

# Estudio de un sistema de tratamiento de bajo coste para agua potable en contextos de subdesarrollo. Aplicación a Mtanga, Kigoma Rural, Tanzania

Jesús Sierra Joven

Grupo de cooperación sistemas de agua y saneamiento para el desarrollo. Escuela Técnica Superior de Ingeniería y Diseño Industrial. Universidad Politécnica de Madrid  
jesus.sierra.joven@gmail.com

## Resumen

La variación en calidad y cantidad de agua a lo largo del año en Tanzania provoca que la población de las zonas rurales se vea sometida a falta de acceso a agua potable. Según la Organización Mundial de la Salud, la distancia a la fuente de agua más próxima debe ser menor a 1000 metros y la espera para obtención del agua no mayor a 30 minutos [1].

A lo largo del artículo se analiza la red de abastecimiento y se presentará el estudio de un sistema de tratamiento de potabilización de agua de bajo coste aplicado a pequeñas comunidades de países en desarrollo. La planta potabilizadora consistirá en un canal sedimentador, un filtro lento de arenas y un sistema de cloración en el depósito. Se analizará cada tratamiento realizado en la planta potabilizadora y su acción sobre la calidad del agua.

*Palabras clave: agua potable, abastecimiento rural, tecnologías de bajo coste, desarrollo humano.*

## Resumo

A variação da qualidade e quantidade de água ao longo do ano na Tanzânia, provoca que as populações das zonas rurais estejam submetidas à falta de acesso a água potável. Segundo a Organização Mundial de Saúde, a distância ao ponto de água mais próximo deve ser menor que 1000 metros e o tempo para obtê-la não superior a 30 minutos [1].

Ao longo deste artigo vamos falar de um sistema de tratamento para potabilidade da água com baixo custo, aplicado a pequenas comunidades de países em desenvolvimento. O plano de potabilidade consistirá num canal para sedimentação, um filtro lento de areias e um sistema de cloro no depósito. Vamos analisar cada tratamento realizado no plano da potabilidade e a sua acção sobre os elementos prejudiciais da água.

*Palavras chave: Água potável, abastecimento rural, tecnologias de baixo custo, desenvolvimento humano.*

*DisTecD. Diseño y Tecnología para el Desarrollo*  
2014, 2, desde pág. 77 - hasta pág. 83  
ISSN: 2386-8546

## 1. Acceso a recursos hídricos en Tanzania

A pesar de las numerosas fuentes de agua existentes en Tanzania, la cobertura del servicio de agua potable no alcanza el 60% de la población en las zonas rurales [2]. Los principales problemas de las fuentes de agua son la diferencia de disponibilidad entre época de lluvia y época seca, los niveles de turbidez, el color, la concentración de fluoruro o la contaminación bacteriana. Teniendo en cuenta el agua superficial y subterránea, en el año 2002 se estimó que existía una disponibilidad hídrica de 2600 m<sup>3</sup>/persona/año [3]. La previsión de esta disponibilidad hídrica para el año 2025 es de 1500 m<sup>3</sup>/persona/año debido al crecimiento de la población y de la industria, lo que estaría considerado como estrés hídrico<sup>1</sup>. En zonas altamente pobladas como las cuencas de Rufiji y Pangani las variaciones de disponibilidad hídrica a lo largo del año ha provocado la existencia de estrés hídrico [4].

Las poblaciones a la que distribuye la planta de agua potable a la que se refiere el trabajo son Ngerwe, Mtanga y Mirumba, al norte de Kigoma y al sur del Parque Nacional de Gombe, a las orillas del lago Tanganica (figura 1). La captación se realiza de un pequeño afluente del lago Tanganica cuyos principales problemas son la turbidez, la existencia de elementos patógenos y la concentración de fluoruro. La población estimada para el abastecimiento es de 2000 habitantes repartidos en 3 barrios.



Figura 1. Plano de situación [5].

## 2. Funcionamiento de la planta de tratamiento de agua

La planta de tratamiento consta de tres fases. La primera fase es la de sedimentación, encargada de separar los elementos sólidos en suspensión en el agua. La segunda fase es la de

---

1 Cuando el suministro de agua cae por debajo de los 1700 m<sup>3</sup>/persona/año, se considera que el país sufre estrés hídrico (Falkenmark and Lindh, 1976)

filtración, en la que se reducirá los niveles de turbidez y bacteriológicos. Finalmente se añade una disolución de cloro para asegurar la eliminación de contaminación bacteriológica y evitar que ésta ocurra posteriormente en el depósito o durante su suministro.

