

# **“INVESTIGACIÓN Y DESARROLLO TECNOLÓGICO EN INGENIERÍA DEL AGUA POSIBLE. DESARROLLO DE UNIDADES DE SANEAMIENTO BASICO”**

## **MEMORIA TÉCNICA**

### **1.- Antecedentes**

El Grupo TAR, nacido en las aulas y laboratorios de la Escuela Universitaria Politécnica de la Universidad de Sevilla se propone: generar, transmitir y aplicar conocimiento de acceso libre en la Ingeniería del Agua Posible (IAP), que aprende de la naturaleza y con los medios disponibles en el entorno.

Durante toda nuestra vida nos hemos acostumbrado a ver gente que se desplaza durante horas cada día a buscar un agua de calidad mas que lamentable en todos los países empobrecidos, mientras bebemos comodamente de nuestros grifos un agua de calidad casi infinita.

Seguramente nos hemos limitado a la resignación y a pensar que todo depende del lugar donde se nace para lavarnos las manos en la imposibilidad de hacer algo. Quizas lo peor de todo sea que tambien hemos transmitido este fatalismo a los propios ciudadanos excluidos, que así se resignan a su suerte.

El camino emprendido por la Agencia Andaluza del Agua en el convenio con la Universidad de Sevilla sobre el desarrollo de los canales abiertos de saneamiento, CAS, abre una vía de autoconstrucción por los propios ciudadanos de las instalaciones del ciclo del agua, que ofrece alternativas para enfrentar este dramático problema de tanta y tanta gente en el planeta tierra.

En línea con los CAS, planteamos este nuevo desafío de la ingeniería del agua posible en el esfuerzo de poner a disposición de los ciudadanos una herramienta para pelear por su propia agua de consumo humano:

La autoconstrucción de los CAL, canales abiertos, acequias, acueductos que tratan el agua mientras la transportan lo más cerca posible a los usuarios.

Frente al conocimiento convencional para potabilizar el agua de los ciudadanos con costosas instalaciones convencionales, empezamos por discutir un concepto ligado generalmente a la potabilización, no son 300 litros por habitante y día lo que se necesita en muchos lugares del planeta, sino mas bien 10 litros habitante y día para el uso alimentario saludable, seguidos de 20 / 40 l de higiene personal y doméstica, y hasta otros 40 / 50 l de mejora de calidad de vida.

Estos niveles de consumo son objetivos a conseguir paso a paso, por eso empezamos por marcarnos el primero como irrenunciable, los 10 litros por habitante y día, los de la salud básica de las personas. Sabemos que las personas mas sanas pueden formarse mejor y elegir por si mismas su futuro, por ello la IAP es tan solo una herramienta para el desarrollo humano.

En el presente convenio se plantea la investigación y desarrollo tecnológico de los canales abiertos de aguas limpias, CAL, que se conciben como herramientas de conocimiento para la regeneración de la calidad de las masas de agua contaminadas para el consumo humano.

Entendemos que son especialmente indicados para su aplicación en países en vías de desarrollo, por sus menores costes económicos y su especial incidencia en la mejora de las condiciones ambientales del entorno y en la salud de las personas.

Estos sistemas, se construyen por los propios interesados con materiales autóctonos, aprendiendo / copiando de la naturaleza. Básicamente consiste en aplicar una mirada diferente al conocimiento existente en tratamiento de aguas no convencionales y los todavía más naturales desarrollados por el Grupo TAR, desarrollo de la ingeniería del agua posible.

Las Naciones Unidas plantean en sus objetivos del milenio el acceso al agua potable de al menos la mitad de las personas que carecen de ella para el 2015. Este objetivo nace, como los demás, sin previsiones económicas ligadas al programa, y lo que es peor, sin un planteamiento de generación de conocimiento adecuado para tan gran desafío. Estas carencias convierten este objetivo en un autentico canto al sol, haciendo muy difícil su mínimo cumplimiento.

El GrupoTAR de la Universidad de Sevilla, dentro de sus líneas de investigación en Ingeniería del agua posible, plantea este programa de I + D de Autoconstrucción de canales abiertos de aguas limpias, CAL.

Los CAL contribuirán al cumplimiento de los citados objetivos constituyendo una herramienta de conocimiento libre a disposición de la batalla contra la diarrea en el mundo y en general de enfermedades de transmisión hídrica, que pasa necesariamente por atacar a los microorganismos patógenos que las propician, tanto en el saneamiento de las aguas negras, como en las aguas de consumo humano.

## ***2.- Hipótesis de trabajo***

Se trata de mejorar dentro de las posibilidades del entorno y los ciudadanos implicados tanto la calidad del agua, como el acceso al agua de consumo humano de las personas y las comunidades donde se integran. Se trata también de conseguir mayores cantidades de agua de mejor calidad y mas accesible para ellos, sus ganados, y cultivos.

