

PROYECTO RENEWAT: OPTIMIZACIÓN PARA EL AHORRO DE ENERGÍA EN EL TRATAMIENTO DEL AGUA

CONCEDIDO PROYECTO LIFE 2013+-RENEWAT "OPTIMISED RENEWABLE MIX FOR ENERGY SAVING IN WASTE WATER TREATMENT PLANTS" A ACCIONA POR LA INTEGRACIÓN DE UN MIX DE ENERGÍAS RENOVABLES CON EL FIN DE OPTIMIZAR ENÉRGICAMENTE LAS PLANTAS .DE TRATAMIENTO DE AGUAS.

El proyecto RENEWAT se engloba dentro de la convocatoria europea LIFE+2013, en la que se premia proyectos innovadores demostrativos con carácter medioambiental. El consorcio establecido para el desarrollo del proyecto se compone de una gran empresa Acciona, de una PYME GRG (Gabinete Renovables Gestión S.L.) y un organismo público ESAMUR (Entidad regional de saneamiento y depuración de aguas residuales de la región de Murcia).

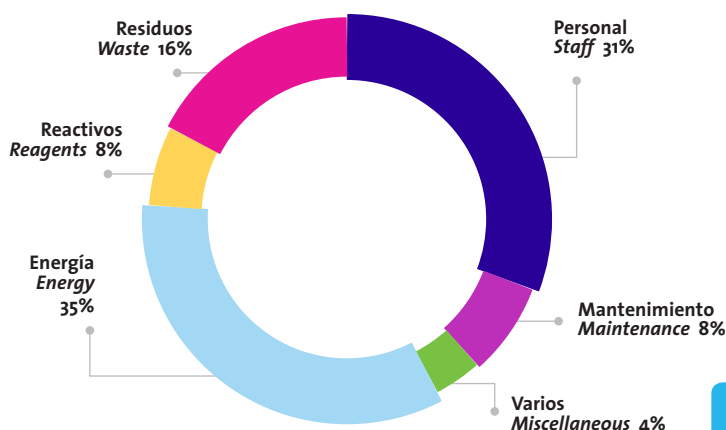
El presupuesto para la ejecución del proyecto es de 1.4 M€, del que la Unión Europea cofinancia Acciona 0.62 M€ a través de 0,34 M€ de subvención para Acciona Agua y de 0,2 M€ para Acciona S.A.

El proyecto "RENEWAT" persigue la reducción de consumos energéticos a través de diferentes actuaciones sobre los procesos que se llevan a cabo en una planta de tratamiento de aguas residuales, prestando particular atención a la fase de aireación de un reactor biológico, dado que esta fase es la de mayor consumo dentro de una instalación de tratamiento de aguas residuales, los consumos se verán reducidos mediante la incorporación de energías renovables acompañada de un sistema de gestión de generación de estas energías. Los costes de una explotación de Depuración de Aguas Residuales, dependen fundamentalmente de las características del agua de entrada, del diseño de la instalación, de las necesidades de calidad del agua de salida y del caudal depurado.

En la Figura 1, se muestra a modo de ejemplo la distribución de costes de una explotación convencional.

- Planta de 27 Hm³/año y no dispone de tratamiento terciario; 0,195 €/m³ y 0,423 €/kg DBO eliminada.
- Planta de 2,3 Hm³/año y dispone de tratamiento terciario; 0,313 €/m³ y 0,324 €/kg DBO eliminada.
- Planta de 0,5 Hm³/año y no dispone de tratamiento terciario; 0,436 €/m³ y 1,1263 €/kg DBO eliminada.

Como se puede observar, los costes de energía suponen más de un tercio de los costes de explotación de una EDAR, por ello, a la hora de abordar una minimización sobre costes de explotación se



RENEWAT PROJECT: OPTIMISATION FOR ENERGY SAVING IN WATER TREATMENT

ACCIONA'S RENEWAT "OPTIMISED RENEWABLE MIX FOR ENERGY SAVING IN WASTE WATER TREATMENT PLANTS" PROJECT WAS SELECTED FOR GRANT AID AS PART OF THE LIFE+ 2013 PROGRAMME. THE PROJECT SEEKS TO OPTIMISE ENERGY CONSUMPTION AT WWTPs THROUGH THE USE OF A COMBINATION OF RENEWABLE ENERGIES.