### 2.1. Sedimentador

La sedimentación es el primer proceso de la planta potabilizadora. El sedimentador tiene por objeto separar del agua cruda partículas en suspensión. La separación de elementos en suspensión se produce por diferencia de densidades. La velocidad de sedimentado de estas partículas (velocidad de desplazamiento vertical) dependerá del número de Reynolds del flujo de agua y del tamaño/masa de la partícula. A efecto de cálculo, se puede estimar que la velocidad de sedimentación es entre  $1/6$  y  $1/9$  de la velocidad horizontal de desplazamiento de la partícula [6].

Un sedimentador consta de las siguientes partes (figura 2):

- **Zona de entrada:** Elemento que une la entrada de agua de la captación a la zona de sedimentación. Sirve de aliviadero para una distribución uniforme del flujo en la zona de sedimentación.
- **Zona de sedimentación:** Zona en la que las partículas precipitan en el fondo en forma de lodo. El fluido se desplaza en régimen laminar para facilitar la sedimentación.
- **Zona de salida:** Formada por un vertedero, recoge el agua sin perturbar el régimen laminar del flujo en la zona de sedimentación. Es recomendable colocar una válvula de aeración a continuación de esta sección para evitar la acumulación de burbujas en el circuito hidráulico [7].

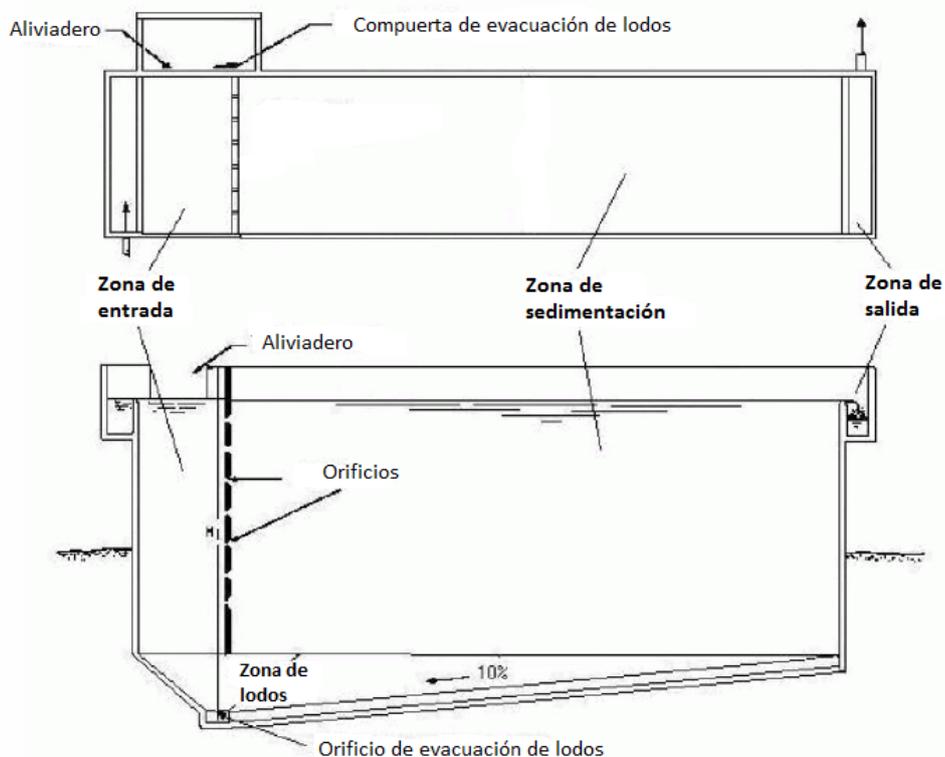


Figura 2. Vistas del sedimentador [6].

## 2.2. Filtro lento de arena

En el filtro lento de arena es donde se realiza el mayor tratamiento del agua. El filtro actúa sobre la calidad física, química y bacteriológica del agua superficial sin la necesidad de adición de compuestos químicos.

