



Optimización energética de plantas de depuración compactas de fangos activos para pequeñas comunidades (100-700 he)

Daniel Ustrell García técnico del Departamento de Aguas de Serveis Integrals de Manteniment Rubatec

Paula Aguirre Morales jefa del Departamento de Aguas de Serveis Integrals de Manteniment Rubatec

Miriam Subirà Rivas jefa de planta de las EDAR de Vilamitjana y Tremp de Serveis Integrals de Manteniment Rubatec

Germán Ramírez González técnico responsable de la zona de Pallars del Departamento de Explotación de Sistemas de Saneamiento de la Agencia Catalana del Agua (ACA)

Jordi Robusté Cartró jefe de Unidad Oeste del Departamento de Explotación de Sistemas de Saneamiento de la Agencia Catalana del Agua (ACA)

Actualmente, las estaciones depuradoras de aguas residuales compactas (EDARC) se están implantando como solución para depurar las aguas residuales de pequeñas comunidades, ya que ocupan poco espacio y resultan de un fácil mantenimiento. No obstante, la principal desventaja de esta tecnología son sus altos ratios energéticos, como consecuencia de tratar caudales pequeños y necesitar para ello de equipos altamente consumidores de energía. Rubatec ha realizado mejoras en el sistema de control de proceso de estos sistemas de depuración, consiguiendo un 51% de reducción del consumo eléctrico, obteniendo la misma calidad del efluente, e incluso mejorándola, y con un caudal prácticamente constante durante el proceso de optimización. En el contexto geográfico, estas mejoras se han implantado en 16 plantas ubicadas en las comarcas del Pallars Sobirà y Pallars Jussà (Lleida). En relación al ratio kWh/m³, se ha producido una reducción desde el inicio del estudio partiendo de 1,37 kWh/m³ hasta llegar a 0,77 kWh/m³ (valores promedios). El método consistió en la implantación de un nuevo software programable que se adapta a cada una de las EDARC y que permite controlar la aireación, de modo que se pudo regular el número de ciclos del proceso y, al mismo tiempo, reducir el número de horas de aireación, pudiendo adaptar este valor a la demanda de oxígeno derivada de la carga orgánica de cada afluente en particular. De esta forma, se ha conseguido reducir significativamente el consumo energético de las EDARC.

Palabras clave

Estación depuradora de agua residual compacta, optimización energética, consumo energético, ratios, carga orgánica, control de proceso, aireación.

Energy optimization of compact wastewater treatment plant based on activated sludge used in small communities (100-700 pop-eq)

Nowadays, compact wastewater treatment plants (CWWTP) are being implemented as a solution for treating waste water in small communities due to its small dimensions and its easy maintenance requirement. However, the main disadvantage of CWWTP technology is the high energetic ratios demand due to small flows treatment. Rubatec has improved the energy saving of these control systems reducing energy consumption until 51%. This reduction has been achieved getting the same, or even better effluent quality with almost constant flow during optimization process. In geographical context, these improvements have been implemented in 16 plants located in Pallars Sobirà and Pallars Jussà (Lleida) regions. Regarding to kWh/m³ ratio, there has been a reduction from 1.37 kWh/m³ at baseline starting to 0.77 kWh/m³, in average values. The method involved the introduction of a new programmable software to suit each EDARC and allowed the aeration control, so that it could regulate the number of cycles of the process. At the same time, the number of aeration hours were reduced, providing possibility to adapt this value to the oxygen demand derived from the organic matter of each affluent. Thus, it has been possible to significantly reduce the energy consumption of CWWTP.

Keywords

Compact wastewater treatment plant, energy optimization, energy consumption, organic matter, process control, aeration.



1. Introducción

Las estaciones depuradoras de aguas residuales compactas (EDARC) son estaciones depuradoras de aguas residuales (EDAR) que se usan normalmente para pequeñas comunidades (100-700 habitantes equivalentes -he-). Una EDARC consta de un reactor tipo (*sequencing batch reactor*, SBR), que funciona por etapas secuenciales en el tiempo. En la **Figura 1** se muestra un esquema gráfico de las partes básicas de una EDARC.

Comúnmente, una EDARC consta de un pretratamiento, que suele ser una reja fija y/o un tamiz automático (de tornillo vertical, rototamiz, etc.), gobernado por un tiempo de funcionamiento o por sensores de nivel. En el pretratamiento se eliminan los sólidos de mayor tamaño que se encuentran en las aguas residuales.

Una vez el agua residual ha atravesado el tamiz, y los sólidos de mayor tamaño han sido retenidos en el pre-tratamiento, el agua pasa al depósito-reactor, donde se producen los distintos procesos biológicos que harán posible la depuración del agua. El depósito-reactor se compone de distintos elementos. En primer lugar, y uno de los más importantes, el aireador, que en este caso es un equipo sumergible que actúa por efecto venturi. Este elemento es el encargado de suministrar el oxígeno necesario para que las bacterias heterótrofas aeróbicas puedan metabolizar la materia orgánica disuelta en el agua. Al mismo tiempo, el oxígeno suministrado por los aireadores también sirve para la eliminación del nitrógeno orgánico y amoniacal y garantizar así una buena calidad del efluente. En el depósito-reactor también se decanta el fango producido durante la metabolización de la materia orgánica, que periódicamente se retira. Por último, está el sistema

