



**Dolores Garvi Higuera, administradora de Bosque Anxanar**  
**Julián Lebrato Martínez, director del Grupo TAR RNM-159, Plan Andaluz de Investigación, Desarrollo e Innovación, de la Junta de Andalucía, presentan:**

**Sistemas basados en la naturaleza, SBN, para el tratamiento de las aguas residuales urbanas de pequeñas poblaciones, diseminadas y aisladas:**

1.- Consideraciones técnicas obligadas en el diseño del tratamiento de aguas residuales urbanas basado en Sistemas basados en la naturaleza desarrollados por el grupo Tar y Bosque Anxanar:

Es necesaria una tecnología anaerobia en cabecera.

NO SE ENTIENDE QUE LOS DISEÑADORES DE PROCESOS CONVENCIONALES NO QUIERAN AHORRAR, AL MENOS, ESTOS COSTES ENERGÉTICOS CON UNAS FOSAS ANAEROBIAS PREVIAS CONTRASTADAS Y CONOCIDAS POR TODOS LOS TÉCNICOS DE TRATAMIENTO DE AGUAS.

La fosa anaerobia tiene la posibilidad de aprovechamiento del biogás, aproximadamente un 60% de gas metano combustible, aunque debe considerarse el coste de instalación del motor de cogeneración que para pequeños volúmenes puede ser poco rentable y no utilizarlo, pero debe hacerse el correspondiente análisis económico. En todo caso queda disponible una energía calorífica si se usa directamente como combustible, que puede ser útil según cada caso.

**Conclusión 1:** Sea cual sea la tecnología escogida, debe considerarse la necesidad de empezar por un proceso anaerobio inicial, ya que se consigue un 40 – 45 % de eliminación de materia orgánica en DBO, sin coste energético alguno.

2.- Recomendaciones técnicas de sobre sistemas basados en la naturaleza, SBN:

Una vez pasada la fosa anaerobia, se debe introducir oxígeno para poder seguir removiendo la materia orgánica, medida en DBO por vía biológica aerobia, para ello se relacionan seguidamente la mayoría de los métodos existentes:

Se descartan Sistemas de consumo eléctrico:

- Oxigenación mecánica por compresor eléctrico, con gran gasto energético y económico, por la pequeña solubilidad del oxígeno en agua, lo que hace que tenga poca eficacia, un 18% reconocido por los fabricantes de equipos en el mejor de los casos.

Se aconsejan sistemas naturales del tipo de los desarrollados por el Grupo Tar de la Universidad de Sevilla aplicables a esta población, según cada casuística particular:

- **Escalones de piedra:**  
El choque del agua residual en la piedra aprovechando la altura existente en cada escalón supone un aporte neto de oxígeno que obliga a aprovecharlo en las EDAR en zonas con desniveles importantes.  
No elimina N y P, por lo que deberá adicionársele otro tratamiento para ello.

DEBE HACERSE. NOTAR QUE LA ALTURA ES ENERGÍA POTENCIAL,  $E_p = m \times g \times h$ , QUE SIENDO TAN GRAVOSA LA FACTURA ELÉCTRICA EN LA EDAR, PARA NADA PUEDE DESAPROVECHARSE.

Por supuesto que hay que saber diseñar los dispositivos correspondientes.

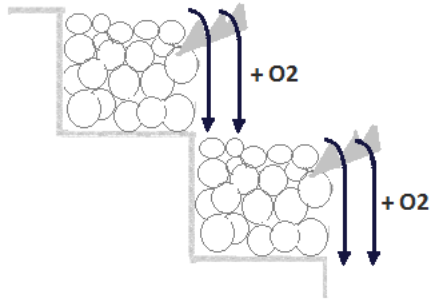


Ilustración 1. Escalera de oxigenación

**Canales de plantas:**

- Plantas de ribera: eneas, carrizos, juncos y otras de este tipo, introducen oxígeno en la masa acuática por la raíz. En el grupo Tar se disponen en canales de plantas, de manera que el agua discorra longitudinalmente para generar mayores rendimientos en la depuración.

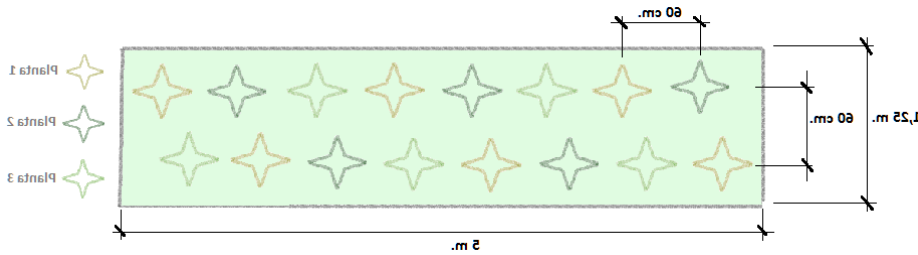


Ilustración 2. Canales de plantas.

Es muy interesante considerar que las plantas de ribera remueven Nitrógeno y Fósforo, N y P, para su crecimiento, que luego bien entresacadas las plantas se retira del sistema, generando una depuración neta de estos contaminantes para conseguir los niveles exigidos por la legislación.

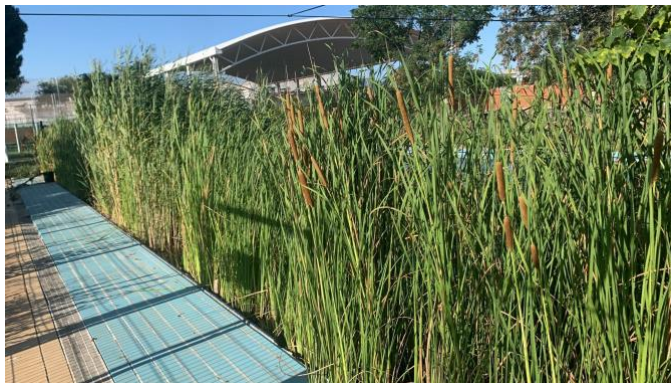


Foto 1. Canal mixto de eneas y carrizos, grupo Tar 2023.