The European LIFE Programme provides grant aid for innovative demonstration projects of an environmental nature and the RENEWAT project was submitted to the LIFE+2013 call for proposals. The consortium created to carry out the project is made up of a large company, Acciona, an SME, GRG (Gabinete Renovables Gestión S.L.), and a public body, ESAMUR (Entidad regional de saneamiento y depuración de aguas residuales de la región de Murcia), which is responsible for water supply and sanitation in the region of Murcia.

The total budget for the project is €1.4 million. The European Union is co-funding the project through grant aid of €0.62 million to Acciona, €0.34 million to Acciona Agua and €0.2 million to Acciona S.A.

The RENEWAT project seeks to reduce energy consumption by acting in a number of different ways on wastewater treatment plant processes. Particular emphasis is placed on the bioreactor aeration stage, because this is the stage with the greatest energy consumption at a WWTP. The aim is to reduce consumption through the use of renewable energies and to implement a management system for the generation of this energy.

The operating costs of a WWTP mainly depend on the characteristics of the feedwater, the design of the plant, the quality requirements of the treated water and the flow of water to be treated.

By way of example, Figure 1 shows the distribution of costs at a conventional facility.

- Plant with capacity of 27 Hm³/annum without tertiary treatment; €0.195/m³ and €0.423/kg BOD removed.
- Plant with capacity of 2.3 Hm³/annum with tertiary treatment: €0.313/m³ and €0.324/kg BOD removed.
- Plant with capacity of 0.5 Hm³/annum without tertiary treatment: €0.436/m³ and €1.1263/kg BOD removed.

As can be seen, energy costs account for over a third of total WWTP operating costs, meaning that any attempt to minimise operating costs must focus particularly on energy consumption, which is also amongst the areas in which greatest improvement is possible.

By way of example, Figure 2 and Table 1 show the distributions of energy consumption at a WWTP, the area in which the initiatives contemplated in the project will be concentrated. The figures given are for a medium-sized WWTP with tertiary treatment.

Figura 1. Distribución de costes de una EDAR. | Figure 1. Distribution of costs at a WWTP.

ha de prestar especial atención al consumo de energía, que por otra parte es uno de los puntos más susceptible de mejora. A modo de ejemplo, en la Figura 2 y Tabla 1, se muestran las distribuciones de consumo de energía de la EDAR donde se realizará las actuaciones contempladas dentro del proyecto. Se trata de una depuradora de tamaño medio y con tratamiento terciario.

Para cumplir los objetivos del proyecto, se pretende realizar un demostrador de un sistema híbrido renovable (100kW de PV y 3,5kW de minieólica), con un pequeño sistema de almacenamiento energético acompañado de un sistema de gestión inteligente para reducción de consumos energéticos en plantas de tratamiento de aguas residuales.

Tabla 1. Consumos de energía en las diferentes etapas de una EDAR.
Table 1. Energy consumption in the different WWTP stages.

ETAPA DE TRATAMIENTO TREATMENT STAGE	Kwh/m ³
Pretratamiento Pretreatment	0,11 0.11
Biológico Biological treatment	0,4 0.4
Terciario Tertiary treatment	0,19 0.19
Deodorización Odour control	0,11 0.11
Línea de Fangos Sludge line	0,7 0.7
Total Total	0,88 0.88