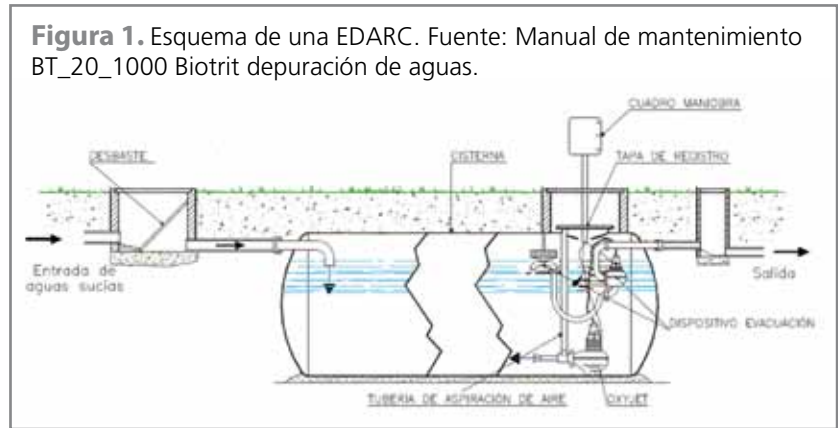


Figura 1. Esquema de una EDARC. Fuente: Manual de mantenimiento BT_20_1000 Biotrit depuración de aguas.

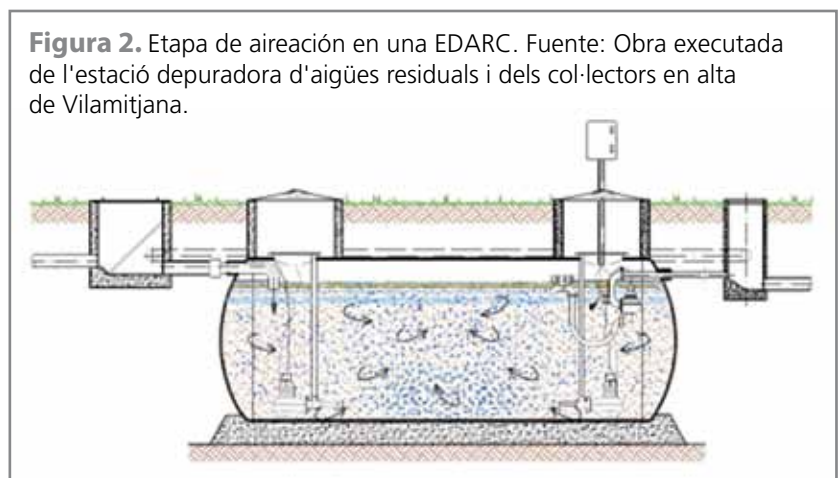


Figura 2. Etapa de aireación en una EDARC. Fuente: Obra ejecutada de l'estació depuradora d'aigües residuals i dels col·lectors en alta de Vilamitjana.

de evacuación del agua depurada mediante bombas, que normalmente está gobernado por sensores de nivel y/o tiempo.

Dentro del depósito-reactor se produce la mayoría de los procesos biológicos y físicos de la depuración de las aguas residuales domésticas. Este proceso se compone de 3 etapas bien diferenciadas y consecutivas en el tiempo: aireación, decantación y evacuación del agua:

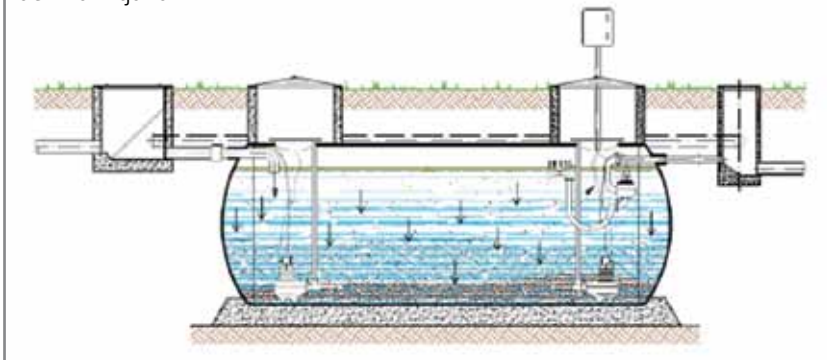
- Aireación. En esta etapa, durante la cual el reactor se comporta como una cámara de oxidación y homogeneización, los aireadores suministran oxígeno durante un tiempo determinado y prefijado. Este hecho permitirá aumentar la concentración de oxígeno disuelto en el agua y hará que las bacterias heterótrofas aeróbicas metabolicen la materia orgánica di-

suelta en el agua. Al mismo tiempo, las bacterias autótrofas aeróbicas encargadas de la nitrificación metabolizarán el amonio convirtiéndolo en nitrato (**Figura 2**).

- Decantación. En esta etapa, que empieza una vez ha finalizado el tiempo de aireación, se produce la decantación de los sólidos en suspensión del licor mixto (SSLM), permitiendo la separación de fases: fangos-agua clarificada-flotantes. Cuando la concentración de SSLM excede de un cierto valor, diferente según el proceso y características de cada planta, se deben retirar los fangos en exceso (**Figura 3**).

