

Anammox® EDAR Terrassa, Internos Impresos en 3D y PM en una semana.

Autores/Authors: Javier Arrieta Morales (jefe Depto. I+D+i, Cadagua S.A. , jam@cadagua.es); Sara Gomez Rodriguez (jefa de Planta EDAR Terrassa. O&M, Cadagua S.A. sara.gomez@cadagua.es), Albert Legido Palacios (Gerente O&M Cataluña y Baleares, Cadagua, S.A., alegido@cadagua.es); Alejandro Díaz Salcedo (Coordinador O&M Cataluña y Baleares, Cadagua, S.A., adiaz@cadagua.es), Willie Driessen (Global Technology & product Manager, Paques., w.driessen@paquesglobal.com)

Keywords: ANAMMOX®, Nitritación parcial, fango granular, tratamiento de retornos, nitrógeno,

1.- Introducción

El proceso de Nitritación Parcial Anammox (PN/A) ANAMMOX® patente de Paques B.V. y suministrado en España por Cadagua S.A. es un proceso biológico One-Step de deamonificación para eliminar de forma sostenible el nitrógeno amoniacal en los efluentes de deshidratación de los fangos digeridos. En la actualidad disponemos de más de 70 referencias operativas con una capacidad total de eliminar más de 150 toneladas al día de nitrógeno.

La eliminación sostenible del nitrógeno en los retornos de digestión no es una necesidad únicamente derivada de los ahorros que conlleva. La nueva legislación europea de saneamiento reducirá de forma significativa los límites de nitrógeno y esto va a suponer un verdadero reto para muchas EDAR de más de 10.000 habitantes. Su obligado cumplimiento requerirá de ampliaciones, dosificación de fuentes externas de Carbono y mayores consumos energéticos, y sin duda la tecnología ANAMMOX® va a resultar clave para garantizar estos nuevos límites.

La Agencia Catalana del Agua (ACA) y Cadagua, han apostado una vez más por adelantarse a las próximas normativas, instalando su segundo reactor ANAMMOX®. En esta ocasión en la EDAR de Terrassa. El nuevo reactor dispone de unos novedosos clasificadores patentados de fango granular que han sido diseñados con tecnología CFD (Dinámica de Fluidos Computacional) y fabricados mediante impresión en 3D de grandes dimensiones. Este novedoso sistema confiere flexibilidad y una gran capacidad de retención de biomasa granular y a su vez asegura el lavado de la indeseada biomasa floculenta.

Finalmente, y gracias al elevado número de instalaciones operativas hemos sido capaces de sembrar el reactor con la biomasa granular suficiente para arrancar el reactor en menos de una semana. Tras la puesta en marcha el rendimiento ha cumplido todas las expectativas y la biomasa granular ha mostrado un crecimiento significativo.

2.- El reactor ANAMMOX® de la EDAR de Terrassa

En junio 2023 Cadagua instaló el segundo reactor ANAMMOX® en España en la EDAR de Terrassa perteneciente a la Agencia Catalana del Agua. El reactor instalado tiene un volumen útil de 200 m³ y trabajando con cargas volumétricas de diseño de 2 kg NH₄-N/m³/d puede tratar cargas de unos 400 kilos de nitrógeno al día. Cantidad equivalente a aproximadamente un 15% del nitrógeno que entra cada día a la depuradora.

La instalación ANAMMOX® de tratamiento de retornos se completa con un tanque de homogeneización y un decantador lamelar. Este último, ubicado entre la homogeneización y el reactor, es un elemento añadido de seguridad que tiene como objetivo evitar la entrada excesiva de sólidos al reactor.



Figura (1).- Vista aérea del tanque de homogeneización y reactor ANAMMOX®

Como se puede apreciar en la fotografía, para la instalación del reactor se aprovechó un depósito en hormigón existente. Precisamente las características del reactor ANAMMOX® nos permiten instalarlo en muy diversas geometrías, materiales y alturas, facilitando enormemente el aprovechamiento de estructuras existentes.



Figura (2).- Detalle de los separadores de fango anammox granular en el reactor ANAMMOX®

Sin duda los separadores de la biomasa granular son, junto con el sistema avanzado de control multiparamétrico el corazón de la instalación. Y en el caso de esta planta más aún ya que han sido fabricados mediante impresión en 3D en una de las mayores impresoras de 3D de Europa. Este método permite ejecutar unos internos complejos y especialmente diseñados para retener la biomasa granular y lavar la biomasa floculenta, en un plazo sensiblemente menor (en comparación a la construcción convencional) que permite acortar enormemente los plazos de implantación del sistema ANAMMOX® en su global hasta en cuatro meses.