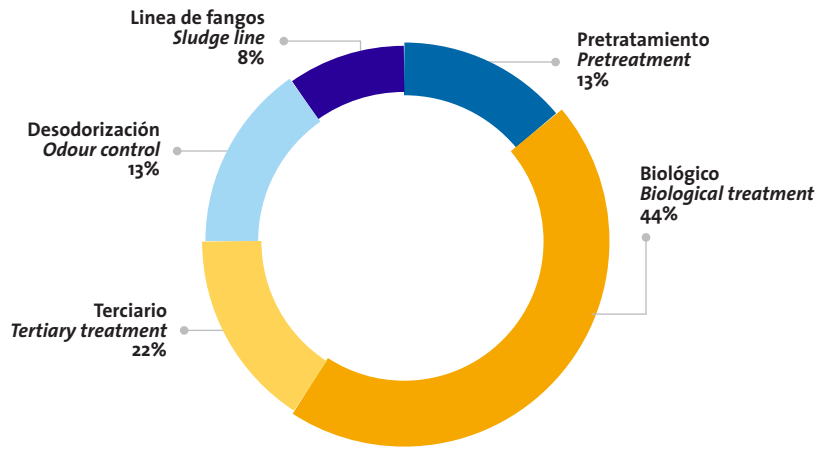


Figura 2. Distribución de consumos de energía de una EDAR de tamaño medio y con tratamiento terciario.
Figure 2. Distribution of energy consumption at a medium-sized WWTP with tertiary treatment.

In order to achieve the project goals, the aim is to create a demo of a renewable hybrid system (100 kW of PV solar energy and 3.5 kW of wind energy from a mini wind turbine) with a small energy storage system accompanied by a smart management system designed to reduce energy consumption at WWTPs.

Se esperan los siguientes ahorros energéticos:

The following are the expected energy savings:

Energía consumida anual Annual energy consumption	Ahorro energético esperado con Renovables Expected energy savings with renewables			Ahorro energético esperado con Mejora Procesos Expected energy savings with process enhancements		
	Mwh/año Mwh/year	Potencia Instalada (kW) Installed Capacity (kW)	Mwh/año Mwh/annum	%	Mwh/año Mwh/annum	%
1,322 1,322	103,5 103,5	145	10%	264	20%	
Previsión emisiones evitadas de CO2 al año (Ton CO2/año) Forecast savings in CO2 emissions/annum (Ton CO2/annum)					45	

El consumo eléctrico actual en España para las plantas de tratamiento de aguas, se sitúa aproximadamente en 2.213 GWh / año, lo que se traduce en más de 6 millones de toneladas al año de CO2 vertidas a la atmósfera. Si extrapolamos este valor al conjunto de plantas de tratamiento de agua de la Unión Europea, las cifras se corresponderían con valores que rondarían los 27.170.000 Ton / año de CO2 vertidas a la atmósfera.

Current energy consumption at Spanish WWTPs stands at approximately 2,213 GWh/annum, which means over 6,000,000 tonnes of CO2 is released into the atmosphere each year. Extrapolating from these figures, total CO2 emissions from all EU WWTPs would be around 27,170,000 tonnes/annum.

Se pretende que la instalación de energías renovables diseñada para autoconsumo dentro de una Estación Depuradora de Aguas Residuales genere unos 300.000 kWh/año, el equivalente al consumo medio de 85 hogares españoles, evitando la emisión a la atmósfera de 223,5 toneladas de CO2 equivalentes.

The aim is for the renewable energy facility designed for self-consumption at the WWTP to generate around 300,000 kWh/annum, the equivalent of the average consumption of 85 Spanish homes, thereby preventing the emission of 223,5 tonnes of CO2 equivalent.

El proyecto se desarrollará en La Región de Murcia, concretamente en la EDAR de Archena dotada con tratamientos avanzados para reutilizar el 100% del agua depurada dentro de la instalación con fines agrícolas. Los costes energéticos en esta tipología de instalaciones suponen más del 35% de los costes totales de explotación, con lo que actuando sobre este parámetro, se reducen sensiblemente los costes de la explotación, haciendo que esta sea más sostenible desde el punto de vista económico y medioambiental, con la finalidad de reducir el coste del m3 de agua tratada.