- Evacuación del agua. En esta tercera y última etapa, el agua ya depurada se evacua de la EDARC mediante una bomba. Esta bomba está equipada con un flotador, el cual permite situar el punto de as-

Figura 3. Etapa de decantación de una EDARC. Fuente: Obra ejecutada de l'estació depuradora d'aigües residuals i dels col·lectors en alta de Vilamitjana.



piración en el punto adecuado, es decir, debajo de la fase de grasas y/o flotantes que se encuentran en superficie. La duración de la etapa de evacuación viene determinada por un sensor de nivel (boya) o bien por un tiempo prefijado por consig-

na. Una vez termina la evacuación, dará comienzo un nuevo ciclo, con la etapa de aireación.

Actualmente, la eficiencia energética es un concepto muy ligado a cualquier proceso industrial, como es

la depuración de aguas. Permite conocer y optimizar el consumo energético, favoreciendo la reducción del consumo de energía, y reducir el impacto medioambiental al mismo tiempo. Por lo tanto, es una gran herramienta que afecta a dos grandes ejes, el económico y el ambiental.

El consumo energético varía de una instalación a otra, dependiendo de factores como el tamaño de la instalación, el tipo de procesos, las etapas de tratamiento y la carga influente (Morenilla y col., 2007). El control de proceso en las EDARC se basa en un programa muy rígido que únicamente permite cambios limitados en el control, de modo que no se ajusta a las características del agua de entrada y, por tanto, no permite optimizar el consumo ener-

Tabla 1. Características de las EDARC incluidas en el estudio.

EDAR	Bombeo		Tipo (he)	Volumen depósito-reactor (m ³)	Nº oxijets aeración Potencia: 2,0 - 2,5 kW
	Interno	Externo			
Allins	No	No	Biotrit 600/200	141,3	4
Altron	No	No	Biotrit 250/200	63,6	2
Àreu	No	No	Biotrit 600/200	141,3	4
Escaló	No	1	Biotrit 400	-	2
Figuerola d'Orcau	2	No	Biotrit 350/200	93,3	2
Gerrí de la sal	No	2	Biotrit BT 700	173,1	4
Guàrdia de Noguera	No	No	Biotrit 500/200	127,2	3
Les Esglésies	No	No	Biotrit STL-150	43,82	1
Llessui	No	No	Biotrit 600/200	141,3	4
Pobleta de Bellveí	1	No	Biotrit 500/200	127,2	3
Roní	No	No	Biotrit 600	141,3	4
Saurí	No	No	Biotrit 75/200	37,46	2
Senterada	No	1	Biotrit 500/200	127,2	3
Vilamitjana	No	No	Biotrit 500/200	127,2	3
Tírvia	No	2	Biotrit 600	141,3	4
Xerallo	No	No	Biotrit 350 STL	94,71	2



gético. Por ejemplo, el programa de control de proceso actual solo admite pequeñas modificaciones en las horas de funcionamiento de los aireadores, encargados de suministrar el oxígeno para la metabolización de la materia orgánica. La aireación, en la mayoría de los procesos de depuración de aguas, es la etapa que más energía consume, situándose su valor entre el 50-70% del consumo total energético, el cual depende de la carga a tratar, del tamaño de la planta, de las características del efluente, de la tipología de tratamiento y del grado de recuperación energética de la planta (Ian Trillo y col., 2009). El hecho de no poder controlarla de forma más precisa ocasiona una mala optimización energética. Por lo tanto, un problema importante de los actuales sistemas de control de proceso de las EDARC es la rigidez del sistema del control. Una solución propuesta por Rubatec es el cambio del sistema de control. En el presente artículo se pretende exponer cómo se ha llevado a cabo este cambio y los resultados obtenidos.

2. Objetivos

El principal objetivo de este trabajo es explicar la implantación de la mejora que Rubatec ha llevado a cabo en el sistema de control de proceso de las EDARC, sistemas generalmente usados para pequeñas comunidades, pero con ratios elevados debido a que tratan pequeños caudales. En este trabajo se recogen las actua-

ciones y los resultados obtenidos de la implantación de un software de control que se adapta a la peculiaridad de cada sistema, siendo la flexibilidad y la sencillez de uso sus principales características. La reprogramación de todos los relés con el nuevo programa ha permitido reducir los consumos eléctricos y, por tanto, obtener ratios menores y optimizar energéticamente las instalaciones. Destacar que la calidad del agua depurada a lo largo del estudio cumplió en todo momento con los parámetros de vertido, siendo este el principal objetivo de Rubatec.

3. Instalaciones, sistema y caracterización del agua

Las EDARC objeto de este artículo son EDARC compactas y de tamaño reducido. El estudio sobre la optimización energética de este tipo de estaciones depuradoras se realizó en 16 EDARC con distintas características (volumen, número de aireadores, número de bombes...), correspondientes a distintos municipios ubicados en las comarcas del Pallars Sobirà y Pallars Jussà, en el noroeste de Cataluña. Estas EDARC tratan un bajo caudal en comparación con las EDARC convencionales.

En la **Tabla 1** se presentan las distintas peculiaridades de las EDARC incluidas en este estudio. En ella se especifica el volumen de cada EDARC, el número de aireadores, el número de bombes y el municipio al que asisten.

En la **Tabla 2** se muestran los valores medios y valores máximos del afluente tratado en todos los sistemas EDARC estudiados

4. Plan de trabajo, muestras y métodos

El plan de trabajo consistió en 3 fases.