- **Escalones con plantas de ribera:**

De nuevo es necesario un diseño adecuado que evite colmataciones y aproveche las posibilidades de ambos sistemas. Además, las plantas de ribera mejoran la oxigenación del sistema y eliminan N Y P, por lo que es un complemento ideal para la escalera.

- **Sistemas de plantas flotantes en la masa acuática:**

En nuestro grupo se diseña esta alternativa en canal de plantas flotantes con plantas flotantes como lemna, o lenteja de agua, que puede sumarse en el canal a las plantas de ribera, los fundamentos son similares: la oxigenación por las raíces de la lemna que contribuyen a la depuración biológica de la DBO.

El diseño de los procesos, de nuevo es definitivo para un buen rendimiento. También elimina N y P.

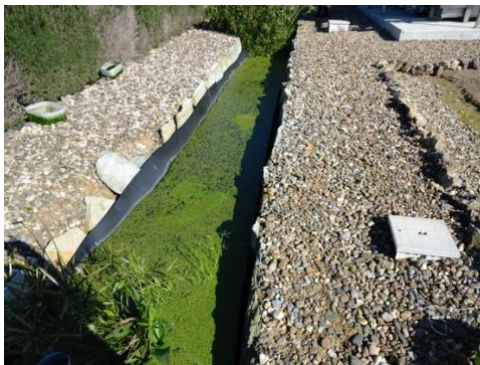


Foto 2. Canal de plantas flotantes: lemnas, Planta experimental Carrión de los Cespedes, grupo Tar 2012.

- **Sistemas con microalgas:**

Son menos utilizados por la dificultad de separarlas de la masa acuática en la salida para poder remover la materia orgánica, un buen diseño podrá mejorar estos sistemas en un futuro, nuestro grupo suma las microalgas a canales de plantas para mejorar así sus resultados.

**2.- Diseño base del tratamiento adecuado de aguas residuales urbanas en pequeñas aglomeraciones pequeñas en base a los sistemas basados en la naturaleza, SBN, desarrollado por el grupo Tar:**

Se deben diseñar soluciones de forma que hagan posible su mantenimiento económico en poblaciones de menor economía, según nuestra experiencia en el grupo Tar de la Universidad de Sevilla (RNM 159 PAIDI) y con una discusión razonada y razonable:

Consideraciones previas:

Además del fin fundamental de conseguir los resultados de depuración exigidos por la calidad de vida de la comunidad, se han considerado a la hora de diseñar y proyectar el presente diseño base las siguientes metas a alcanzar:

- Dar la solución idónea respecto a la línea de tratamiento adoptada con capacidad de absorber las variaciones de caudal y contaminación que pudieran

presentarse sobre los parámetros básicos establecidos (posible población estacional en fiestas u otras ocasiones).

- Establecer unos niveles óptimos de diseño para la autoconstrucción, equipos e instalaciones que nos permitan una relación calidad-precio que se ajuste a las posibilidades de este tipo de poblaciones, permitiendo posteriormente el funcionamiento óptimo de la planta.
- Dotar a las instalaciones de flexibilidad suficiente para facilitar las maniobras de operación, bajo unos costes muy reducidos de explotación, sin necesidad de personal especializado.
- Por último, definir un proyecto de nulo consumo energético, que haga posible su gestión por la comunidad correspondiente y así hacer viable técnica y económicamente su mantenimiento a lo largo del tiempo.

Por ello el objeto del presente documento es definir, justificar el diseño de los procesos y valorar suficientemente las estrategias necesarias para tratar los vertidos de aguas residuales de las pequeñas comunidades, diseminadas y aisladas, con los mejores rendimientos posibles de depuración utilizando sistemas basados en la naturaleza, SBN, contrastados por la experiencia del grupo Tar y Bosque Anxanar, que aseguren la solvencia económica y técnica de la solución final adoptada.

Siempre se debe considerar la topografía de la aglomeración en cuestión, la población y la ocupación del territorio tanto en núcleos, como en zonas con gran dispersión regular en el espacio, que hacen todavía más difícil la implementación de sistemas de tratamiento convencionales.

Análisis de tecnología más adecuada a la situación:

Se definen las “Tecnologías más naturales” como aquellas que basándose mayoritariamente en la naturaleza suponen un ahorro económico, energético, de autoconstrucción, gestión y ambiental frente a los métodos convencionales con ventajas genéricas conocidas, debido a que la madre tierra sabe hacer sus procesos sin costes económicos adicionales, obteniendo la energía necesaria del sol.

#### OBJETO DE LA PROPUESTA

El objeto del presente prediseño propuesto es sentar las bases para tratar los vertidos de aguas residuales urbanas con sistemas basados en la naturaleza, SBN, en las pequeñas poblaciones con un sistema adecuado a cada realidad y en particular, que sea capaz de depurar con los mejores rendimientos posibles y en los parámetros que marca la legislación vigente.

Aparte del fin fundamental indicado, se definen las siguientes metas básicas:

#### CONDICIONANTES DEL ENTORNO:

#### LOCALIZACION GEOGRÁFICA

- Definir comunidad, situación, metros de altitud sobre el nivel del mar.
- Coordenadas geográficas y estudio topográfico sobre el terreno.
- La localidad está situada geográficamente en el entorno determinado.
- La población de la comunidad, núcleos concentrados, núcleos dispersos, viviendas aisladas, de acuerdo a los datos existentes.



## SOLUCIÓN PROPUESTA.

### DATOS DE PARTIDA: POBLACIÓN Y PARÁMETROS UNITARIOS

La población y los caudales totales capaces de ser tratados por la planta depuradora de aguas residuales proyectada serán los siguientes:

- Población (número de habitantes): según comunidad
- Dotación de agua / día y habitante:
- Caudal: Población x dotación

Diseño propuesto: LÍNEA DE AGUA

### RESULTADOS PREVISTOS

Según el tratamiento escogido, se tendrá una previsión de calidad de agua tratada y planteará un uso razonable posterior que prevenga la salud de los vecinos.

- Agua tratada: uso de riego en arboles de madera, sin uso alimentario o cultivos de flores y ornamentales, que eviten su consumo humano directo o indirecto.