Los CAL se plantean como una variante innovadora de los sistemas de tratamiento apropiados en serie, sobre el propio canal abierto de forma que el agua se trata mientras se transporta.

Técnicamente, en los CAL se maximiza el efecto flujo pistón, que desde el punto de vista cinético es más eficiente para el tratamiento del agua que el flujo en mezcla completa típico en las instalaciones convencionales. Por lo tanto se puede concluir que el flujo pistón, es decir una serie de sistemas de tratamiento

en serie o CAS, tienen las siguientes ventajas respecto a un sistema de tratamiento de mezcla completa o una serie de ellos:

- Mayor eficiencia de tratamiento por unidad de volumen, y por lo tanto menor costo
- Mayores posibilidades de adquirir gradientes hidráulicos para oxigenación e insolación natural.
- Su extremada longitud obliga en economía precaria a prescindir de tuberías, y así permite tratar el agua mientras es transportada en canal abierto.

En referencia al tipo y prioridad de las unidades de tratamiento en la serie en los CAL es importante tener en cuenta los criterios generales de prioridad de tratamiento, que se aplican en la ingeniería sanitaria y en la ingeniería del agua posible.

Los CAL, nunca en ningún caso persiguen potabilizar el agua, si no mejorarla suficientemente para disminuir la diarrea, llamando así a todo tipo de enfermedades hídricas, en los ciudadanos servidos.

Erradicar la diarrea es un objetivo irrenunciable, y para ello es necesaria la investigación y un gran desarrollo tecnológico, aplicaciones novedosas y gran capacidad de autoconstrucción y transmisión del conocimiento generado a tantos pueblos que lo esperan.

**Pedir imposibles técnicos a los CAL, carece de sentido para nosotros, y lleva a la melancolía. Es evidente que en muchos casos la calidad de las masas de agua primarias es tan lamentable, la dificultad del transporte puede ser tan grande, que con los medios disponibles “solo” podremos mejorarla y hacerle un poco mas accesible, pero precisamente ese, y no la potabilización europea, es el objetivo de los CAL.**

Por todo ello se plantean las hipótesis siguientes:

0.- Es posible abducir el agua con IAP, métodos que aprovechen la energía del viento, propicien la toma por gravedad, o en general no consuman energía eléctrica. Se considera la tracción animal, como en nuestras antiguas norias, o las que aprovechan la propia energía hidráulica.

1.- Es posible acercar el agua a las poblaciones que la buscan a muchos kilómetros de distancia, con la construcción por los propios ciudadanos interesados de canales abiertos hasta los puntos que la orografía y las condiciones de cada caso en particular así lo permitan. Con esto se mejora la calidad de vida de la comunidad que tendrá el agua más accesible.

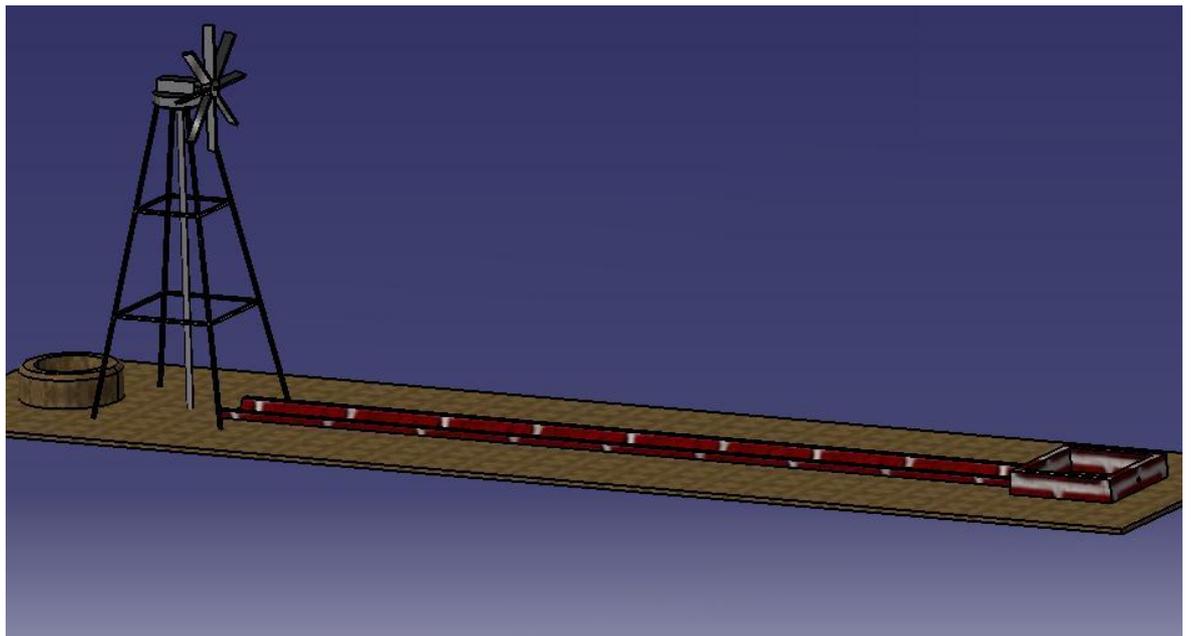
Se tendrán en cuenta tanto las diferentes calidades de las masas de agua disponibles, como las condiciones geográficas, orografiías, topográficas del entorno de las mismas y los caminos que deben recorrer los canales para acercarla lo más posible a las comunidades de usuarios.