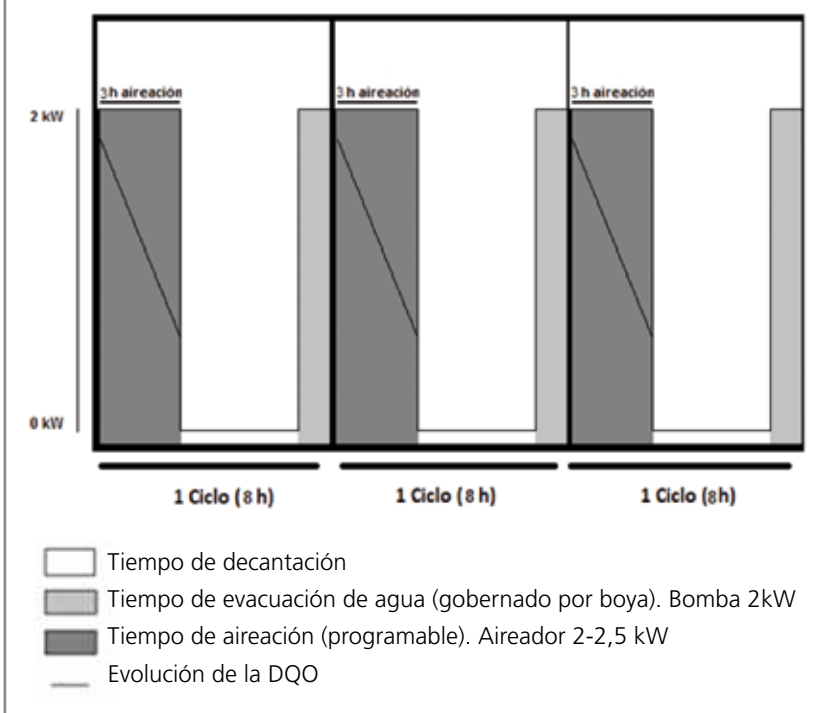
La fase inicial se basó en trabajar con el control de proceso que el fabricante de la EDARC incluía de serie, con el que no se tenía un control óptimo del proceso. Este primer control consistía en un relé programable en el que se definía un número fijo de 3 ciclos diarios, de 8 horas de duración, en el cual solo se podían escoger 3 opciones en relación al número de horas de aireación de cada ciclo: 50% (3 horas), 75% (4,5 horas) o 100% (6 horas). Cada ciclo está compuesto por 3 etapas: aireación, decantación y evacuación. En la primera fase, la duración de cada ciclo era invariable, estaba fijado en 8 horas cada ciclo, de manera que se producían 3 ciclos al día. Esta elección no permitía bajar de 9 h (3 ciclos, 3 horas por ciclo, como mínimo) de aireación al día. Este número de horas, en la mayoría de los casos, era superior a la demanda de oxígeno necesaria para la degradación de la materia orgánica. Por tanto, era conveniente cambiar el sistema de control para una buena optimización del proceso, y poder reducir el número de horas de aireación. La primera fase permaneció vigente desde el inicio de la explotación (octubre 2012) hasta el primer trimestre 2013.

En la **Figura 4** se muestra la distribución de horas de funcionamiento de la fase inicial. Cada ciclo presentaba una duración de 8 horas junto con un funcionamiento de los aireadores de 3 horas. Esta configuración es la que proporcionaba el menor número de horas de funcionamiento de los aireadores en la fase inicial.

Tabla 2. Caracterización del afluente tratado.

Característica	Rangos	Nº de muestras
Caudal	8-300 m ³ /día	576
DQO	16-2.609 mg O ₂ /l	576
Nitrógeno total	8-99 mg N/l	576
Sólidos en suspensión	12-490 mg/l	576

Figura 4. Evolución de ciclos de una EDARC antes de mejorar el control de proceso.



La segunda fase se implantó durante el primer trimestre de 2013 y consistió en flexibilizar el control de proceso de las distintas EDARC. Para lograr esta mejora se instalaron unos relojes de doble esfera, como el que se muestra en la **Figura 5**. Estos dispositivos permitieron fijar el número de horas de aireación de cada ciclo. De este modo, se podían indicar cuantos ciclos se realizarían durante un día o, lo que es lo mismo, se podía fijar el tiempo de duración de cada ciclo. Con este cambio en el control del proceso se consiguió reducir el número de horas de aireación al día, adaptándolos a la demanda de oxígeno, reduciendo así el consumo energético. Por tanto, en esta fase el sistema tenía un control semiautomático.

La tercera fase se implantó durante el primer trimestre de 2014 y consistió en automatizar la segunda fase. Para conseguirlo, se sustituyó el reloj de doble esfera por el relé programable de la fase inicial, tipo Mitsubishi

programable de la serie Alpha, al que se reprogramó un nuevo software permitiendo el mismo control que en la segunda fase, pero con un método más robusto y más sencillo de manejar. En la mayoría de los casos, el software del fabricante que tenían programados los relés era un programa cerrado, es decir, no permitía cambios (aparte de ser rígido en selección de tiempo de ciclos como se explicó antes) y, por otra parte, no



Figura 5. Reloj de doble esfera, usado en la implantación de la segunda fase.

era el mismo en todas las planta. Por tanto, se tuvo que diseñar un nuevo software patrón que permitiera tener un control flexible, para poder adaptarse a las diferentes características de cada EDARC (por ejemplo, número de aireadores, equipos, bombas, etc.). Con toda esta información se pudo implantar la tercera fase. Al instaurar la tercera fase, también se instaló un segundo relé programable que permite determinar el tiempo de funcionamiento del tamiz y disponer de alarmas de aviso en distintos casos de emergencia, como avería o parada de equipos. El relé programable inicial, del cual disponía cada planta y que se reprogramó, se muestra en la **Figura 6**. Destacar que el programa actual, aparte de ser flexible, está totalmente abierto a modificaciones. En este sentido, se está estudiando la cuarta fase de optimización que es la telegestión de las 16 EDARC desde una central, lo que permitirá un control más ágil.