### **Diseño base del tratamiento adecuado:**

La experiencia del grupo Tar y Bosque Anxanar que llevan trabajando durante años en entornos de economía mínima y entornos geográficos complicados le ha llevado a resolver problemas ambientales aprendiendo de la naturaleza como única solución viable y a adaptar los diseños a las situaciones comunitarias y topografías que se ha ido encontrando, algunas muy desfavorables espacialmente.

Por ello ha desarrollado una ingeniería natural muy adaptada a cada terreno en particular, aprovechando la pendiente, o generándola en la medida posible en las zanjas realizadas, para vehicular y oxigenar el agua, usando en sus diseños las posibilidades de la zona y buscando siempre que se genere desarrollo local ligado a las soluciones adoptadas, porque el agua bien gestionada siempre es riqueza y cuando se aplican sistemas naturales esta se genera localmente.

Debe resaltarse que al introducir en los tratamientos las plantas de ribera como sistema de aireación de las aguas residuales se removerán de forma adicional cierta cantidad de los nutrientes, N y P, con las mismas actuaciones y los mismos costes de montaje y mantenimiento, por lo que esta etapa diseñada nos ofrece un sistema mucho más robusto y preparado para mayores exigencias normativas. Por otro lado, no habrá producción de fangos aerobios para su tratamiento posterior, ya que los aumentos producidos de biomasa serán en excesos de plantas de ribera y / o flotantes, fácilmente removibles y aprovechables posteriormente con un tratamiento de secado térmico o biológico por compostaje, por ejemplo.

Con estas consideraciones se plantean las siguientes soluciones naturales para aplicar en estos pueblos de pequeña población:

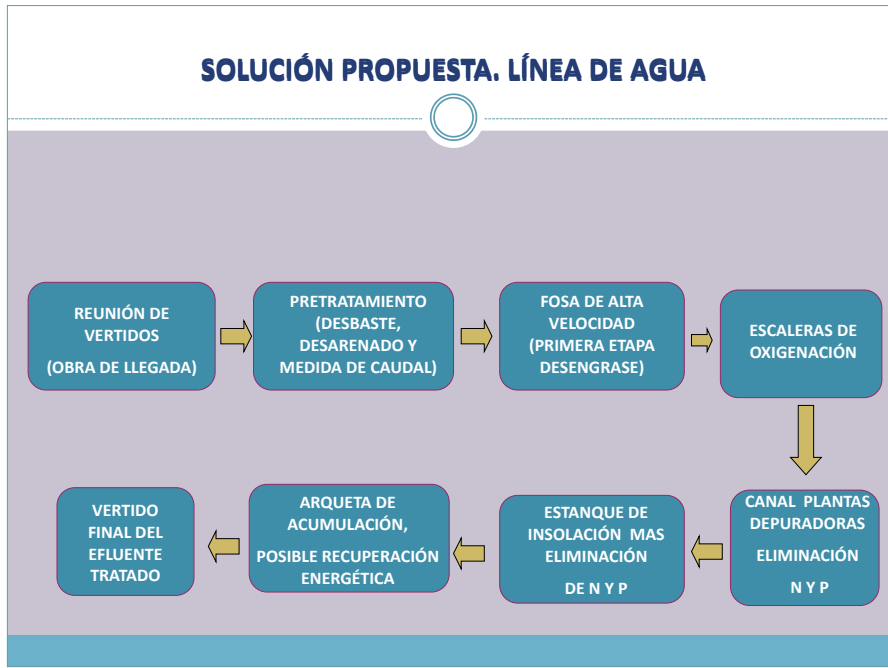


Ilustración 3. Solución propuesta línea de agua

Obviamente se escogerá cada tecnología a implementar de acuerdo a las características específicas de cada entorno en donde se diseñe la solución adecuada.

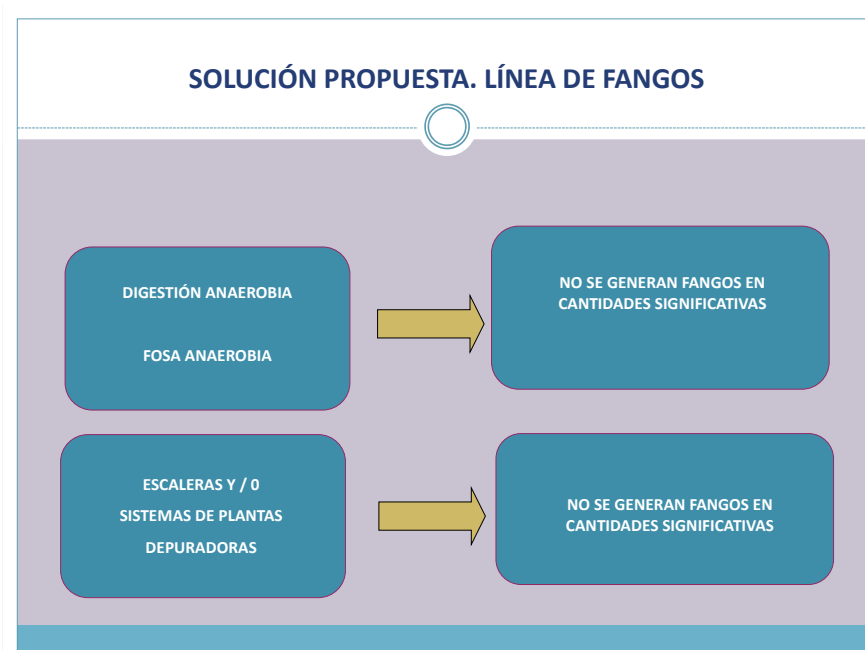


Ilustración 4. Solución propuesta línea de fangos

Justificación de la propuesta que habrá que diseñar en su momento en base a las siguientes consideraciones técnicas:

#### VIVIENDAS Y NUCLEOS AISLADOS DEL SISTEMA GENERAL

Se deberá comenzar con un proceso anaerobio en cabecera en todos los casos, que nos va a permitir trabajar en el núcleo principal y además sumar localmente las aguas residuales en cada casa o núcleo aislado del sistema general, para luego integrarlas en el tratamiento comunitario si el transporte es viable económicamente porque haya distancias cortas asumibles.