Así mismo la instalación de dos unidades confiere mayor flexibilidad ya que se puede trabajar con cualquiera de ellos o con los dos de forma simultánea.



Figura (3).- Detalle de los separadores de fango anammox granular en el reactor ANAMMOX® impresos en 3D



Figura (4).- Detalle del decantador Astraseparator®

3.- Puesta en Marcha y Operación del reactor ANAMMOX de Terrassa

La alta velocidad de sedimentación de la biomasa granular permite su recolección por gravedad de forma sencilla. Por lo que la utilización de fango en exceso de otros ANAMMOX® reactores para inocular uno nuevo es una operación relativamente sencilla si se dispone de una red adecuada de instalaciones operativas como es el caso de Paques y Cadagua. Los gránulos se transportan pudiendo ajustar el volumen de siembra a una ratio de carga determinado. Y a medida que la biomasa va creciendo se almacena en el propio reactor para el arranque de nuevas instalaciones.

El tiempo necesario para la Puesta en Marcha va a depender de la cantidad de inóculo sembrado, pudiendo ser de más de un año si no se dispone de suficiente fango de siembra. En el caso de la EDAR de Terrassa se realizó una carga equivalente al 100% del fango necesario, de tal forma que la puesta en marcha se pudo concluir en menos de una semana.



Figura (5).- Detalles de los conos Imhoff y de los gránulos de biomasa del interior del reactor tras la siembra en Julio 2023

Es importante recalcar que el sistema de control del ANAMMOX® cuenta con cuatro lazos de control alternativos cuyo objetivo global no es otro que asegurar la máxima eficacia de tratamiento a la vez que proteger a la biomasa. Se miden de forma continua la temperatura, la conductividad, el pH, el Oxígeno disuelto, el Nitrógeno amoniacal y los nitritos, siendo los cuatro últimos parámetros los que gobernarán en cada momento la cantidad de aire necesaria para eliminar el nitrógeno dentro de los límites seguros.

Los siguientes gráficos muestran la evolución de los parámetros principales desde la puesta en marcha en Julio 2023 hasta diciembre 2023.

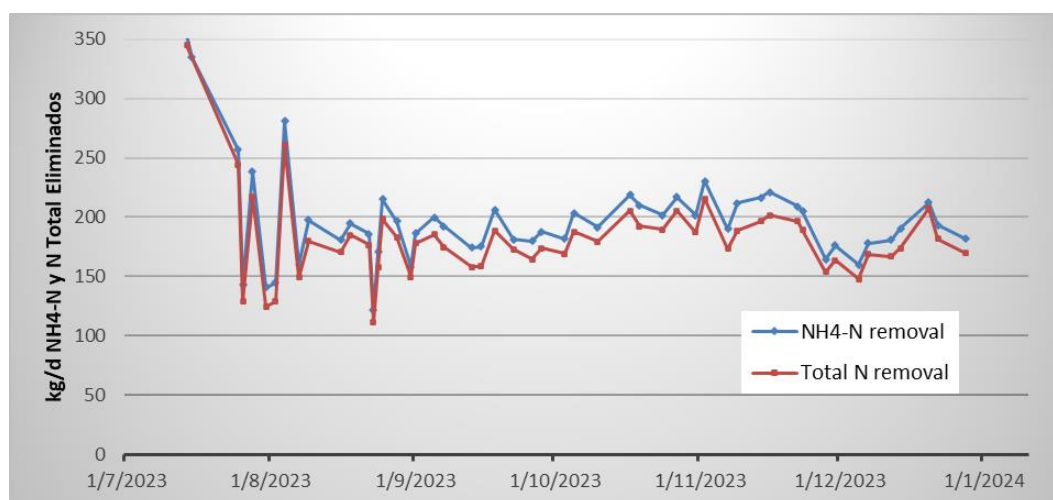


Gráfico (1).- Carga de Nitrógeno eliminada por día

En el gráfico N° 1 se muestra la consistente eliminación diaria de la carga de nitrógeno. Aproximadamente 200 kilos al día están siendo eliminados via Anammox. Lo cual supone un ahorro en DQO en la línea principal de la EDAR, necesario para incrementar el rendimiento del proceso convencional de desnitrificación.