En la **Figura 7** se muestra de forma gráfica un posible ejemplo de la distribución del nuevo sistema de control, donde se aprecia que, a diferencia del de la **Figura 4**, el número

Figura 6. Relé programable usado en la tercera fase, tipo Mitsubishi programable de la serie Alpha.

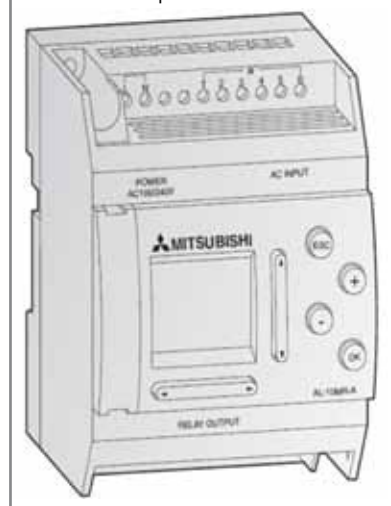
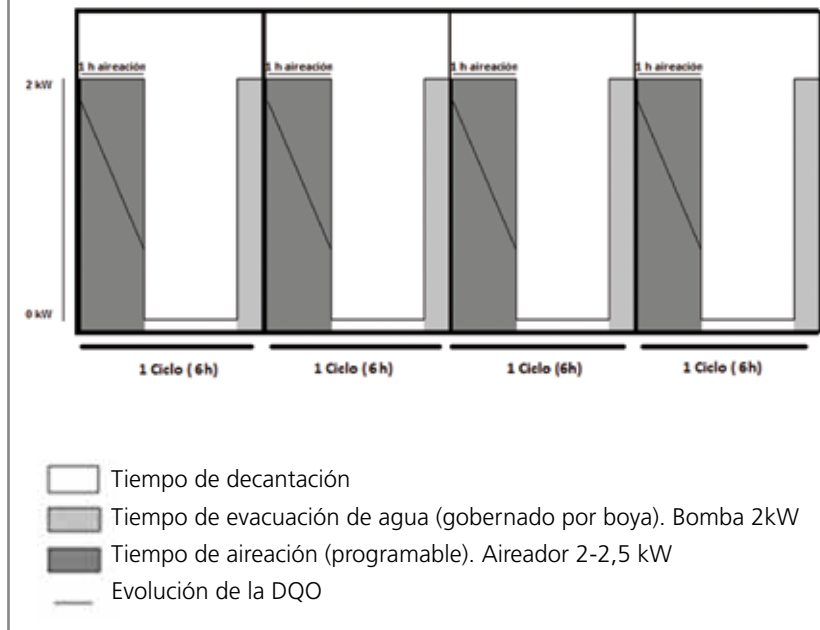




Figura 7. Ejemplo de la evolución de los ciclos después de la mejora del control de proceso.



mero de ciclos aumenta y el número de horas de aireación en cada ciclo disminuye, pasando de 9 horas de aireación en el primer caso a 4 horas de aireación en el segundo.

Mensualmente, se analizaron los siguientes parámetros a la salida de las EDARC: DQO, DBO, SST, NKT y nitrógeno total. El caudal y el consumo energético se registraron diariamente. Los análisis se llevaron a cabo en un laboratorio externo homologado y en laboratorio interno, y las metodologías aplicadas para la determinación de los parámetros fueron según Standard Methods. A partir de estos datos, se calcularon los ratios medios y se obtuvieron conclusiones de la implantación del nuevo software de control en el consumo energético y en la calidad del efluente.

Tabla 3. Caudal medio tratado de las EDARC y consumo eléctrico medio.

EDAR	2011		2013		2014	
	Caudal (m ³ /d)	Consumo (kWh/d)	Caudal (m ³ /d)	Consumo (kWh/d)	Caudal (m ³ /d)	Consumo (kWh/d)
Allins	121	95	158	53	126	21
Altron	34	56	32	29	24	23
Àreu	155	90	192	68	141	23
Escaló	s/d	s/d	57	47	62	43
Figuerola d'Orcau	61	60	80	40	54	39
Gerri de la sal	27	91	27	40	21	53
Guàrdia de Noguera	30	77	33	43	27	59
Les Esglésies	38	34	34	24	19	15
Llessui	115	80	148	40	155	19
Pobleta de Bellveí	65	81	75	64	63	74
Roní	s/d	s/d	52	46	76	15
Saurí	22	48	53	49	67	22
Senterada	s/d	s/d	202	52	119	48
Vilamitjana	137	96	141	38	119	22
Tírvia	s/d	s/d	69	60	55	55
Xerallo	34	26	24	14	22	14

5. Resultados y discusión

Para poder discutir sobre los resultados obtenidos en la aplicación del nuevo software de control de proceso, se han establecido tres aspectos y/o parámetros de análisis: ratio energético, caudal tratado y calidad del agua de salida (DQO, SST, nitrógeno total). De cada EDARC incluida en el estudio, se han calculado los valores medios de todos los parámetros anteriormente mencionados, y se ha establecido una comparativa de los resultados obtenidos para los años 2011, 2013 y 2014, que corresponden a la implantación de las tres fases respectivamente. Aclarar que los resultados obtenidos para el año 2011 se basan en datos facilitados en el pliego de prescripciones técnicas particulares del concurso de explotación y que no se han tenido en cuenta los datos del año 2012 para el estudio, ya que la explotación se inició en octubre y, por tanto, únicamente se cuenta con datos de 3 meses. Los resultados de los años 2013 y 2014 sí que se corresponden al actual periodo de explotación, llevado a cabo por la empresa Rubatec.