En caso de que no sea así, se instrumentara un sistema posterior a la fosa anaerobia individual basado en los mismos principios que se van a enunciar seguidamente en este informe. El aprovechamiento del agua tratada será realizado sobre el propio terreno, ya que en el estanque último diseñado se mejorará adicionalmente el agua que podrá llegar a la calidad exigida legalmente para riego y así reutilizarla para regar un pequeño bosquecillo doméstico de árboles de madera, no comestibles, que exigen menor calidad del agua a utilizar.

Esta estrategia va a permitir llegar a todos los núcleos de población más o menos alejados y de mayor o menor población, para hacer un tratamiento de todas las aguas residuales urbanas de cada población con sus diferentes núcleos en cuestión.

Podrá estudiarse posteriormente la posibilidad de conectar con corredores verde agua todos los estanques de mejora de calidad de agua de la zona, de manera que den soporte a la flora, fauna y especie humana entre todas las aglomeraciones y núcleos diseminados de Oria.

Propuesta técnica base para la aglomeración central en cuestión:

#### REUNIÓN DE VERTIDOS. OBRA DE LLEGADA

- Para evitar la entrada de cualquier arrastre de material pesado que ocasione colmataciones y sedimentos indeseados y evitar sobrecargar en las fases de tratamiento siguientes se proyecta la construcción de un pozo de gruesos, equipado con reja manual de desbaste de gruesos.

#### PRETRATAMIENTO. DESBASTE.

- El canal principal estará equipado con una reja de limpieza manual construida de bambú u otra manera resistente al agua, o alguna de ls existentes en el mercado.



Fotos 4 y 5. Rejas de desbaste en Kimpese, R.D. de Congo, diseño grupo Tar, autoconstrucción comunitaria.

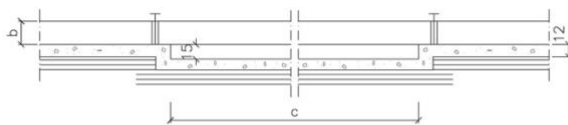
## PRETRATAMIENTO. CANALES DE DESARENADO

- Se dispondrán dos canales idénticos para el desarenado (uno principal de servicio y otro en reserva), del tipo cámara de sedimentación a velocidad constante.
- Las arenas se depositan en el arenero previsto en la parte baja del canal, donde se recogerán manualmente.
- Podrá ser de autoconstrucción sobre el terreno o construido de forma convencional.

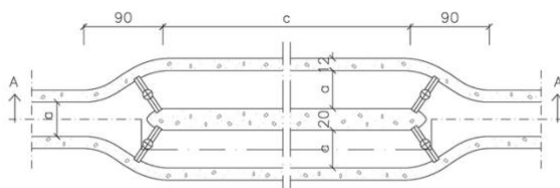


Foto 6: Canal desarenado en Kimpese, R. D. de Congo, grupo Tar.

- Anchura del canal (a): 0,40 m.
- Calado del canal (b): 0,50 m.
- Longitud del canal (c): 10,0 m.  
(la longitud puede aumentar si se prevé más caudal, o se podrá duplicar la instalación).



Sección A-A



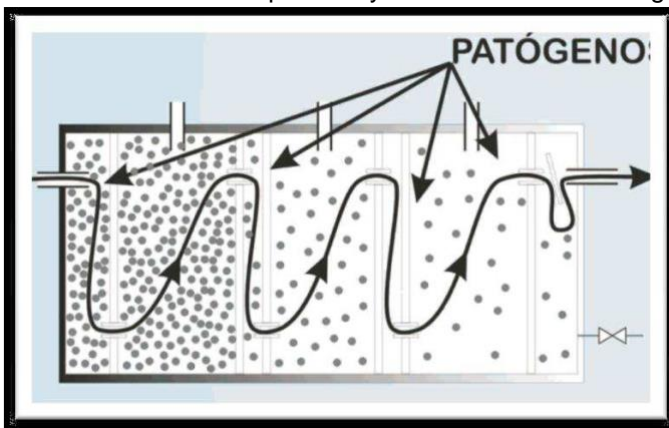
Ilustraciones 5 y 6. Plano del desarenador desengrasador



## FOSA ANAEROBIA, PROPUESTA DE FOSA ANAEROBIA DE ALTA VELOCIDAD. PRINCIPIOS DE FUNCIONAMIENTO:

Se recomienda la fosa anaerobia Tar por su disminución drástica de volumen necesario y eficiencia en el tratamiento.

- La fosa anaerobia de alta velocidad Tar consiste en un depósito cerrado con geometría paralelepédica regular.
- En su interior se disponen una serie de tajaderas, o diques, que dividen el espacio en varios compartimentos, los cuales fuerzan al agua a seguir un circuito en zigzag.
- El paso de un compartimento a otro se hace con la entrada de agua por la parte inferior y la salida por la parte superior.
- El agua atraviesa el lecho de fangos formado en la base del recinto anterior, aumentándose el contacto agua y fango y favoreciéndose el efecto filtro del lecho de lodo.
- La fosa anaerobia mejora la calidad del agua residual en base a fenómenos de sedimentación y degradación biológica anaerobia de la materia orgánica, favorecida por el contacto con el lodo anaerobio que también beneficia la reducción de la cantidad de sólidos en suspensión y sólidos disueltos del agua