The project will be carried out in the Region of Murcia at the Archena WWTP. This plant has advanced treatment for reuse of 100% of treated water within the facility for agricultural purposes. Energy costs at this type of facility account for over 35% of total operating costs, meaning that measures taken to reduce energy consumption significantly reduce operating costs. This makes the plant more sustainable from both a financial and environmental perspective, with the ultimate aim being to reduce the cost per square meter of treated water.

El objetivo final del proyecto es demostrar que implantando un sistema inteligente de control de la energía renovable aplicado sobre el tratamiento biológico como principal consumidor energético en una planta depuradora y se pueden lograr los siguientes resultados:

The ultimate aim of the project is to demonstrate that the implementation of a smart renewable control system in the biological treatment stage, the main energy consumer at a WWTP, enables the following results to be achieved:



Reducir el coste por metro cúbico de agua tratada en un 24% (de 0,4 € / m³ a 0,3 € / m³), más cerca del precio del agua potable (0,15 € / m³) con un alcance potencial de aplicación en el 99% de los 16.000 EDAR en la Unión Europea. Este será un primer paso para impulsar la reutilización de las aguas depuradas para sus diferentes usos.

Reducir el consumo de energía eléctrica de la EDAR en un 30%, con un alcance potencial de aplicación en el 99% de las EDARs en la Unión Europea.

Potenciar la integración inteligente de las fuentes de energía renovable adaptadas a las EDAR, con un alcance potencial de aplicación en el 99% de las EDARs en la Unión Europea.

Reducir la huella de carbono en aproximadamente 45 Ton CO₂ / año por cada 100 kW de potencia de generación eléctrica renovable integrados, con un alcance potencial de aplicación en el 99% de las EDARs en la Unión Europea.

Para lograr los objetivos planteados en el proyecto, se comienza por un primer paso que consiste en optimizar al máximo energéticamente el tratamiento biológico actuando sobre los procesos y equipos hasta reducir al mínimo los kW consumidos de la red que supone este tipo de tratamiento. Este primer objetivo se intentará alcanzar a través de la integración de algoritmos de control que permitan reducir las necesidades de oxígeno requeridas para la eliminación de los nutrientes un segundo paso será incluir equipos de alta eficiencia que reduzcan al máximo el consumo de la red, a través de nuevas estrategias en el funcionamiento de los mismos.

El control futuro a implantar se basa en la incorporación de algoritmos de presión y nutrientes e instalación de equipos eficientes, para aumentar el rendimiento del proceso, reduciendo el consumo energético de la etapa de aireación.

Una vez que se haya conseguido optimizar al máximo el consumo de la etapa de aireación del tratamiento biológico, se pasará a la incorporación de las energías renovables para ello se realiza un estudio previo al comienzo del proyecto de las distintas fuentes de generación eléctrica de origen renovable, como pueden ser: solar térmica, solar fotovoltaica, eólica, biomasa, geotérmica, hidráulica, etc... de manera que nos permite identificar, a priori, cuál sería la mejor opción de cara a su implantación en una industria en este caso se trata de una EDAR, aunque los resultados son extrapolables a cualquier otro tipo de industria.

Se llegó a la conclusión que el mix de renovables que más capacidad de implantación tiene sobre una industria instalación de este tipo, es el de Solar Fotovoltaica y eólica, considerando aspectos como coste de implantación, espacio de ocupación, recurso, etc... y pensando en todo momento en su potencial de implantación a nivel global, que le den a la instalación un carácter mucho más sostenible desde el punto de vista medioambiental y económico.

Reduction of the cost per square metre of treated water by 24% (from €0.40/m³ to €0.30/m³), which is closer to the price of drinking water (€0.15/m³) with potential for application in 99% of the 16,000 WWTPs in the European Union. This will be a first step in promoting the reuse of treated water for different purposes.

Reduction of the electricity consumption of the WWTP by 30%, with potential for application in 99% of WWTPs in the European Union.

Promotion of smart integration of renewable energy sources adapted to the needs of WWTPs, with potential for application in 99% of WWTPs in the European Union.