En la **Tabla 3** se muestran los caudales medios anuales tratados en cada EDARC, así como los consumos eléctricos medios, correspondientes a 2011, 2013 y 2014, años de implantación de cada fase del estudio:

En la **Figura 8** se muestra la evolución del ratio energético kWh/m³ frente al caudal y en la **Figura 9** se muestra la evolución del ratio energético kWh/m³ frente a la energía activa consumida. En ambas figuras se puede observar la evolución de dichos parámetros en las distintas fases: 2011, fase inicial, 2013 segunda fase y 2014 tercera fase.

Desde la primera fase (2011) hasta la implantación de la tercera fase (2014), el ratio energético ha disminuido un 44%, pasando de un pro-

Figura 8. Evolución del ratio kWh/m³ frente al caudal m³/día.

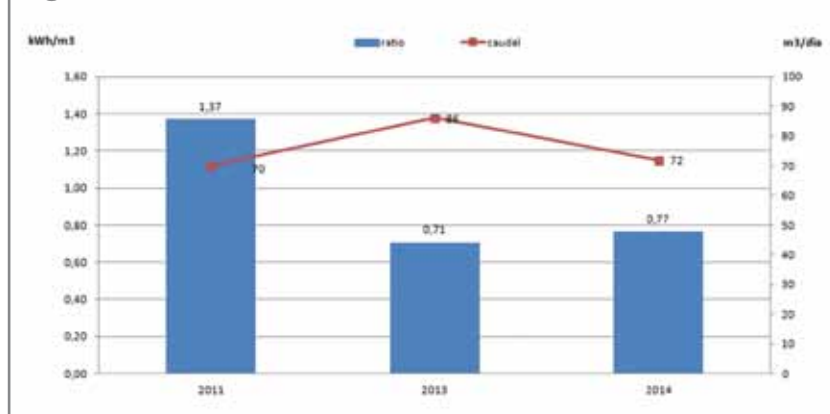


Figura 9. Evolución del ratio kWh/m³ frente a la energía activa consumida kWh/día.



medio de 1,37 kWh/m³ hasta 0,77 kWh/m³. Esta disminución es debida principalmente al decremento del consumo de energía activa, el cual ha pasado de 70 kWh/día en 2011 hasta 34 kWh/día en 2014. El descenso de la energía activa representa un 51% respecto del primer año. Es importante remarcar que el caudal medio se ha mantenido prácticamente constante, pasando de 70 m³/día en 2011 a 72 m³/día en 2014, lo que representa un aumento del 3%. Por tanto, el principal motivo del descenso del consumo y del ratio energético tiene su origen en el cambio del sistema de control de proceso.

En la **Figura 9** se puede apreciar que es en la implantación de la segunda fase donde se consigue una mayor reducción del consumo de la energía activa, pasando de 70 kWh/

día en 2011 a 44 kWh/día en 2013, hecho que representa un ahorro del 37%. Es en esta segunda fase donde se cambia el sistema de control del proceso, pudiéndolo adaptar a las necesidades del sistema.

Así mismo, en la implantación de la tercera fase, la disminución del consumo de energía activa no ha sido tan considerable como en el primer caso, ya que en 2013 se consumían 44 kWh/día y en 2014 se rebajó hasta 34 kWh/día, hecho que representa un ahorro del 23%. En este caso, el sistema de control ya fue modificado y la innovación consistió en la reprogramación del relé inicial consiguiendo flexibilizarlo. De este modo se pudo realizar un control más robusto que permitía, además de programar el número de ciclos y el tiempo de aireación, regular el tiem-


Tabla 4. Carga orgánica de las EDARC (kg DQO/día).

EDAR	2011	2013	2014
Allins	17,1	21,5	8,4
Altron	12,3	9,1	7,8
Àreu	15,3	27,4	7,9
Escaló	s/d	11,9	21,1
Figuerola d'Orcau	15,7	12,0	6,8
Gerri de la sal	9,2	7,2	2,8
Guàrdia de Noguera	41,1	31,6	28,1
Les Esglésies	8,4	3,0	1,4
Llessui	10,7	6,5	4,7
Pobleta de Bellveí	38,7	16,1	17,9
Roní	s/d	1,1	2,6
Saurí	3,1	15,6	6,9
Senterada	s/d	11,4	6,9
Vilamitjana	10,3	9,8	7,1
Tírvia	s/d	15,7	12,5
Xerallo	2,4	1,9	1,5

po de funcionamiento del tamiz, así como proporcionar la posibilidad de enviar mensajes de avería vía móvil a los operarios encargados del mantenimiento de la estación depuradora.

En la **Tabla 4** se muestra la evolución del promedio de la carga orgánica del afluente de cada EDARC, expresada en kg DQO/día, de los años 2011, 2013 y 2014, correspondientes a la implantación de las tres fases, respectivamente.