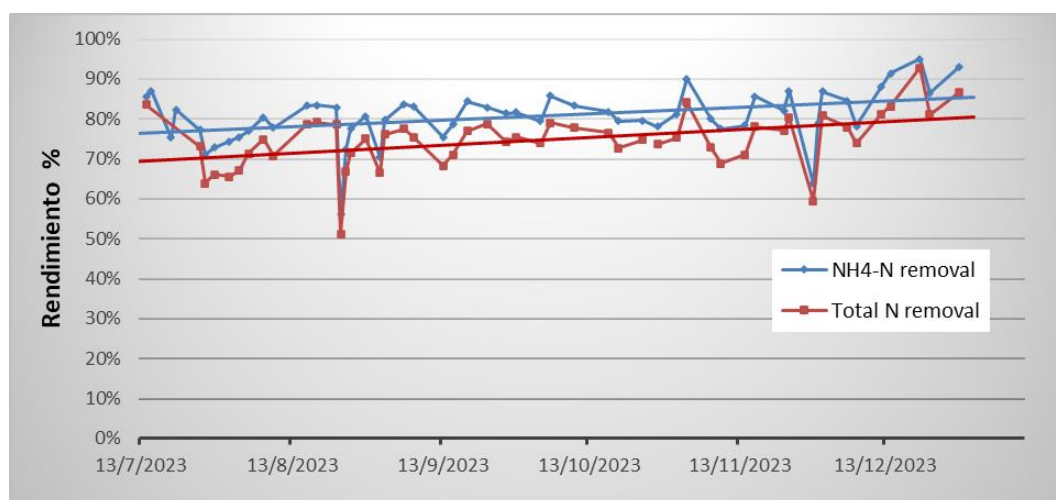


Gráfico (2).- Rendimiento de eliminación de Nitrógeno

En el gráfico N° 2 se plasma el rendimiento en Nitrógeno Total y Amoniacal, este último en el entorno actualmente al 85-90% y con una tendencia de incremento clara a medida que se van ajustando los parámetros del proceso, especialmente el aprovechamiento de la alcalinidad disponible.

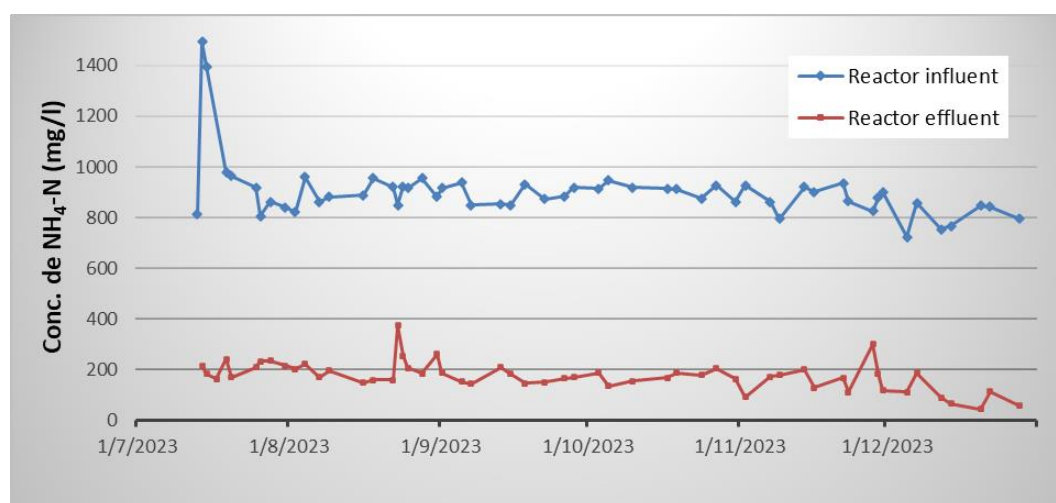


Gráfico (3).- Valores de Nitrógeno amoniacal en el Influyente y Efluente del reactor

El gráfico N° 3 nos muestra con más detalle la estabilidad del efluente con niveles de N amoniacal en la actualidad en el entorno a 150 mg/l . la línea de tendencia nos muestra como a lo largo de los meses los ajustes en el proceso se han traducido en valores menores de amonio, hasta alcanzar los actuales rendimientos superiores al 85%.