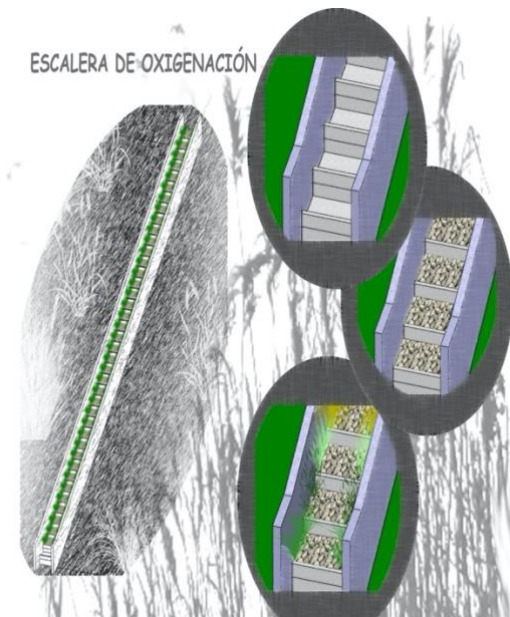


*Ilustración 7. Fosa anaerobia de alta velocidad 2012*

## ESCALERAS DE AIREACIÓN MÁS PLANTAS DE RIBERA. FUNDAMENTOS DE LA DEPURACIÓN.

- Será el elemento que vehiculará las aguas residuales cuando haya pendiente suficiente entre la Fosa de Alta Velocidad, u otra fosa comercial y la batería canales de plantas. Si hay menos pendiente pueden instrumentarse rápidos, poniendo cortes al paso del agua, tipo ladrillo, repartidos al tresbolillo (dispuestos en dos filas uno si / uno no en cada fila, de manera que se corte el agua y se deje pasar después de cada choque).
- Al mismo tiempo que las vehicula introduce oxígeno en estas aguas, provenientes de la fosa anaerobia.
- Esta oxigenación tiene una doble función, favorece los procesos aerobios posteriores de metabolización anaerobia de materia orgánica en los siguientes canales de plantas y evita problemas de anaerobiosis secundarios que pudieran surgir.
- Las piedras son el material de relleno seleccionado por una razón primordial. Cumplen el óptimo en su función de filtro natural y soporte para la vida bacteriana que realizará

la depuración de la materia orgánica restante de las aguas residuales, a la vez en los choques con ellas facilitan el aporte de oxígeno al sistema y tienen un coste bajo.



*Ilustración 8. escaleras de oxigenación desarrolladas por el grupo Tar. TFM de Alexander Lizárraga, Master ingeniería del agua, título propio de la Universidad de Sevilla, grupo Tar.*

#### CANAL DE PLANTAS. FUNDAMENTOS DE LA DEPURACIÓN.

Desarrollado por el grupo Tar de la Universidad de Sevilla y Bosque Anxanar, el canal de plantas tiene por objetivo facilitar la absorción de la contaminación de las aguas tratadas previamente mediante tres procesos:

- Bloqueo de penetración de luz solar, lo que inhibe la excesiva proliferación de algas.
- Oxigenación del agua, a través de la fotosíntesis de las plantas para la eliminación bacteriana de la materia orgánica.
- Captación de nitrógeno y fósforo del agua, gracias a las necesidades que las plantas tienen de estos elementos para su crecimiento y floración.

La población de plantas del canal deberá quedar equilibrada al final del proceso, para que todas las especies cumplan su función, pero ninguna de ellas predomine sobre las otras.

Construcción:

1.- Previo cavado de una zanja trapezoidal de 30 cm de profundidad e impermeabilización, se procederá a la colocación de 16-20 plantas por canal.

Se alternarán cada una de las especies, colocándolas con una separación lateral y frontal de aproximadamente 60 cm. entre plantas, para facilitar su proliferación.

Se deberán asegurar las raíces con piedras, manteniendo la verticalidad de las plantas.

2. Una vez alcanzados los niveles de calidad de agua adecuados, incorporaremos plantas flotantes y de fondo, con el fin de estabilizar el sistema.

Las plantas aromáticas deben ser colocadas en segunda línea detrás de las de ribera, sin que las raíces entren en contacto con el agua. Para ello, una opción es hacer cunitas tupidas de tierra vegetal sobre las piedras del canal estancas.

#### MANTENIMIENTO

- ✓ Podaremos de manera periódica las plantas, con el objetivo de favorecer la absorción de nitrógeno y fósforo y el rejuvenecimiento del cultivo.
- ✓ La población óptima de plantas, en tamaño y número, se habrá alcanzado cuando los niveles de fósforo y nitrógeno sean los adecuados.
- ✓ Realizaremos la limpieza de los fondos del canal según aumente el nivel de sólidos en suspensión de los mismos.

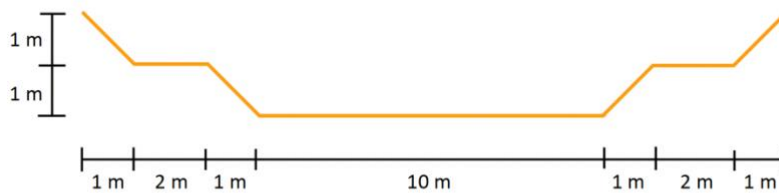
#### ESTANQUE DE NATURALIZACIÓN CON MACROFITAS.

- Se proyecta la construcción de un estanque de naturalización para tratar las aguas residuales tratadas previamente en el sistema de depuración proyectado, antes del vertido final a cauce del dominio público hidráulico, dando así cumpliendo a los requisitos legales actuales.
- Básicamente este estanque consiste en una excavación rellena con piedras, donde se colocan plantas macrofitas de ribera, tipo enneas, juncos, carrizos, etc.

El estanque debe ser suficientemente dimensionado para poder cumplir dos funciones, oxigenación adicional para afinar la calidad del agua y disponer de una amplia superficie de asoleamiento para aprovechar la capacidad desinfectante de los rayos UVA del sol para pasterizar el vertido de salida.

Según los valores que se consigan de estos parámetros se podrá diseñar la reutilización del agua regenerada en la EDAR. Por eso es tan importante este estanque de naturalización.

## DIMENSIONADO



Largo = 18 m

Ancho = 18 m

Profundidad hasta la base = 2 m

Cota de aliviaderos para riego del huerto:	1,2 m
Cota de aliviaderos de emergencia:	1,5 m
Volumen de tierra a excavar:	365 m <sup>3</sup>
Inclinación de las paredes sobre la horizontal:	45°



*Ilustración 9: esquema de estanque.*

Para mejorar la calidad del agua se instalará la vegetación de ribera de acuerdo a los criterios ya explicados anteriormente.

Para enriquecer la fauna del estanque se introducirán peces, a poder ser autóctonos, en nuestro caso, en Andalucía empezamos preferentemente con unos barbos gitanos (andaluz), más resistentes a los ambientes más extremos, dentro de las especies autóctonas existentes en el río Guadalquivir, que se han adaptado con ayuda de las escolleras al nuevo entorno naturalizado sin dificultad en los estanques en los que hemos trabajado. En cada comunidad se optará por criar peces típicos de sus ríos.