Reduction of carbon footprint by approximately 45 tonnes of CO₂/annum per each 100 kW of power generated with integrated renewable energies, with potential for application in 99% of WWTPs in the European Union.

In order to achieve the project goals, the first step is energy optimisation of biological treatment by acting on processes and equipment in order to minimise energy consumption from the grid associated with this stage. The aim is to achieve this first goal through the integration of control algorithms that enable a reduction in the amount of oxygen required for nutrient removal. A second step will be to use highly efficient equipment to minimise grid consumption, through the implementation of new strategies in the operation of this equipment.

The control system to be implemented in the future is based on the incorporation of pressure and nutrient algorithms and the installation of efficient equipment to increase process efficiency and reduce energy consumption in the aeration stage.

Once consumption in the aeration stage of biological treatment has been fully optimised, the next step will be to incorporate renewable energies. A study was carried out prior to the commencement of the project of the different renewable sources of electricity generation, including: solar thermal power, solar photovoltaic power, wind energy, biomass, geothermal energy, hydroelectric power, etc. to enable us to identify the best option for implementation in the wastewater treatment industry, although it will be possible to roll out the results to any other type of industry.

The conclusion was reached that the optimum renewable mix for an industrial facility of this type was a combination of solar photovoltaic and wind energy, taking into account implementation costs, footprint, availability of the resource, etc. The potential for global implementation was also taken into account, as this makes the facility much more sustainable both environmentally and economically.

The first step was to carry out a study of the renewable resource and its location. The initial preliminary study made use of public IT tools, such as PV-GIS for study of the solar resource, and IDAE for the study of the wind resource. It was observed that solar power of 1470 eqH (equivalent hours) was available, making it one of the best locations in the world for

El primer paso será realizar un estudio del recurso renovable y de su emplazamiento. En un primer estudio preliminar se accede a herramientas informáticas de carácter público tales como el PV-GIS, para el estudio recurso solar, o IDAE en el estudio del recurso eólico. Observándose que a nivel solar se cuenta con un potencial de 1470 heq, y que se trata por tanto, de uno de los mejores emplazamientos a nivel mundial de este recurso. Repitiendo el proceso en el caso del estudio del recurso eólico, que si bien, en este caso concreto, el emplazamiento elegido, no presenta la misma capacidad de generación, nos encontramos en el entorno de las 700 heq, si nos va a ofrecer la suficiente capacidad de generación como para llevar a cabo el demostrador y obtener conclusiones de la gestión de un mix de generación de origen renovable aplicado a una gran industria.

Otro aspecto clave a tener en cuenta, para poder dimensionar la planta de generación renovable, es el poder conocer del consumo de la planta depuradora, para lo cual se han recogido los datos de consumo de doce meses consecutivos de manera que pudiéramos representar de la manera más fiable posible un día tipo de consumo tipo, es decir, el comportamiento a nivel de consumo de la planta depuradora a lo largo de 24 horas, diferenciando estacionalidades (verano-invierno), ya que la experiencia en la operación con la que cuenta Acciona Agua en este tipo de plantas, nos identifica diferencias significativas a lo largo del año, en función de la estacionalidad, que experimenta afecciones de diferente naturaleza en el agua a tratar por la planta según la época del año en la que nos encontremos.

Una vez conocido el potencial de generación renovable y el “comportamiento tipo” de consumo de la planta, se dimensiona la generación renovable buscando siempre que el recurso sea consumido íntegramente e instantáneamente por la planta de tratamiento de agua, de manera que se optimiza al máximo el efecto que las energías renovables tiene sobre la planta, a nivel de consumo energético. Para ello se emplea un modelo matemático, se que logra a través de unos indicadores y unos gráficos, obtener el óptimo dimensionado de la generación frente al consumo de la planta.