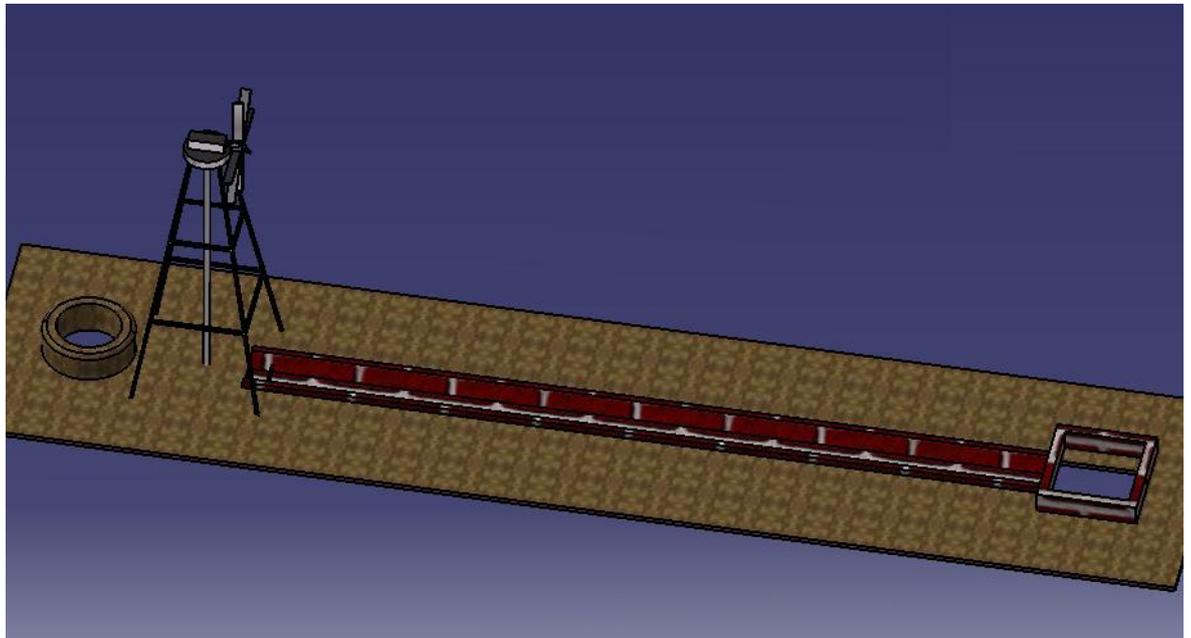
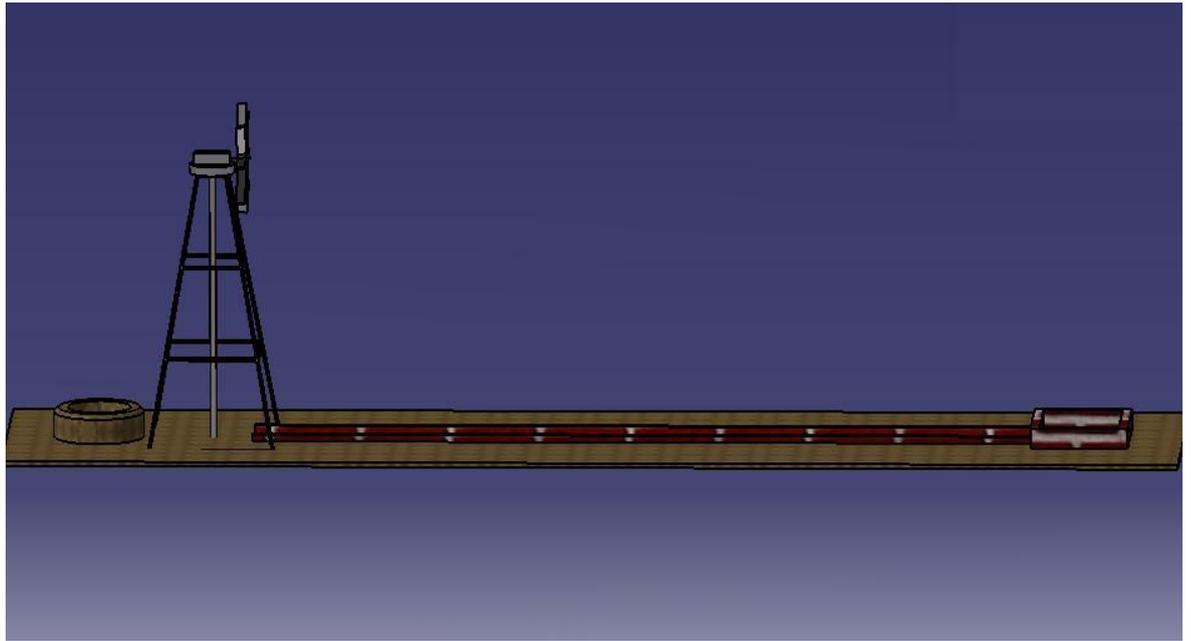
2.- Es posible aplicar sistemas de tratamientos naturales, aprendidos de la naturaleza a estos canales abiertos de regeneración de agua de consumo, CAL, que permitan que el agua no se solo no se deteriore en el transporte, sino que además nos permitan obtener los mejores rendimientos posibles, no los legalmente exigibles, sino los conseguibles en cada caso.