En Andalucía, España, El *Luciobarbus sclateri*, conocido como barbo gitano (andaluz) es un pez de la familia de los Cyprinidae que combina dos tonalidades: el dorso es más oscuro y la zona central tiene un color amarillo-verdoso, mide alrededor de 43 cm. Su cuerpo presenta escamas grandes a excepción de su cabeza. Posee unos barbillones sensoriales en la mandíbula superior que hace a esta especie muy característica. La hembra suele ser más grande que el macho y ambos presentan un cuerpo alargado y robusto.

El barbo andaluz se alimenta de una amplia variedad de invertebrados acuáticos, como de especies vegetales. Sus hábitos son bentónicos. En este sentido, sobresale su capacidad de adaptación al entorno para así alimentarse de aquello que encuentra a su alcance.



Fotos 7 y 8. Introducción del barbo andaluz en el estanque piloto del grupo Tar, 2021.  
<https://www.youtube.com/watch?v=8t45k94BSHA>

## Poblaciones de peces y flora

Ubicación de flora y fauna del estanque:

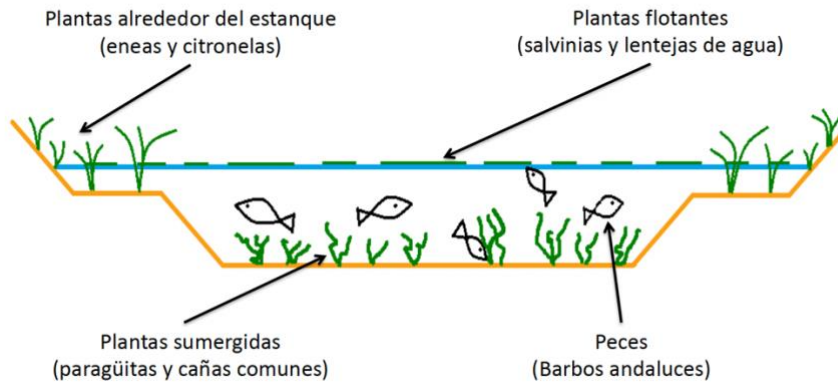


Ilustración 10. Poblaciones de fauna y flora

El estanque descrito es una oportunidad para el aumento de la biodiversidad y para el desarrollo de un proyecto ambiental y social “Aula de Naturalización del estanque” que propone extender la educación ambiental a los niños de colegios e institutos de los diferentes pueblos de la zona, para las asociaciones y amigos de la naturaleza del entorno y en un futuro para técnicos e investigadores.



Fotos 9 y 10. Visita de niños de colegios e institutos de los diferentes barrios de Sevilla al estanque Ramiche, estanque piloto del grupo Tar 2022 y 2023.



## ARQUETA DE ACUMULACIÓN. RECUPERACIÓN ENERGÉTICA

De acuerdo al principio enunciado de aprovechar la altura,  $h$ , por su contenido en energía potencial,  $mgh$ , se dispone lo siguiente:

- Si hay altura disponible después del tratamiento diseñado, se proyecta la construcción de una arqueta para una pequeña acumulación de los volúmenes de agua residual tratada, los cuales, mediante un vertedero en “V” serán descargados para el accionamiento de un sistema de generación de energía hidroeléctrica.
- Se contemplan dos variantes para el sistema de generación:
  - S1. Turbina tipo “Pelton”: Transforma directamente la energía hidromecánica en eléctrica.
  - S2. Turbina+Alternador
  - Si no hay altura disponible que merezca la pena, se instala una arqueta para toma de muestras y se vierte el agua tratada al cauce receptor o se utiliza para riego con agua regenerada.

## RIEGO CON AGUA TRATADA EN LA DEPURADORA, AGUA REGENERADA:

Al no poder hacerse, por motivos económicos, los análisis correspondientes que verifiquen la calidad del agua después del estanque, la opción más importante será REUTILIZAR EL AGUA REGENERADA PARA RIEGO.

Pueden ocurrir dos cosas:

1.- agua con calidad para riego de ciertas especies forestales no alimentarias, con menores exigencias normativas de calidad.

2.- si el agua necesita mayor tratamiento, esto debe conseguirse aumentando la capacidad del estanque de naturalización instalado o, mejor todavía, diseñarlo inicialmente para conseguir esos parámetros de calidad que permitan su uso para riego.

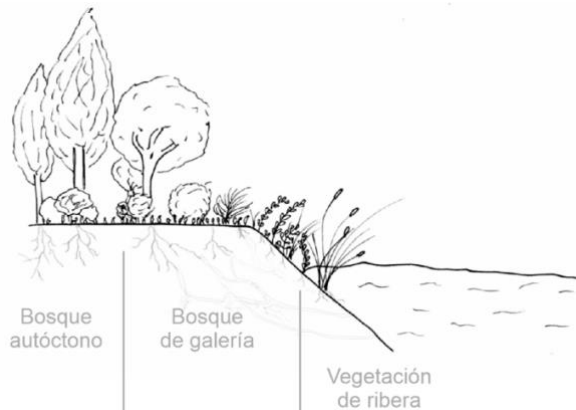
3.- para posible riego agrícola deberá realizarse tratamiento más exigente y necesitará mayor control microbiológico, NO POSIBLE EN NUESTRO CASO, por lo que se recomienda para riego de uso forestal de especies no alimentarias

Por otro lado, si hay altura disponible, deberá optimizarse la recuperación energética propuesta, con pérdida obligada de altura para conseguir energía en kW, con la posibilidad del uso del riego en la altura más adecuada, esto se deberá hacer en cada caso según posibilidades.

Para el riego deberá diseñarse la red de acequias, o canales, correspondientes, calculando los tramos que sean necesarios para la conexión con la depuradora. Esto supone el aprovechamiento del agua regenerada **y su puesta en valor**. Esta agua para el riego ofrece la posibilidad de recuperación del esfuerzo comunitario y la generación de riqueza a nivel local sobre el propio entorno de cada comunidad donde se implante.

## DISEÑO DE BOSQUECILLO COMUNITARIO DE ARBOLES DE FRUTOS NO COMESTIBLES

La posibilidad de usar agua regenerada abre camino a una siembra de arbustos y árboles de frutos no comestibles que den lugar a un bosquecillo perimetral al estanque naturalizado, que con unas especies bien escogidas den lugar a propiciar un entorno apropiado para la estancia de aves del entorno y migrantes y su posterior nidificación. Así mismo será oportunidad para peces, reptiles, anfibios en el estanque y pequeños mamíferos en el bosquecillo.