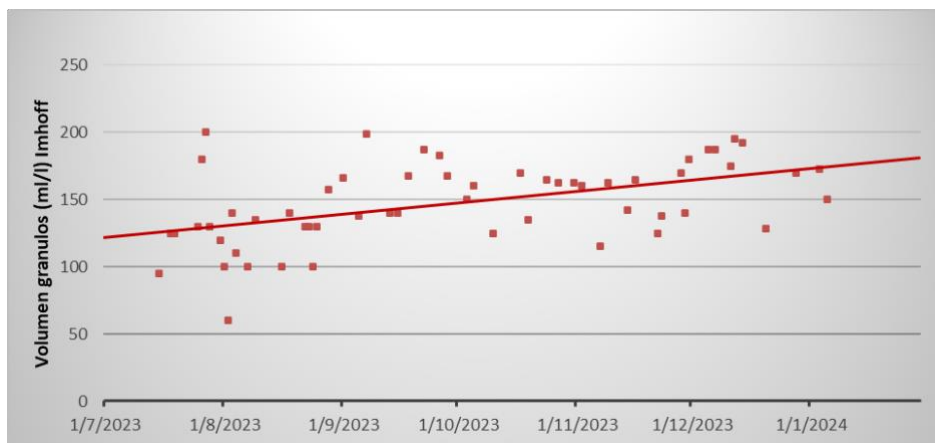


Gráfico (4).- Valores del volumen de sólidos contenidos en el reactor ANAMMOX®

El gráfico N° 4 es uno de los más relevantes ya que muestra el constante crecimiento de la biomasa granular medido en el volumen que ocupan dentro del reactor. El seguimiento diario del volumen de gránulos, así como de su tamaño y calidad es importante para evitar su deterioro y tomar medidas si fuera necesario.

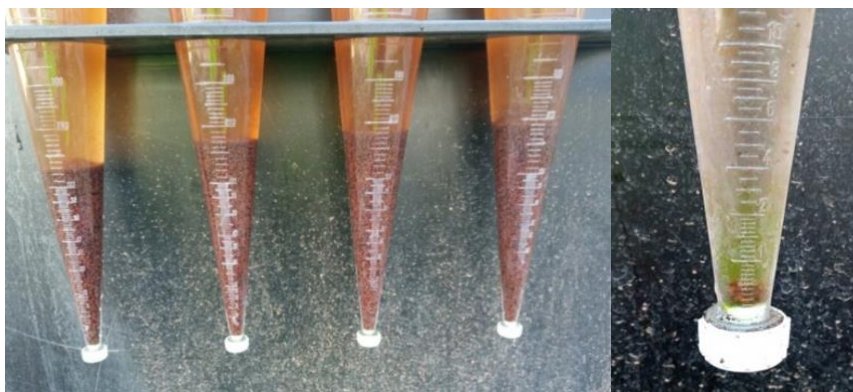


Figura (6).- Detalles del fango granular anammox en diciembre 2023 y del efluente del reactor en las mismas fechas

Como se puede apreciar en la figura 7, comparativamente con la figura 6, se constata un importante crecimiento del fango y se aprecia la consistencia del gránulo en tamaño y decantabilidad. Así mismo se verifica diariamente que el efluente del reactor esta clarificado sin perdida significativa de gránulos.