3.- La sucesión de tratamientos propuestos conseguirá una considerable reducción, al menos, de sólidos, materias orgánicas y patógenas que de una manera posible y en función de las condiciones de partida, permitirá una mejora real de la calidad de las aguas de consumo humano. Pero

4.- la conservación y mejora de la calidad de las aguas transportadas exige un mantenimiento posterior a la autoconstrucción del canal, por ello todos los esfuerzos que no vayan en paralelo con la consolidación de una comunidad de usuarios, aguadores, serán mas que baldíos.

Esto es un considerando general de la IAP, pero mucho más en este caso, ya que la conservación de la calidad del agua requiere trabajo comunal diario y constante.





### **3.- Propuestas de actuación. Hitos del proyecto.**

Se propone el desarrollo del trabajo según los siguientes hitos:

#### **1. Prototipo Hidráulico de Canal de aguas limpias.**

Diseño y Construcción de un prototipo de canal que permita realizar posteriormente un ensayo hidráulico a escala real. El prototipo debe permitir el estudio del comportamiento hidráulico del proceso en sus diferentes etapas. Tiempos de retención al atravesar los distintos rellenos, cierres hidráulicos, trampas de oxígeno.

## 2. Ensayos de tecnologías adecuadas.

Primero debemos separar sólidos grandes, con rejas, arenas, y grasas, y sólidos en suspensión, decantadores naturales, trampas de sólidos...

Después se trata de introducir aire y luz, para mejorar las condiciones químicas y microbiológicas del agua. Todos los tratamientos serán seguidos con un control de variables adecuado a cada uno de ellos.

Es decir, se medirá:

- Potencial Redox. – pH. – DQO. - Oxígeno Disuelto. – Temperatura.
- Conductividad. – Patógenos. - Materia Orgánica. – SS.

Y se evaluarán los rendimientos de los diferentes procesos para escoger los más adaptados a cada circunstancia.

### 2.1.- tratamientos físicos:

Desbastes

Desarenados

Desengrase

Trampas de sólidos

Decantadores naturales

### 2.2.- tratamientos naturales físico químico biológicos:

#### 2.2.1.- Filtros de piedra

Canal de 1 metro de longitud x 0,2 m ancho x 0,2 altura, relleno de piedras, de piedras funciona de manera similar a un humedal de flujo subsuperficial horizontal, Se dimensionara a partir de la experiencia del grupo tar en los CAS, donde se han obtenido una carga orgánica de funcionamiento de 14,375 g DBO/m<sup>2</sup> d. El proceso que tiene lugar en esta fase es asimilable al de un humedal de flujo subsuperficial horizontal aunque evidentemente en canales no se cumple la relación geométrica largo x ancho que se recomienda para los mismos, ni la granulometría del relleno ha sido la óptima

#### 2.2.2.-Filtros de arena

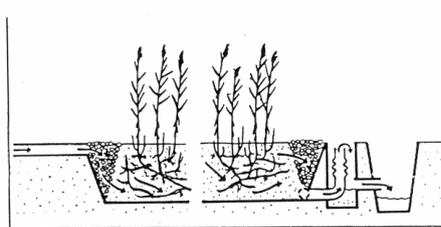
Se ensayan de manera similar al filtro de piedras, y se diseñan a partir de los datos de filtros de arena convencionales adaptados a sistemas naturales.

2.2.3.- Filtros de carbón de madera activados de manera posible, carbón activo posible.

Se trata de ensayar filtros de carbón activo posible, fabricado in situ sobre el canal, de forma similar al carbón vegetal a partir de madera. Luego se limpia con aguas acidas obtenidas a partir de frutos agrios exprimidos, de forma que el carbón queda con sus poros más limpios y activos.

2.2.3.- Filtros verdes

Aquí tratamos de aprovechar la capacidad de las plantas emergentes de liberar oxígeno por las raíces para mejorar la calidad del agua.