*Ilustración 11: Secuencia de vegetación desde el estanque naturalizado al bosquecillo.*

- Bosque de galería. En las zonas aledañas un poco más altas a la orilla, se introducirá el bosque de ribera, árboles típicos de orilla de río.
- Bosque autóctono. En las zonas más secas, en nuestro caso la segunda fila de la plantación al tresbolillo, introduciremos el bosque autóctono. En Andalucía, mediterráneo (Encina, acebuche, alcornoque, ...).

Las aves y pequeños mamíferos encontrarán, tanto en el bosque de galería como en el bosque autóctono, todo lo necesario para adaptarse al territorio de una manera viable.

La suma de estanque más el bosquecillo es una invitación continua al aumento de biodiversidad en la zona y sumará una nueva especie al entorno, la humana, al encontrar posibilidades de disfrute en este espacio naturalizado.

La red de estanques naturalizados diseñados dará oportunidad, en su caso, al establecimiento de corredores verde / agua que los conecten de forma viable para plantas, animales (aves, pequeños mamíferos, etc) y personas, generando una red viva que una la comunidad con todas sus aglomeraciones y viviendas dispersas.

Por otro lado, se consigue una captura neta de CO<sub>2</sub> con la implantación del bosquecillo que suma un factor más a la sostenibilidad del diseño y a ejemplificar con hechos tangibles desde las actuaciones comunitarias las necesarias palabras sobre el cambio climático y sus consecuencias.

La aplicación de tecnologías naturales, ofrece la oportunidad de disfrutar de un aumento de la biodiversidad y recuperar la cultura ancestral de manejo del agua en las comunidades donde se lleve a cabo. Esta suma de valores hace apetecible su disfrute para las familias cercanas y del exterior, abriendo posibilidades de desarrollo local ligado al tratamiento de aguas residuales, que se suman a la mejora de la calidad de vida de la comunidad.



La recuperación, en su caso, de las acequias y canales ancestrales en los riegos con agua regenerada son oportunidad de recuperar la cultura y la identidad de la comunidad tan ligada a esta ingeniería popular en peligro de extinción.

En Sevilla, octubre 2023.

Julián Lebrato Martínez, es profesor de la Universidad de Sevilla, con docencia en la Escuela Politécnica Superior, donde desarrolla ingeniería para las personas con sus alumnos de cada año. [https://investigacion.us.es/sisius/sis\\_showpub.php?idpers=2324](https://investigacion.us.es/sisius/sis_showpub.php?idpers=2324)





Y es responsable del Grupo TAR de la Universidad de Sevilla (Rnm 159 Plan Andaluz de Investigación, Desarrollo e Innovación), donde es investigador desde 1984 donde ha desarrollado la ingeniería del agua y ambiental posible, IAP, en sus trabajos de investigación y formación de técnicos. Desarrolla una asesoría técnica abierta a todos los países del mundo, con especial incidencia en España y Latinoamérica a través del Master en ingeniería del agua de la Universidad de Sevilla, que estuvo vigente desde 2003 hasta 2016. Actualmente la asesoría empieza a extenderse en el África subsahariana.

Las experiencias en Managua (Nicaragua) 2012 a 2016, en Kimpese (R. D. de Congo) y Torreblanca verde desde 2016 hasta ahora, en Tegucigalpa (Honduras) 2018 a 2020, nos han enseñado a “naturalizar la ciudad y otros entornos” diseñando para la comunidad y de sus vecinos. Allí hemos aprendido como pasar de las pizarras a la realidad diaria y hemos ido a muchos países a aplicar estos conceptos que ahora usamos en Andalucía y en España donde trabajamos en el desarrollo de ciudades verdes y en renaturalización rural desde un punto de vista participativo y de inclusión, con conceptos basados en el desarrollo social de la comunidad.

Durante los años de existencia del grupo Tar ha investigado y publicado en las mejores revistas indexadas, con tres sexenios investigadores y uno de transferencia reconocidos. Ha dirigido 15 tesis doctorales y ha formado a cientos de técnicos que trabajan actualmente en el sector del agua y ambiental andaluz, español, latinoamericano y ahora estamos abriendo futuro en África de la mano del Congo.

Responsable de los siguientes proyectos/ayudas en la US:

Proyecto de investigación Thermal Hydrolysis & Thermophilic digestion (Therm2)



Responsable: Julián Lebrato Martínez

Tipo de Proyecto/Ayuda: Plan Estatal 2021-2023 - Colaboración Público-Privada

Referencia: CPP-2021-008678

Fecha de Inicio: 01-10-2022

Fecha de Finalización: 30-09-2025

Empresa/Organismo financiador/es:

- Ministerio de Ciencia e Innovación

Socios:

- Empresa Municipal de Abastecimiento y Saneamiento de Aguas de Sevilla
- Universidad de Valladolid
- Fomento Agrícola Castellonense S.A.
- TE CONSULTING HOUSE 4 PLUS, SL

- Contrato con empresas (Arts. 68/83 LOU):
  - Estudio de las posibles causas del afloramiento excesivo de biomasa verde en el vaso de la laguna del Parque de los Príncipes, Sevilla. ([3907/0908](#))