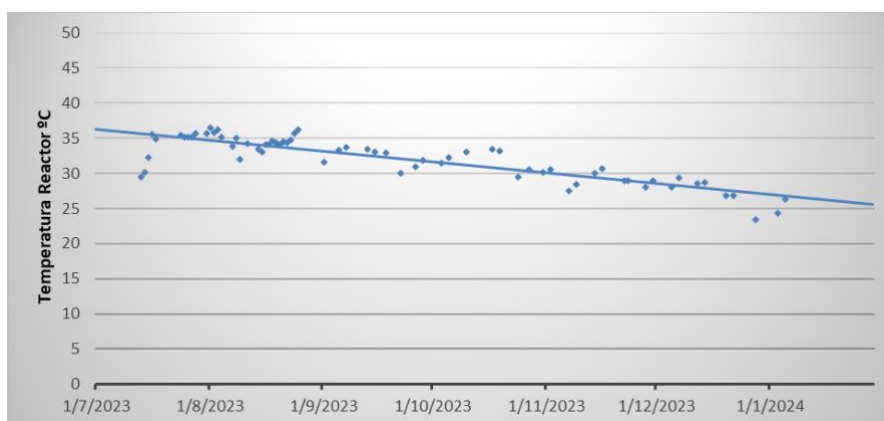


Gráfico (5).- Temperatura del reactor ANAMMOX®

El gráfico N° 5 muestra la paulatina reducción de la temperatura del reactor a medida que vamos entrando en el invierno. El proceso anammox tiene su máxima actividad en el rango mesófilico, siendo su óptimo en el entorno a 35°C. No obstante y como se puede observar en los gráficos de rendimiento mostrados con anterioridad, la disminución de la temperatura no ha afectado al rendimiento, que incluso ha aumentado. Esto se debe al crecimiento observado en la biomasa granular que compensa la posible disminución en la actividad metabólica.

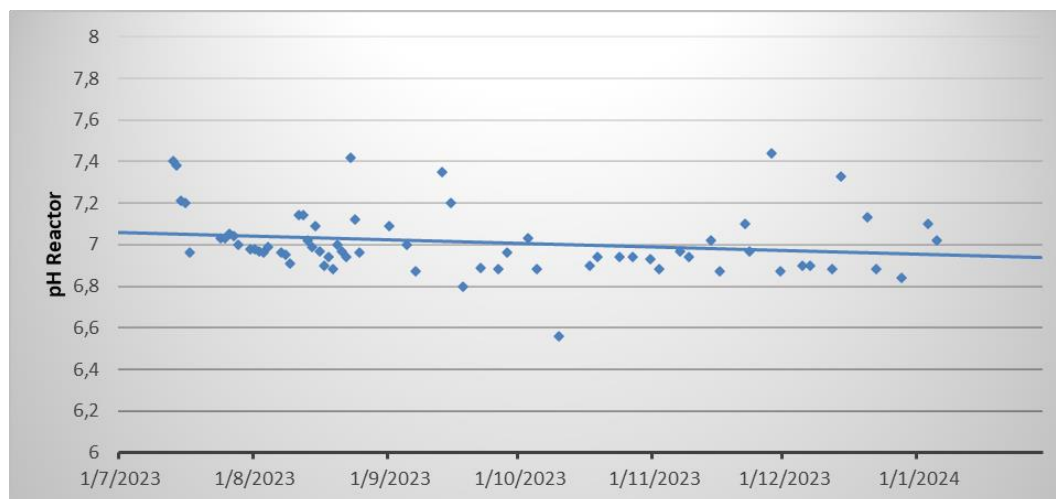


Gráfico (6).- Evolución del pH en el reactor ANAMMOX®

El pH es uno de los parámetros de control del proceso y su ajuste es importante al estar relacionado con el consumo de alcalinidad durante el proceso de deamonificación. La linea de tendencia nos muestra como desde la EDAR se ha ido ajustando a la baja este parámetro con el consiguiente incremento en los rendimientos. Siempre desde la seguridad que nos ofrece el robusto sistema de control automático multiparamétrico.

