio y se determinó el equipo para la implementación de la tecnología a escala piloto.

El objetivo de la presente acción era el diseño del procedimiento de eliminación de fosfatos, materializado en un dispositivo a escala piloto, con el fin de establecer las bases sobre las que se desarrollaría el diseño de la planta demostrativa al final del proyecto.

Durante esta acción se profundizó en el estudio de varios aspectos del proceso de eliminación de fosfatos, para finalmente, realizar el montaje de la instalación piloto:

- Estudio y adecuación del agente precipitante
- Diseño del reactor a escala piloto.
- Montaje de la instalación.



*Ensayos en reactor de laboratorio de 20L*



*Ensayos en reactor – decantador piloto de 20L*

Los resultados logrados al terminar esta tarea de diseño e instalación de la tecnología a escala piloto, fueron:

- Preparación del agente precipitante para la reacción con fosfatos.
- Verificación a escala de laboratorio de la reacción y del proceso de eliminación
- Obtención de un reactor- decantador a escala piloto

- Obtención de una instalación a escala piloto de una tecnología de eliminación de fosfatos de aguas residuales.
- Verificación de cantidad de precipitado para dimensionar la zona de decantación.

**Action B2** Pruebas a escala piloto del dispositivo de depuración: se logró la optimización del proceso y la validación de las condiciones de operación trabajando con el reactor a escala piloto.

Las pruebas a escala piloto se realizaron con muestras de la depuradora de SMSA. El protocolo desarrollado sobre la metodología de la tecnología ensayada ha ido encaminado a conocer la capacidad depurativa de la tecnología; efectividad del agente precipitante en cuanto a eliminación de fosfatos en el tiempo. Además, éste fue desarrollado con el fin de evitar cualquier tipo de riesgo en el proceso ya que se definieron las situaciones de riesgo que implicarían un cambio en el tiempo de reacción y/o en el rendimiento o eficiencia del sistema de depuración, tales como variaciones de pH, variaciones climatológicas que afectan a la naturaleza de las muestras, etc.

**Action B3** Implementación del prototipo demostrativo en planta de depuración de aguas: El objetivo de esta acción era diseñar el prototipo demostrativo, el montaje de la instalación y la puesta en funcionamiento del mismo en EDAR de Estella, que gestiona SMSA. Tal como estaba planteado en propuesta original, la ubicación finalmente escogida para el prototipo fue en la zona posterior a la fase de aireación/nitrificación y previa a la decantación final, pues esta ubicación permitía también el tratamiento de las dos corrientes objetivo. El escalado del sistema se llevó a cabo en dos etapas: una primera etapa, donde se validó el proceso de eliminación de fosfatos y los precipitados obtenidos, con un prototipo intermedio (reactor de 1.000L de capacidad) para, una vez comprobada la eficacia del sistema y optimizada la tecnología, proceder al escalado en una segunda fase. El prototipo final diseñado consiste en un reactor de 20 m<sup>3</sup> de capacidad con el que se alcanzaría a tratar el caudal objetivo del proyecto de 480m<sup>3</sup>/día de agua residual.



*Ubicación del prototipo demostrativo en la EDAR de Estella.*



*Imágenes del prototipo demostrativo instalado en la EDAR de SMSA*

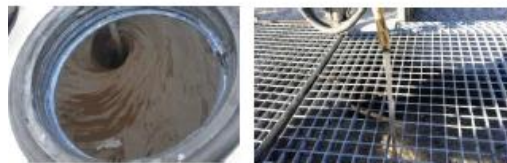


**Action B4 Pruebas de funcionamiento in situ a escala industrial:** Durante esta acción se llevaron a cabo las pruebas de testeo en campo. Estos ensayos han permitido trabajar en todos los parámetros de optimización de la tecnología para la eliminación de fosfatos a escala semi-industrial, en condiciones reales de operación. El objetivo de estas pruebas de campo ha sido validar la tecnología de eliminación de fosfatos de las aguas residuales, alcanzando rendimientos de eliminación entre 83-91% al menor tiempo de operación y uso de la cantidad de agente precipitante óptima, logrando la eficacia del proceso tal y como se propuso en la memoria inicial.

Durante las primeras pruebas de validación, se trabajó con las condiciones optimizadas para la obtención de los rendimientos de eliminación objetivo en 5 horas de tiempo de reacción. A continuación se muestran algunas fotografías realizadas durante las pruebas de campo.