- Asistencia Técnica para el estudio de la influencia de los vertidos de las EDAR San Jerónimo, Tablada y Copero de EMASESA en el estuario del Guadalquivir ([3978/0908](#))
- Asesoramiento en el correcto funcionamiento de la EDAR de Monteclaro sito en Pozuelo de Alarcón, Madrid. ([3562/0908](#))
- Estudio del comportamiento de los nutrientes Nitrógeno y Fósforo en el estuario del Guadalquivir: causas y consecuencias ([3631/0908](#))
- AME: Ensayo de comportamiento del inoculo en el digestor UASB de la fábrica. 25°C y 35°C y BMP: Ensayo de comportamiento del vertido de la fábrica ([3726/0908](#))
- Ensayos piloto y diseño previo de tratamiento de aguas residuales de AGRO SEVILLA S. COOP. AND. ([3233/0908](#))
- Contratación de asistencia técnica e investigación sobre residuos líquidos de alta carga orgánica para codigestión anerobia con fangos mixtos en las Edar de Emasesa ([3305/0908](#))
- Informe técnico sobre la posible afección de vertidos de aguas residuales urbanas a masas de agua en transición ([3444/0908](#))
- Estudio de viabilidad de tratamiento biológico anaerobio más aerobio de las aguas residuales de Agro Sevilla ([3215/0908](#))
- Programa de difusión internacional del manual de autoconstrucción de canales abiertos de saneamiento ([OG-049/08](#))
- Investigación y desarrollo tecnológico en ingeniería del agua posible. Desarrollo de canales abiertos de saneamiento (CAS) ([OG-181/07](#))
- Informe medioambiental en el municipio de Nerva (Huelva) ([OG-018/04](#))
- Estudio de la incidencia de diversos contaminantes en el litoral andaluz ([OG-059/03](#))
- Estudio de la incidencia de diversos contaminantes en el litoral andaluz ([OG-115/01](#))
- Plan piloto de implantación de banderas de calidad del agua del río en la provincia de Sevilla (OG-017/99)

#### **Participa en los siguientes proyectos/ayudas en la US:**

- Contrato con empresas (Arts. 68/83 LOU):
  - Elaboración de nuevos instrumentos e investigaciones para la puesta en marcha del Plan Maestro del Centro Histórico del Distrito Central ([3489/0852](#) - Equipo Trabajo (Solicitud))
  - Proyecto internacional Competitivo y de índole Institucional SOLAR DECATHLON EUROPA 2019 ([3395/0971](#) - Otro Investigador)
  - El Plan Maestro del Centro Histórico del Distrito Central de Honduras. El afecto como origen de nuevas estrategias y mecanismos de innovación social y regeneración urbana sustentable. ([2987/0852](#) - Equipo Trabajo (Solicitud))
  - Sistema Modular Autosuficiente de purificación de aguas para consumo humano ([2517/0733](#) - Investigador)
  - Diseño de un Proyecto de Investigación sobre recuperación de aguas ácidas provenientes de explotación minera en la Corta de Aznalcóllar, para incorporación a la oferta de Emerita para la concesión de los derechos de explotación minera en el Concurso Internacional que la Junta de Andalucía ha promovido para las Minas de Aznalcóllar. ([2390/0733](#) - Investigador)



- AQUA-RIBA. Sistemas de Gestión Sostenible del Ciclo del Agua en la Rehabilitación Integral de Barriadas en Andalucía ([2041/0699](#) - Investigador)

#### **Bosque Anxanar ha diseñado la Red barrios verdes basada en:**

1.- **La acción participación** que ha implicado en Torreblanca verde a gran parte del vecindario y a muchos amigos de todas partes en una estrategia de afrontar acciones desde el principio, seguidas de diagnósticos de situación, y según los resultados ir afinando los diseños posteriores mientras se sigue actuando.

2.- Desarrollo de actuaciones piloto de autoconstrucción tipo calles verdes, sembrando plantas en las propias calles de los vecinos, que enganchen continuamente a más vecinos y amigos al proyecto.

3.- Centralizar el proyecto en los mayores del barrio, con la recuperación de su conocimiento y cariño por su entorno familiar y vecinal.

4.-Trasladar los conocimientos adquiridos en el Estanque Ramiche de Torreblanca verde a las lagunillas, riberas, lagunas temporales y otras masas de agua urbanas que existen en los barrios.

Desde el trabajo del estanque hemos aprendido para llevar adelante un trabajo innovador en las lagunas temporales de Sevilla Este, que están amenazadas de construcción de una urbanización residencial y contienen hasta cinco especies de anfibios en peligro de extinción.

5.- Diseño de la naturalización de la ciudad, trabajando en la red con los barrios verdes por el mundo donde hemos trabajado, con las especificaciones de cada uno en particular.

6.- Definición de una actividad emblemática en cada apartado de la vida del barrio, ejemplos: suelo / huerta social, agua / estanque naturalizado, aire / paseo forestal y vegetal y luz / color en las calles, murales participativos.

7.- Implicar lo más posible a los colegios del barrio, los pequeños tiran de la familia entera y del futuro de la comunidad.

8.- Desarrollar “islas verde agua” en el barrio, donde se propicien las condiciones necesarias para el aumento de la vida de animales y plantas, posteriormente se unirán por corredores verde / agua para hacer su malla verde urbana.

9.- Intentar y reintentar cuando vengan actitudes negativas con la biodiversidad en el barrio, se trata de convencer con el ingenio, la paciencia y el saber hacer.

10.- No olvidar la difusión del barrio verde de todas las maneras posibles, no es fácil hacer llegar mensajes como este a la comunidad y es parte importante del éxito día a día del proyecto.

#### **Referencias Bosque Anxanar en naturalización urbana participativa, estética y sostenible:**

- Torreblanca verde en Sevilla, para el grupo Tar de la Universidad de Sevilla. 2016 – 2023.
- Diseño en verde del barrio 2 de Kimpese, R.D. de Congo, 2016 – 2023.
- Diseño participativo de las Palmeras verde en Córdoba, para la Universidad de Córdoba, proyecto In – Habit de la Unión Europea. 2021.
- Talleres de barrio verde en Córdoba, Sevilla. 2021.
- Talleres de etnobotánica, productos naturales y cosmética natural en la Universidad de Sevilla, 2020- 2023; Anievas, en Cantabria ,2022; Instituto de Cultura y arte de Sevilla, Icas, 2022 y 2023.
- Talleres de jabón de Castilla en la Noche de los investigadores 2023 en la Plaza Nueva en Sevilla y en Constantina (Sevilla) para la Consejería de Sostenibilidad, medioambiente y economía azul.



- Recuperación de las Reales Almonas de Sevilla en Triana en 3D, la fábrica de jabón blanco de Triana, III Congreso Iberoamericano de jóvenes investigadores de Patrimonio Industrial, Córdoba 2023.
- Propuesta de Paseo de la Jabonería, para pasear las antiguas Reales Almonas en el actual Paseo de la O en Sevilla, 2023.