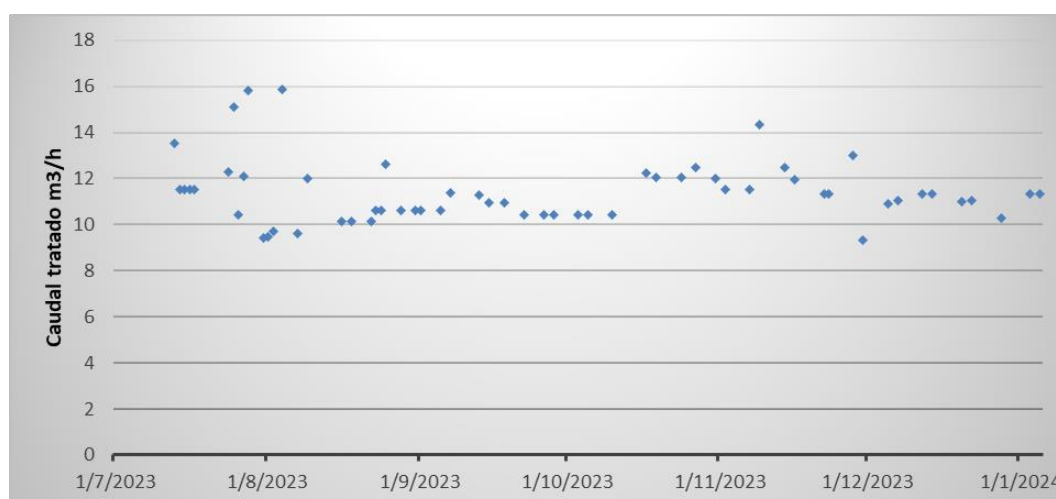


Gráfico (7).- Evolución del caudal de retornos tratado en el reactor ANAMMOX®

El Grafico 7 muestra el caudal tratado a lo largo de los meses en operación. De media se han tratado unos 12 m³/h equivalentes a un TRH de 16 horas en el reactor anammox.

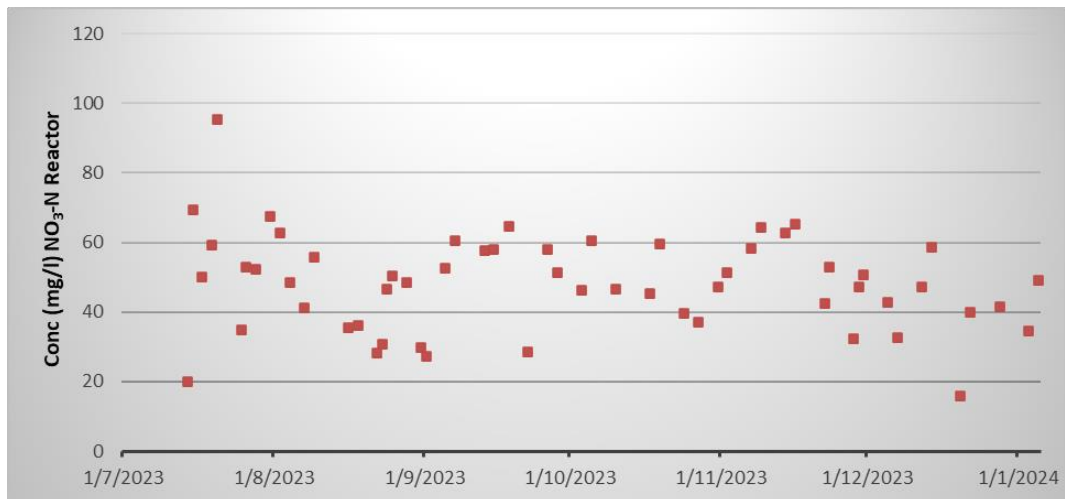


Gráfico (8).- Valores de Nitratos en el reactor medidos por sonda y analítica

El gráfico Nº 8 nos muestra como el metabolismo anammox es totalmente predominante en el reactor granular. La estequiometría del proceso de oxidación anaerobia del amonio genera aproximadamente un 11% de Nitratos. En nuestro caso estos valores se sitúan en unos 60 mg/l, equivalentes a aprox un 8% lo cual es totalmente normal al coexistir procesos de desnitrificación endógena. Mantener los nitratos bajos es fundamental y solo es posible con procesos que minimicen la biomasa floculenta donde tienden a crecer los organismos oxidadores de Nitritos NOB.

Así mismo el gráfico nos correlaciona los valores de la sonda con la analítica del laboratorio confirmando su validez.