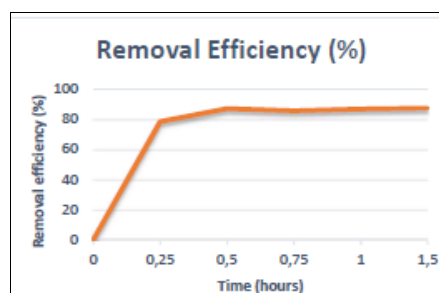


*Llenado desde arqueta en la salida de las balsas de nitrificación*



*Agitación y descarga del reactor*

Trabajar con el prototipo implementado en la EDAR ha permitido modificar las condiciones de trabajo: agitación, dosis del agente precipitante, pH, entre otras, para obtener las eficiencias de eliminación de fosfatos en el menor tiempo de reacción. Se establece como menor tiempo de reacción aquel en el que se alcanzan los rendimientos de eliminación objetivo (83-91%); con dosificaciones más altas de agente precipitante, el tiempo de reacción se ha conseguido reducir a tiempos inferiores a 1 hora, tal como se muestra en la siguiente gráfica.



Además de conseguir los objetivos de eliminación marcados en la propuesta, se consiguen aquellos marcados en la legislación de rendimientos de eliminación mayores del 80% y/o concentraciones por debajo de 2ppm.

Las pruebas realizadas han permitido demostrar y validar la tecnología en un entorno real (EDAR Estella) a nivel semi-industrial con una capacidad de tratamiento representativa de las aguas residuales a tratar.

El carácter demostrativo de esta tecnología va a permitir su replicabilidad y transferibilidad en otros sectores. Se ha demostrado su eficacia en la eliminación de fosfatos en diferentes condiciones de tiempo de reacción y dosis de agente precipitante, gracias a que se ha trabajado con un prototipo intermedio. El tiempo de reacción está íntimamente ligado a la capacidad de tratamiento del dispositivo/prototipo con el que se quiera implantar la tecnología, por lo que, cada cliente, en función de sus necesidades y/o requerimientos deberá seleccionar entre las tres variables: tiempo de reacción, dimensiones/caudal de agua a tratar, dosificación, a partir de las cuales se le ofrecerá la tecnología optimizada de eliminación de fosfatos.

**Action B5 Gestión del precipitado:** Como resultado del proceso de precipitación de fosfatos, se obtiene un lodo con valor agronómico, debido a la presencia de fósforo (asociado a los fosfatos precipitados) y de Mg activo (como consecuencia de añadir agente precipitante PC8 en exceso). Por este motivo, se evaluaron las propiedades del precipitado como fertilizante, analizando su contenido en nutrientes, y contrastándolo con otros fertilizantes comerciales, como un abono orgánico o una enmienda, obteniendo buenos resultados.

Dado el valor agronómico del precipitado, la opción de mayor valor añadido para el producto final es la de fertilizante. No obstante, se ha analizado y evaluado otras formas de valoración del precipitado, como su gestión junto con los lodos de la EDAR y compostaje. Como principales conclusiones de este estudio, se obtuvieron las que se resumen a continuación:

- El precipitado obtenido a partir del tratamiento del agua residual de la corriente de escurrido de fangos presentaba propiedades fertilizantes y podía ser considerado como abono orgánico mineral. Dado su contenido en humedad, se podría gestionar directamente para su acondicionado como abono, sin tener que pasar por un proceso de eliminación de la humedad.
- El precipitado obtenido a partir del tratamiento del agua residual procedente de las balsas de nitrificación, tiene propiedades fertilizantes y podría ser considerado como enmienda orgánica. Dado su contenido en humedad, debería pasar por un tratamiento previo de deshidratación parcial para poder ser acondicionado para su uso como fertilizante. Se demostró que el tratamiento de deshidratación parcial no influye en las propiedades agronómicas del producto.

De este modo, la valorización del precipitado obtenido tiene un impacto positivo en el medio ambiente. La tecnología REMPHOS contribuye a la economía circular gracias a la gestión de este residuo obtenido (precipitado) para su uso como fertilizante.

**Action C Monitorización del impacto del proyecto:** A lo largo de esta acción se supervisaron de manera periódica los logros alcanzados y se contrastaron con los objetivos inicialmente propuestos, llevando a cabo para ello reuniones técnicas, seguimiento mediante contacto directo vía e-mail y teléfono, entre los principales responsables técnicos del proyecto. De la misma manera, se valoraron también a lo largo de todo el proyecto los Output Indicators definidos para el proyecto. Por otro lado, en el marco de esta acción se llevó a cabo el ACV y el EIA de la nueva tecnología desarrollada, con el fin de evaluar la mejora y beneficios medioambientales que supone el nuevo tratamiento de eliminación de fosfatos, especialmente sobre la eutrofización. Además, se llevó a cabo en esta acción un análisis técnico económico delimitado a la nueva tecnología de eliminación de fosfatos, así como un informe sobre el impacto socio-económico del proyecto.