En este proyecto se estudiara la especie mas conveniente, ya que los estudios previos están muy focalizados a tratar aguas residuales de menor calidad, en principio, que las posibles masas utilizables para consumo humano.

- Elección de la especie
- Elección del material para el lecho
- Cálculo de la profundidad del lecho y del agua en el lecho
- Cálculo del tiempo de retención
- Determinación del área del campo para el lecho
- Cálculo el área de la sección transversal (ley de Darcy)
- Cálculo las dimensiones del sistema

2.3.- tratamientos químicos y biológicos posibles, tratamientos naturales.

2.3.1.- Ensayo de escalera de aireación.

Se trata de aplicar el conocimiento del grupo tar en oxigenación de masas de agua con escaleras, estudiando los rendimientos de una escalera por la que el agua bruta pasa y se oxigena, Se mide el aumento de oxígeno disuelto por unidad de escalón y caudal de agua a lo largo de la misma.

Previamente se han realizado diferentes experiencias por el grupo TAR para el cálculo del coeficiente de la inyección de oxígeno en agua por escalón cubicado en una escalera de aluminio con pintura antioxidante compuestas por

dos escalones de 50 x 25 cm., se están determinando las ecuaciones en base a las líneas de tendencia obtenidas con los datos medidos.

Un segundo paso consistirá en estudiar diferentes materiales para comprobar rendimientos y los organismos que puedan desarrollarse adheridos a los mismos. Deberán quedar definidos los parámetros que influyen sobre el rendimiento, caudal, altura de salto de agua, temperatura, número de Reynolds, turbulencia, lámina de agua en el vertido final.

Además de la oxigenación del agua, en estos momentos se están estudiando otros parámetros para mejorar los rendimientos de la escalera, que son los siguientes:

Disminución de la Demanda Química de Oxígeno (DQO).

Eliminación de patógenos (estudios de los coliformes fecales y totales).





En esta foto se visualiza el mínimo caudal necesario para conseguir el llamado efecto cascada, que nos permite introducir aire en el sistema.

Aireación mas insolación.

En general todos los sistemas químicos y biológicos son mucho mas saludables para la especie humana con aire y luz, pero es que además el grupo tar ha puesto a punto una técnica que mejora las aguas con arsénico y que se esta implantando en Piedritas Blancas, una escuela del noroeste argentino, en la provincia de Córdoba, con la financiación de la Fundación Cajasol.

Esta técnica se basa en el desarrollo de una metodología simple y de bajo coste que permite disminuir a nivel domiciliario el efecto del arsénico natural, presente en las aguas subterráneas que son usadas para bebida en poblaciones rurales y desprotegidas.

Las técnicas que son empleadas en la actualidad son coagulación / filtración, Alúmina activada, Ósmosis inversa, Intercambio iónico, Nanofiltración, Ablandamiento con cal, Método Raos de eliminación por oxidación solar.

El método alternativo desarrollado y probado a escala de laboratorio por el GrupoTAR consiste en la oxidación del As+3 a As+5 ya que el arseniato es 10 veces menos tóxico y tanto el As+5 como el arsénico orgánico son rápidamente y completamente eliminados por los riñones. Además el As +5 es fácilmente separable por precipitación de sal ferrica o por pasar por un filtro de chatarra de hierro.

Se comprueba que para una completa oxidación del arsénito a arseniato se requiere de la acción de un burbujeo de aire y una posterior exposición a la luz directa a la luz solar (este proceso se verificó en unos 30 minutos para una cantidad de 500 ml. de agua).

El tratamiento del agua con aireación mas insolación puede utilizarse además para reducir los sabores y los olores (por ejemplo, por oxidación del sulfuro de hidrógeno), para rebajar los niveles de materia orgánica volátil, y para alterar las concentraciones de gases disueltos.



Ahora nuestros esfuerzos están encaminados en llevar a cabo este proceso de oxidación del arsénito de un modo muy sencillo. Para ello se está desarrollando la creación de una bomba manual para aguas subterráneas de dos cilindros. Ésta será capaz de burbujear aire en el interior del pozo y extraer el agua de su interior con un alto contenido en oxígeno para seguidamente exponerla a la luz solar por un corto periodo de tiempo.



#### 2.4.- Tratamientos naturales modificados, o mejorados:

Ensayo de canal estanco de sobreoxidación: tratamientos naturales mejorados.

##### **Objetivo**

Tratamiento de aguas en poblaciones con escasos recursos, mediante la utilización de tecnologías naturales mejoradas para adecuarlas al entorno.