Entendiendo que el consumo energético de una planta de estas características no tiene un comportamiento fijo en el tiempo, sino que depende de los elementos que estén en ese momento funcionamiento (Bombas, soplantes, etc...) los cuales se activan en función de las necesidades del proceso, lo importante es diseñar un sistema inteligente del recurso renovable en el que, se abastezca a los equipos el mayor tiempo posible con energía renovable evitando el consumo de la red, previendo la derivación hacia otras partes de la planta o el almacenamiento de la energía renovable para que no sea desaprovechada en ningún momento.

El sistema inteligente de gestión, es capaz de analizar la cantidad de energía generada de origen renovable en cada instante, así como la cantidad de energía que demanda el proceso para su correcto funcionamiento, teniendo la capacidad de interactuar, sobre los elementos de generación renovable (sobre los inversores, aquellos que se encargan de transformar la corriente continua a corriente alterna) regulando los mismos para que el valor quede siempre por debajo del valor de consumo, o destinando el “excedente puntual” a un sistema de baterías asociado, o bien actuando, a través del SCADA activando o desactivando los elementos de consumo energético de la planta, de manera que se consiga optimizar el proceso, actuando, sobre la demanda energética en lugar de sobre la generada.

De este modo logramos que el sistema de control se convierta en un sistema inteligente avanzado de gestión que nos permita alcanzar objetivos tales como la reducción del consumo energético de red en un 10%, la reducción de las emisiones de CO₂, así como la reducción del coste total del m³ de agua tratada destinado a reutilización en torno al (8%).

this resource. Repeating the process for the study of the wind energy resource, it was found that in this specific case, the location chosen did not offer the same generating capacity. However the availability of around 700 eqH will provide sufficient generating capacity to carry out the demo and reach conclusions on the management of a generating mix with renewable resources applied to a large plant.

Another key aspect to be taken into consideration in order to size the renewable generating facility is to know the consumption of the WWTP. For this purpose, consumption data was collected for twelve consecutive months in order to be able to represent as reliably as possible typical daily consumption, i.e., consumption behaviour of the WWTP over 24 hours, differentiating between seasons (summer-winter) because Acciona Agua's experience in the operation of these facilities shows that consumption varies significantly throughout the year depending on the season. Experience shows that the characteristics of the water to be treated differ depending on the time of year.

Once the renewable generating capacity and the “typical consumption behaviour” is known, the renewable generating facility is sized with the aim always being to ensure that the power generated is consumed completely and instantaneously by the WWTP, thereby optimising the effect of the renewable energies on the plant in terms of energy consumption. A mathematical model is employed for this purpose so that, by means of indicators and graphs, the generating plant can be optimally sized in accordance with the consumption of the WWTP.

Energy consumption of a plant of these characteristics is not fixed over time and depends on the elements operating at any given time (pumps, blowers, etc...) in accordance with power requirements. Therefore, it is important to design a smart renewable energy system through which equipment is supplied for the greatest possible time with renewable energy, avoiding the use of energy taken from the grid. This smart system needs to be capable of sending the renewable energy to other parts of the plant or storing it so that it is not wasted at any time.

The smart management system must be capable of analysing the quantity of energy generated from renewable sources at all times and the quantity of energy required by the process for correct operation. It must be capable of interacting with the renewable energy generating elements (with the inverters, which perform the task of transforming direct current into alternating current) and regulating them to ensure that the production value is always below the consumption value or that the “occasional surplus power” is sent to a system of associated batteries for storage. Alternatively it must, by means of a SCADA system, activate or deactivate plant energy consumption elements in order to optimise the process, with the emphasis on controlling energy demand rather than energy generated.

In this way, the control system becomes an advanced smart management system that enables us to achieve goals such as the reduction of power consumption from the grid by 10%, the reduction of CO₂ emissions and the reduction of the total cost per cubic metre of water treated for reuse by around 8%.

Paula Pérez Sánchez
Acciona Agua. Dpto. I+D+i | Acciona Agua. R&D&i Dept.

Carlos Egea Ruiz
Acciona Dpto Innovación | Acciona. Innovation Dept.