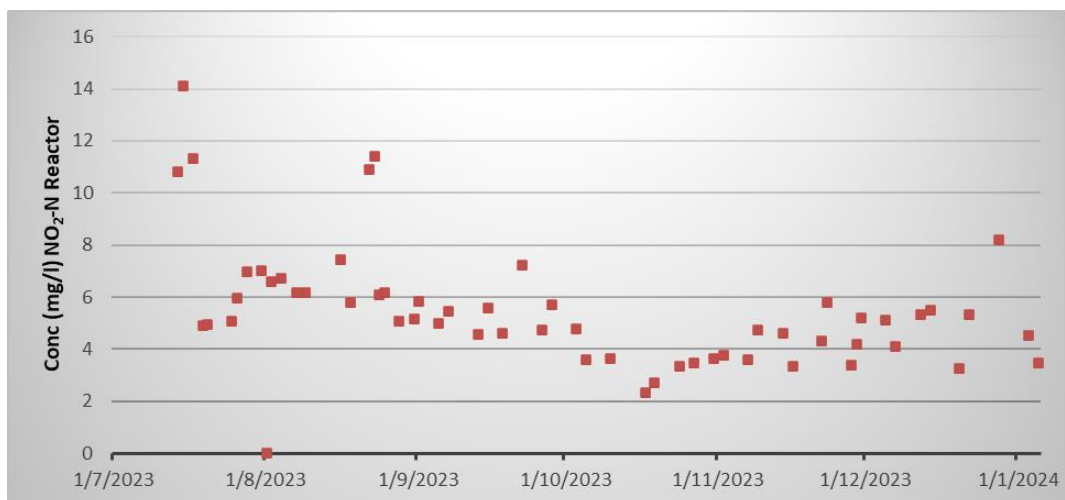


Gráfico (9).- Valores de Nitritos en el reactor medidos por sonda y analítica

Los muy bajos niveles de Nitritos mostrados en el gráfico 9 nos indican la salud y robustez del proceso y de la actividad anamoxizante. Los nitritos pueden ser inhibitorios en concentraciones elevadas y mantenerlos siempre en niveles inferiores a 20 mg/l, como se muestra en el gráfico, asegura la estabilidad y demuestra la buena actividad anammox.

4.- Conclusiones

El reactor ANAMMOX® de Terrassa se ha puesto en marcha en un tiempo récord gracias a la disponibilidad de fango de siembra granular y ha demostrado en los meses que lleva operando su robustez y fiabilidad.

Desde el año 2002 se han instalado más de 70 reactores ANAMMOX® con una capacidad total instalada superior a 150.000 kgN/d y en base a la experiencia acumulada en los últimos 20 años podemos concluir:

- La tecnología ANAMMOX® genera ahorros energéticos en el proceso de depuración y sobre todo, contribuye de forma significativa al cumplimiento de los parámetros de vertido cada vez más exigentes en materia de nutrientes.
- Se pueden alcanzar cargas máxicas consistentes de hasta 2,5kg NH₄-N/(m³·d)
- Se pueden mantener eficiencias de eliminación estables a largo plazo.
- El control de proceso avanzado multiparamétrico es imprescindible para asegurar la estabilidad y rendimientos elevados.

La tecnología PN/A ANAMMOX® ha demostrado caracterizarse por:

- La disponibilidad que tiene Paques y Cadagua de biomasa anammox granular facilita una rápida puesta en marcha de nuevas instalaciones ANAMMOX®
- Su avanzado diseño hidráulico de retención de gránulos mantiene el reactor libre de biomasa floculenta donde se desarrollan las bacterias oxidadoras de nitrato.
- Posee una alta resistencia contra compuestos inhibitorios como las altas concentraciones de nitritos.
- Las altas velocidades de sedimentación facilitan la retención de los gránulos en el reactor, a la vez que facilita su concentración y almacenamiento de la biomasa en exceso para arrancar nuevos reactores.

Agradecimientos

A la Agencia Catalana del Agua (ACA) por apostar una vez más por nuestra tecnología, a Paques BV por tantos años de relación y excelencia tecnológica y al equipo de Puesta en Marcha y Operación y Mantenimiento de Cadagua por su compromiso y entusiasmo.

Referencias

- 1.- Driessen, W., Hendrickx, T. (2021) Two Decades of Experience with the Granular Sludge Based ANAMMOX® Process Treating Municipal and Industrial Effluents. *Processes* 2021, 9(7), 1207. <https://doi.org/10.3390/pr9071207>, 15p.
- 2.- Arrieta, J., Driessen, W.J.B.M., Palomo, J. Martinez, J.. (2023) ANAMMOX®, Eliminación Sostenible de Nitrógeno. *RETEMA* Nº 244 Enero/Febrero 2023 88-95
- 3.- Arrieta Morales, J., Driessen, W., Polomo Tardío, J., Martínez Revaliente, J. (2023) ANAMMOX®, Eliminación sostenible de nitrógeno. Primer reactor en España en la EDAR de Rubí. *Revista Técnica de Medio Ambiente - RETEMA* Enero/Febrero 2023. p 21-27.
<https://www.aguasresiduales.info/descargar/revista/articulos/VJSyPIebOkV4VWXYI2tJTNeNfOTZRBSUwt.pdf>