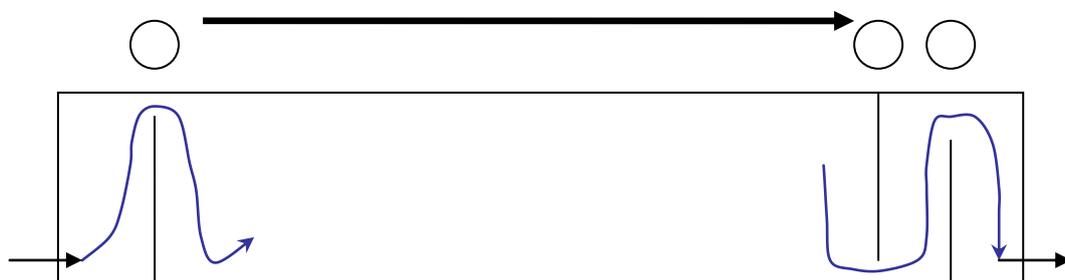
##### **Fundamento del proceso**

La inyección de oxígeno por parte del fitoplancton en un agua a tratar se incrementa a medida que potenciamos la exposición a la luz solar de las algas si tenemos un ambiente cerrado en el cual no haya fuga del oxígeno producido. La sobresaturación en oxígeno del agua provocará la eliminación de patógenos al alcanzarse altos niveles de este gas disuelto en el agua que llegue a la síntesis de formas reactivas como el  $H_2O_2$ . Por otra parte, el oxígeno producido acelerará la descomposición de la materia orgánica al suministrar más agente oxidante para el metabolismo de las bacterias aerobias.

Para los CAS se ha diseñado una trampa hidráulica que evita las pérdidas de oxígeno en el sentido transversal del canal, entendiéndose que la estanqueidad longitudinal se puede conseguir con un buen dispositivo de piedras alineadas sobre el plástico.

Este dispositivo se ha ensayado con muy buenos resultados, y consiste en hacer que el agua entre en el canal por debajo de una tabla/tajadera transversal y seguidamente se haga pasar por otra tabla que rebosa por arriba, entre las dos

tablas queda atrapada el agua que hace el cierre hidráulico. Por ello se propone su ensayo en este proyecto de CAL.



### 3. Definición de los dispositivos unitarios a pilotar sobre el canal:

En este proyecto se ensayan todas las diferentes alternativas de tratamiento, se evalúan los rendimientos obtenidos y obtenibles. Así se determinan las posibilidades de actuación en las diferentes casuísticas que se presentan en la realidad.

### 4. Construcción del Canal abierto de aguas limpias, CAL:

Una vez bien definidos los procesos del canal base, se pasa al Diseño y Construcción de un canal de aguas limpias, CAL, piloto que permita el ensayo y demostración de las tecnologías adecuadas escogidas anteriormente. Sobre dicho canal se montarán en serie los elementos diseñados en el apartado anterior.

#### 5.1- Diseño del aguador comunitario:

El agua que llega por el CAL al punto más cercano y accesible a la comunidad, debe ser usada convenientemente por los usuarios, para ello se diseñara el AGUADOR COMUNITARIO, a partir del reparto del agua según las prioridades de uso, consumo humano, aseo personal, limpieza de hogar y lavado de ropas, letrinas, ganados y usos agrícolas.

Este dispositivo tendrá regulada la cantidad de agua para cada vecino y familia, con un deposito que almacenará el agua necesaria por uno o dos días, el exceso rebosará y se recogerá para los siguientes usos, en una instalación, autoconstruible, por supuesto, que de forma modular, aproveche el agua para cada uso, regulando por rebosaderos los volúmenes y dotaciones asignados a cada uso.

Este aguador comunitario esta diseñado de forma que se asegura la reutilizaron razonable de cada agua utilizada, dejando las aguas residuales finales

de las letrinas, separada la fase más sólida para compostaje, para un CAS que cierre el ciclo con sus aguas canalizadas y tratadas hasta el nivel que sea posible.

## **5.2.- Dispositivos unitarios familiares domésticos de mejora de calidad de agua para consumo humano en**

Una vez que el agua llega al hogar no hay un solo motivo para dejar la salud de la familia en manos de la calidad que pueda venir, se trata de instalar en la casa una serie de tratamientos domésticos que permitan a los ciudadanos defenderse de las enfermedades que puedan llegar a través del agua. Se trata de poner a punto técnicas de autodefensa para los usuarios.

El manual de autoconstrucción definirá bien estas técnicas domésticas y enseñará como montarlas y manejarlas, con un buen solucionario de problemas.

## **6. Evaluación de rendimientos y posibilidades de aplicación del canal de aguas limpias piloto.**

Durante los ensayos del canal piloto se recogerán todos los rendimientos del mismo, y en la discusión de los rendimientos, aparecerán marcadas las posibilidades de aplicación en cada caso particular que se nos presente en las diferentes realidades donde se plantee su autoconstrucción.

## **7. Reingeniería del canal abierto de aguas limpias.**

Sumando los datos geográficos a la evaluación de rendimientos de los ensayos piloto, podremos hacer el replanteo de cada caso en particular para el desarrollo de un CAL adecuado a cada situación específica.