Los datos reflejan una evolución variable de este parámetro en cada EDARC respecto a los distintos años, aunque la tendencia muestra una disminución de la carga orgánica a tratar. Este hecho podría explicarse en parte por la meteorología específica de los años estudiados y, más concretamente, por las precipitaciones. Consultados los respectivos

boletines climáticos anuales, publicados por el Servei Meteorològic de Catalunya, se constata que el año 2011 fue calificado como seco en la mitad oeste de Cataluña, mientras que los años 2013 y 2014 fueron considerados como lluviosos, sobre todo en el pirineo occidental, don-

de están ubicadas la mayoría de las instalaciones objeto de estudio. El aumento de precipitaciones en la zona respecto de la media climática habría provocado el incremento del caudal recepcionado en las EDARC y a su vez una dilución de la carga orgánica del afluente.

Cabe destacar que los datos mostrados en la **Tabla 4** son promedios anuales. Si se analizan datos de carga mensuales, se observa una gran variabilidad, fruto de la estacionalidad inherente a los núcleos asistidos por estas depuradoras. Así, mientras en invierno la población es reducida, en verano o períodos vacacionales aumenta considerablemente, llegando a duplicarse.

La gran variabilidad de la carga orgánica justifica, de forma clara, el acierto de la implantación de un nuevo sistema de control, ya que si no se hubiesen podido ajustar las horas de aireación a las demandas de oxígeno de cada afluente, se airearía muy por encima de las necesidades y, por lo tanto, se estarían desperdiciando kWh.

Los resultados que se presentan a continuación hacen referencia a la evolución de la calidad del efluente a lo largo del estudio.

En la **Figura 10** se observa la evolución de la DQO a la salida de las EDARC en la implantación de las dis-



Figura 11. Evolución del rendimiento de eliminación del nitrógeno total frente la concentración de nitrógeno total en el efluente.

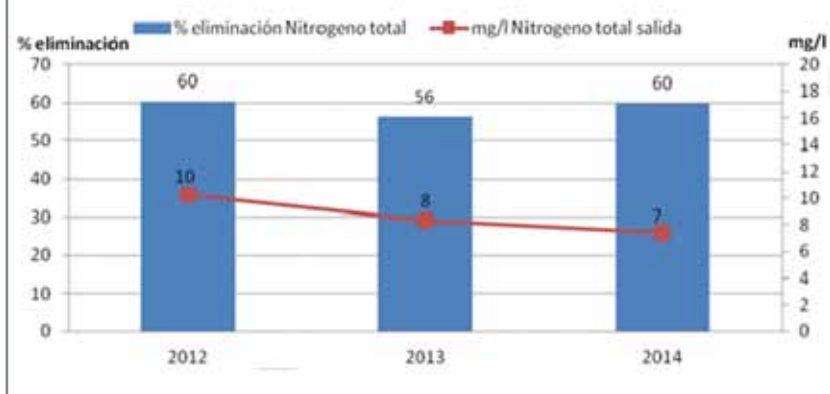


Figura 12. Evolución de los nitratos en el efluente.

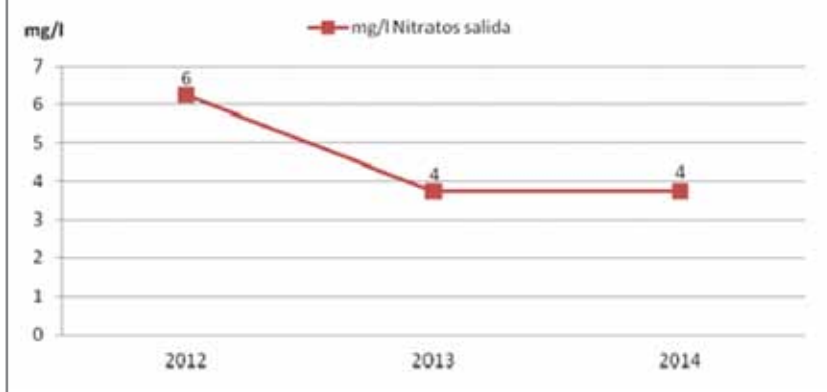
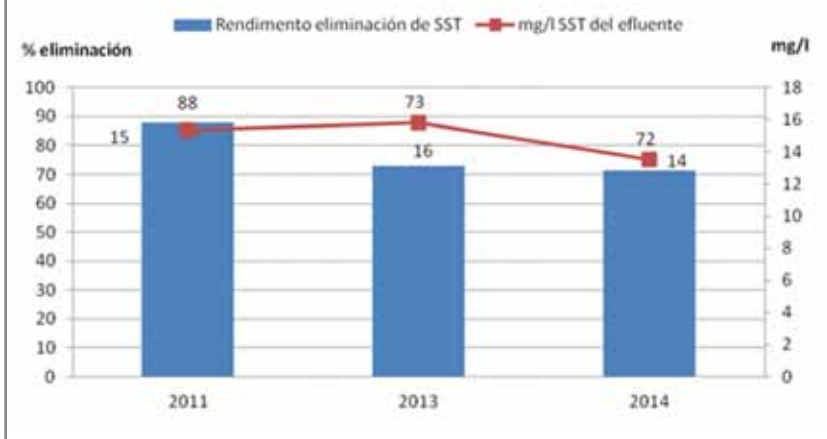


Figura 13. Evolución del rendimiento de eliminación de los SST frente a la concentración de SST en el efluente.



tintas fases. El valor de la DQO está muy por debajo del límite permitido de vertido, el cual corresponde a 125 mg/l, según la Directiva 91/271/CEE. Los valores de DQO pertene-

cientes a los años 2011, 2013, 2014 son de 31 mg O₂/l, 36 mg O₂/l y 25 mg O₂/l, respectivamente. La calidad del efluente respecto a la DQO se mantiene durante todo el estudio.