**Action D Acciones de comunicación y diseminación:** A lo largo del desarrollo del proyecto, se fueron llevando a cabo las acciones de comunicación y diseminación inicialmente previstas, así como otras actividades que aunque no estaban previstas, suponían una oportunidad para dar a conocer tanto la tecnología como los resultados alcanzados en el proyecto. Así pues, la página web del proyecto se creó y se ha ido actualizando periódicamente y se ha utilizado como portal de enlace y escaparate de los logros alcanzados, objetivos cumplidos, etc. En este sentido, también se fueron editando folletos, carteles, presentaciones y otro material de difusión en el marco de esta acción con fundamento de difusión meramente.

A continuación, imágenes de algunos de los trípticos y folletos informativos utilizados en las diferentes acciones de difusión:



*Folletos informativos REMPHOS*



*Trípticos informativos del REMPHOS*

**Action E Monitorización y gestión de proyecto:** Lurederra ha realizado labores de gestión del proyecto de manera continua y constante a lo largo del proyecto, poniendo toda la información generada a lo largo de las acciones técnicas en conocimiento del consorcio, planificando y organizando las reuniones de seguimiento periódicas, así como solicitando y generando informes y documentación técnico-económica.



## ASPECTOS SIGNIFICATIVOS

### **PROBLEMÁTICA ABORDADA**

El fósforo es, junto con el nitrógeno, el compuesto inorgánico más importante para el control de la calidad de las aguas residuales. La mayor parte de los fosfatos tratados en depuradoras provienen de efluentes urbanos e industriales, principalmente fertilizantes, industria farmacéutica, excreciones humanas o animales y detergentes.

La consecuencia más relevante de la contaminación por parte de este nutriente es la eutrofización de las aguas. El crecimiento abusivo de algas provoca la desaparición de especies al disminuir la cantidad de oxígeno presente, lo que conlleva a un aumento de la demanda bioquímica de oxígeno (DBO). Esto crea problemas como la aparición de malos olores debido a la descomposición de productos vegetales y animales, modificación del color y apariencia general de las aguas y sobretodo la una disminución considerable de la diversidad biológica que afecta de manera negativa al desarrollo del ecosistema. Además de problemas de salud derivados del acumulo de fosfatos en las aguas destinadas a consumo humano.

Los países que presentan mayor concentración de fosfatos en la UE corresponden a Alemania, Reino Unido y muy seguidos a ellos Francia y España con concentraciones en muchos casos superior a 500µgP/l. Esto supone un problema ya que las concentraciones críticas para una eutrofización incipiente se encuentran entre 100-200µgP/l en agua corriente, y entre 5 y 10 µgP/L en aguas tranquilas.

En vista del peligro potencial para las aguas superficiales, la directiva EU91/271/CEE especifica una reducción mínima en un 80% de fosfatos en EDAR. Por tanto el objetivo de éstas debería ser minimizar lo máximo posible la concentración de fosfatos vertida maximizando el porcentaje de reducción.

### **BENEFICIOS A LARGO PLAZO**

#### **BENEFICIOS MEDIOAMBIENTALES- MEJORA DE LA CALIDAD DE LAS AGUAS**

Implementación del proceso REMPHOS para la eliminación de fosfatos en EDARs, empresas de tratamiento de superficies metálicas, sector agroalimentario, de manera que disminuye el vertido de este tipo de contaminantes y evita la eutrofización de las masas de agua.

#### **BENEFICIOS ECONÓMICOS**

La estrategia de mercado es dar a conocer los resultados del proceso REMPHOS entre los usuarios finales interesados tanto en la propia tecnología REMPHOS (EDARs, empresas del sector metalúrgico, etc.), en el subproducto precipitante (empresas que ofrecen productos y soluciones para la industria del agua) como en el producto final, fertilizante (empresas dedicadas a la agricultura, fabricantes de fertilizantes, entre otros).

#### **CUMPLIMIENTO NORMATIVAS**

El proyecto REMPHOS contribuye al cumplimiento y mejora de las directivas de aguas existentes:

- 2000/60/CE en la que se establece un marco para el ámbito de la política de aguas.
- 271/91/CE sobre la depuración de aguas residuales.