## **8. Puesta en demostración del canal y difusión de los resultados obtenidos.**

El CAL se pondrá en demo permanente en el grupo tar para que pueda ser estudiado y conocido por los técnicos e investigadores de los diferentes países que estén interesados.

## **9. Elaboración del manual de autoconstrucción.**

El grupo tar pondrá todos los medios de difusión de los que dispone para hacer accesible el conocimiento adquirido en este proyecto a todos los países posibles. **Autoconstrucción de canales, aguador comunitario y dispositivos domésticos:**

Para ello se elaborará el manual de autoconstrucción explicará el desarrollo de las técnicas de autoconstrucción puestas a punto en el presente proyecto y la utilización de materiales y métodos posibles, con especial énfasis en la geografía del canal, orografía, topografía, que nos obligan mucho más que en el caso de los CAS, ya que las masas de agua a “limpiar” tienen procedencias muy variadas. La llegada a la comunidad es muy aleatoria, diferente en cada caso, mientras que las aguas negras tienen un origen controlable en el poblado, y pueden vehicularse de una forma más predecible, en general.

#### **4.- CONCLUSIONES ESPERABLES de la buena marcha de la investigación del presente proyecto:**

1. Los CAL deben ser una variante innovadora para el ACCESO a un agua de calidad mínima por parte de poblaciones con escasos recursos económicos.
2. Alternativa (diferente a la diarrea) a la falta de economía para montar tuberías y tratamiento de aguas potables.
3. No son un tratamiento convencional, de alto coste económico, por lo que no le exigiremos rendimientos europeos de calidad de agua. Se trata de mejorar lo más posible la calidad del agua con los medios disponibles en cada lugar y cada momento.
4. Se maximizará el efecto flujo pistón:
  - Mayor eficiencia de tratamiento por unidad de volumen. Menor costo.
  - Mayores posibilidades de adquirir gradientes hidráulicos en la construcción del canal. Esto posibilitará la oxigenación natural.
  - El CAL permitirá el tratamiento del agua mientras es transportada.
5. Esperamos que sea posible tratar las aguas de consumo humano de poblaciones con los CAL, para hacerla lo mas accesible posible a la comunidad, a la vez que se mejora su calidad en el trayecto.

Esperamos que los CAL beneficien sanitariamente a la población al disminuir los riesgos de contagio de enfermedades de transmisión hídrica, y ahorren tiempo en su acopio por las familias. Así la comunidad podrá acceder a mejoras en su calidad de vida, y en muchos casos los niños podrán ir a la escuela, y las mujeres formarse personalmente y en actividades mas productivas que proporcionen mayores posibilidades a la familia.

La gestión de los CAL necesita un trabajo social previo en la autoconstrucción por los futuros usuarios, que deben agruparse de la manera que sea más eficaz en una comunidad de aguadores. Una vez esta organice a la población para los manejos del agua, puede aprovechar su estructura para ir gestionando mas y mas servicios comunes, empezando por la formación de los

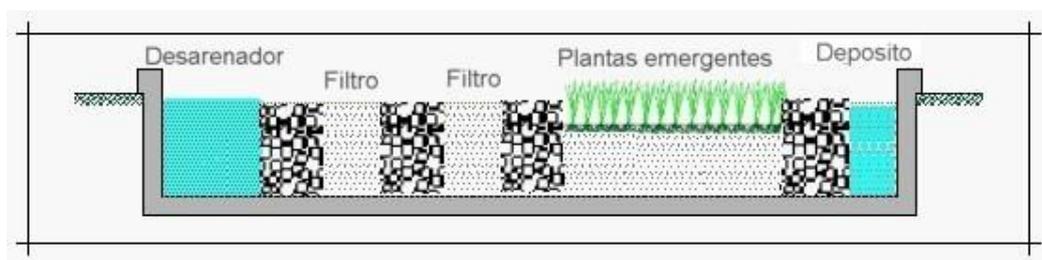
jóvenes, los usos agrarios y ganaderos, las cooperativas y microempresas y la productividad del trabajo de los comuneros.

6. La sucesión de tratamientos propuestos conseguirá una considerable reducción de MES, MO, Patógenos que en todos los casos mejore la salud de la población afectada.

7. esperamos que los tratamientos bajo plástico al permitir atrapar el oxígeno de las algas para nuestro uso en el tratamiento, mejore drásticamente la desinfección del agua, de la misma forma que ocurre en las investigaciones previas del grupo tar en los CAS y otros estudios llevados a cabo.

8. La autoconstrucción por los ciudadanos de sus propias canalizaciones y tratamientos los hará menos vulnerables a las enfermedades y a los malos gobiernos, ya que ofrece una herramienta, no la única, contra la resignación.