En el caso del nitrógeno total (**Figura 11**) y nitratos (**Figura 12**), los datos que se han usado han sido de los años 2012, 2013 y 2014, debido a que no había datos de este parámetro correspondientes al año 2011. No obstante, el 2012 forma parte de la fase inicial.

En referencia a la evolución del nitrógeno, tanto en el nitrógeno total como en los nitratos, la tendencia es la misma que en el caso de la DQO, es decir, la calidad del efluente se mantiene a lo largo del estudio. El límite legal de vertido en caso del nitrógeno total es de 15 mg/l según la Directiva 91/271/CEE. Los valores obtenidos para los años 2012, 2013 y 2014 han sido 10 mg/l, 8 mg/l y 7 mg/l, respectivamente. En los tres casos, el valor del nitrógeno vertido se encuentra por debajo del límite permitido.

En referencia a la evolución de los sólidos en suspensión totales (**Figura 13**), se observa una evolución constante a lo largo de la duración del estudio, con una variabilidad en el efluente de 2 mg/l, ya que el valor más elevado es de 16 mg/l y el menor corresponde a 14 mg/l. En los tres años estudiados, la concentración de SST en el efluente fue de 15 mg/l en el 2011, 16 mg/l en 2012 y 14 mg/l para el 2014. Todos los valores obtenidos son menores que el límite de vertido permitido, el cual se sitúa en 35 mg/l, según la Directiva 91/271/CEE para los SST.

6. Conclusiones

Se puede concluir que la implementación del nuevo software ha permitido optimizar energéticamente las instalaciones objeto de estudio, a la vez que ha contribuido en la mejora del control de proceso, ahora más flexible, eficaz y sencillo de manejar.

La nueva programación permite adaptar las horas de aireación



Las mejoras de control establecidas en las plantas depuradoras de aguas residuales compactas han permitido reducir el consumo y los costes energéticos sin afectar a la calidad del efluente

a la demanda de oxígeno de cada afluente, así como ajustar el caudal tratado al caudal máximo de diseño, permitiendo disminuir la entrada de aguas blancas. Al mismo tiempo, ajustar el caudal máximo tratado al de diseño asegura la no pérdida de los sólidos en suspensión del reactor.

Con la ejecución de esta mejora se ha conseguido reducir significativamente el consumo eléctrico de las EDARC, pasando de un promedio de 70 kWh/día en 2011 a 34 kWh/día en 2014, hecho que supone un 51% de ahorro.

En relación al ratio kWh/m³, también se ha producido una reducción del 44% desde el inicio del estudio en 2011 hasta el año 2014, pasando de un promedio de 1,37 kWh/m³ hasta llegar a 0,77 kWh/m³. Es importante remarcar que el caudal medio tratado se ha mantenido prácticamente constante, pasan-

do de 70 m³/día en 2011 a 72 m³/día en 2014, lo que representa un ligero aumento del 3%. Por tanto, el principal motivo del descenso del consumo y del ratio energético tiene su origen en el cambio del sistema de control de proceso.

La gran variabilidad de la carga orgánica a tratar en cada EDARC, producto de las condiciones meteorológicas y sobre todo de la marcada estacionalidad propia de la zona donde se ubican las instalaciones, justifica la mejora del sistema de control, ya que se ha podido ajustar el número de horas de aireación a las necesidades biológicas de oxígeno, permitiendo así reducir el consumo energético.


En relación a la calidad del efluente, se puede concluir que tanto en la concentración de DQO, como en los SST, el nitrógeno total y los nitratos, el efluente se mantiene por

debajo de los límites de vertido establecidos. Por tanto, la implantación del nuevo sistema de control no ha afectado a la calidad del efluente e, incluso, ha permitido mejorarla.

7. Agradecimientos

Agradecer a Àngel Perati, jefe de servicio del lote del Pallars, y a todo su equipo técnico, el esfuerzo realizado para poder implantar este sistema de control y permitir así un considerable ahorro energético. Al mismo tiempo, agradecer a la Agència Catalana de l'Aigua su apoyo y colaboración.

Bibliografía

- [1] Directiva 91/271/CEE, sobre el tratamiento de las aguas residuales urbanas.
- [2] Morenilla, J.J. (2007). Sistemas de control y optimización del consumo energético en EDAR. En: XXV Curso sobre tratamiento de aguas residuales y explotación de estaciones depuradoras. Tomo III, pág. 34. Cedex, Madrid
- [3] Castell, D.; García Ventoso, M.; Tornos Fibla, I.; Ferrer, C.; Morenilla, J.J.; Bernacer, I.; Basiero, A. (2011). Optimización energética del sistema de aireación de una EDAR. Análisis comparativo de dos tecnologías. Tecnología del Agua, nº 327, marzo.
- [4] Trillo, I.; Robusté, J. (2009). Oportunitats d'estalvi energètic lligades al procés de tractament, la selecció d'equipaments electromecànics i les estratègies d'explotació d'EDAR (2009). IV Jornades Tècniques de Gestió de Sistemes de Sanejament d'Aigües Residuals, ACA. 

Consulte otros
artículos técnicos en
www.tecnoaqua.es