Finalmente los trabajos del proyecto nos darán una configuración básica del CAL que permita sentar las bases razonables de su autoconstrucción futura, y dará paso al trabajo de los constructores que definan como montar los procesos necesarios para la buena marcha del canal.



Estructura tipo de canal esperable.

9.- la autoconstrucción de los CAL y los CAS en una comunidad de usuarios, fortalecerá su estructura social, y será una herramienta de desarrollo humano en su propio entorno para las poblaciones.

La IAP se convierte así en una herramienta, privilegiada pero solo eso herramienta, del desarrollo humano, verdadero objetivo final de nuestro trabajo en el grupo tar.

10.- Los conocimientos aquí desarrollados permitirán la conservación de la vida en los entornos menos favorecidos, y también mejorar su calidad para entornos mas favorecidos como en Europa, donde el desarrollo de los entornos rurales tiene problemas importantes en las normativas ambientales que lo están limitando, porque las tecnologías convencionales tienen costes inasumibles para los ciudadanos y los pequeños pueblos, que así se están despoblando poco a poco.

Así la IAP se convierte en una herramienta universal, e imprescindible, para países y entornos a ambos lados de la miseria

## **7. Resultados y discusión**

Los CAL deben darnos unos resultados razonables que nos permitan una suficiente mejora de la calidad y la accesibilidad del agua a los ciudadanos que haga viable su autoconstrucción.

Si se confirman dichos resultados quedarán evidenciados los CAL como herramientas de conocimiento especialmente indicadas para su aplicación en países en vías de desarrollo, por sus escasos costes económicos y su especial incidencia en la mejora de las condiciones ambientales del entorno y en la salud de las personas.

## **8.- Conclusiones y memoria final**

Las conclusiones y memoria final se recogerán en el manual de autoconstrucción que se define en el punto siguiente.

## **9.- Manual de autoconstrucción de canales abiertos de saneamiento**

El manual de autoconstrucción virtual y en papel recogerá toda la experiencia generada en el proyecto y la de los miembros del Grupo TAR de la Universidad de Sevilla que trabajan en el exterior. También todo aquello que se vaya aprendiendo / enseñando en los contactos propiciados por el proyecto y en sus aplicaciones en los diferentes entornos.

El manual tendrá, al menos, los siguientes capítulos:

Elección de la ubicación óptima Diseño básico según necesidades / posibilidades del entorno. Levantamientos topográficos con técnicas posibles, Búsqueda de materiales adecuados.

Diseño de la unidad básica sanitaria de agua, el aguador comunitario, con propuestas razonadas de autoconstrucción para diferentes tipos de casos prácticos.

Definición de dispositivos unitarios domésticos.

Técnicas de autoconstrucción de canales y de dispositivos. Construcción del CAL. Previsión de entradas de nuevos ramales. Pruebas hidráulicas. Disposición de protecciones para controlar la entrada de animales a beber en el canal, disposición de abrevaderos laterales para los mismos

Definición de los tramos de transporte, tratamientos, y aguador comunitario.

. Ensayos reales, y puesta a punto. Arranque y funcionamiento. Protocolos de mejora. Mantenimiento. Solucionario de problemas usuales. Sensores naturales de buen funcionamiento, olor, color..., rutinas de arreglo de averías.

Manual de buenas practicas. Nuevas acometidas. Reingeniería. Aprovechamiento de aguas en el aguador comunitario.

***Beneficios esperados del buen fin del Proyecto:***

1.- Disponer de una herramienta útil, basada en tecnologías naturales para cumplir los objetivos del milenio en acceso al agua de consumo humano, que puede aplicarse en países empobrecidos para conservar la vida, y en los enriquecidos para mejorar su calidad, en parques naturales, viviendas rurales aisladas, instalaciones de ocio en general.

2.- Ponerla a disposición de los ciudadanos excluidos del planeta, cambiando el paradigma universal que condena a la miseria a las personas que no disponen de tuberías de abasteciendo y potablización, por una propuesta novedosa de autoconstruir tus tuberías, canales abiertos de aguas limpias, que transportan y tratan al agua en el camino a la comunidad, generar tu propio conocimiento, y proteger tu propia vida y la de los tuyos.

3.- desarrollar una nueva forma de pensar en los ciudadanos a ambos lados de la pobreza, que así asumen su responsabilidad en la gestión del agua.

4.- Poner a Andalucía a la cabeza de una nueva forma de la llamada cooperación internacional, que genera I+D+i de uso libre y accesible para los ciudadanos.

Esto implica pasar del concepto de cooperación / caridad al de desarrollo humano / justicia, liderado por nuestra comunidad autónoma.

5.- Abrir nuevas líneas de investigación competitiva en la Universidad de Sevilla.

El desarrollo del presente convenio de investigación da soporte a las tesis doctorales de los trabajadores de esta Universidad de Sevilla Leticia martín castillo, y en futuro próximo, dolores Garvi higueras y Manuel Franco Tovar adscritos al mismo.