La entrada de agua en un filtro lento de arena de flujo ascendente, se realiza mediante una ramificación de tuberías perforadas para abastecer un flujo homogéneo y evitar zonas de remanso (figura 3). Encima de las tuberías de entrada se sitúan las capas de grava filtrantes. El grosor de la grava disminuye a medida que se asciende. Cuanto más finas sean las gravas de la capa superior, mayor será la efectividad sobre la filtración y la turbidez, pero antes se alcanzará la colmatación del filtro y por lo tanto, el mantenimiento se deberá realizar con mayor frecuencia. Además, el estrato más fino de arena reduce el caudal del filtro.

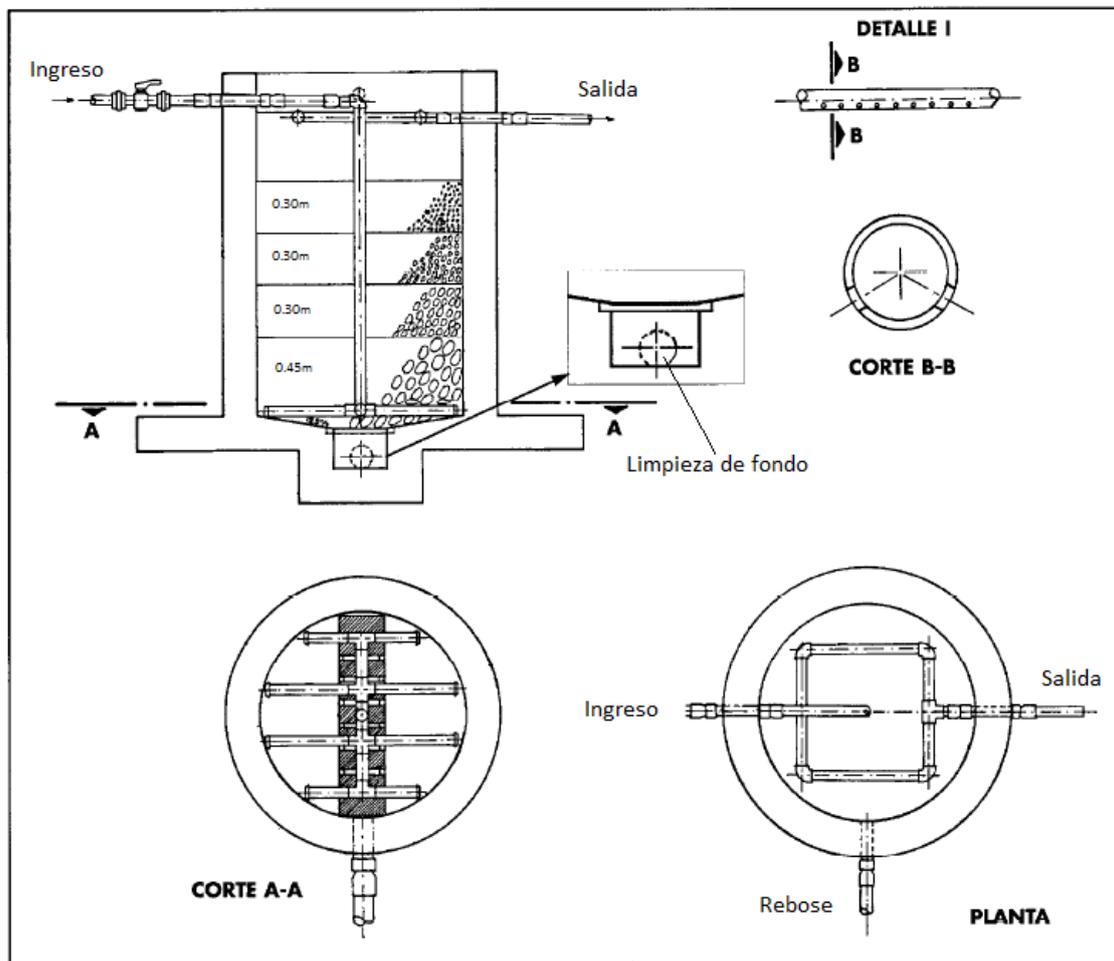


Figura 3. Plano del filtro lento de arena de flujo ascendente [8].

### 2.2.1. Efectos del filtro lento de arena sobre el agua

- **Tamizado:** Suponiendo que tratamos con partículas perfectamente esféricas, las gravas de diámetro ( $d$ ) retendrían toda partícula con un diámetro igual o superior a  $(0,155 \cdot d)$  (figura 4). En función del tamaño de la arena, se deberá elegir un grosor mínimo, siempre teniendo en cuenta que aumentaremos el coste de mantenimiento cuanto menor sea esta dimensión.

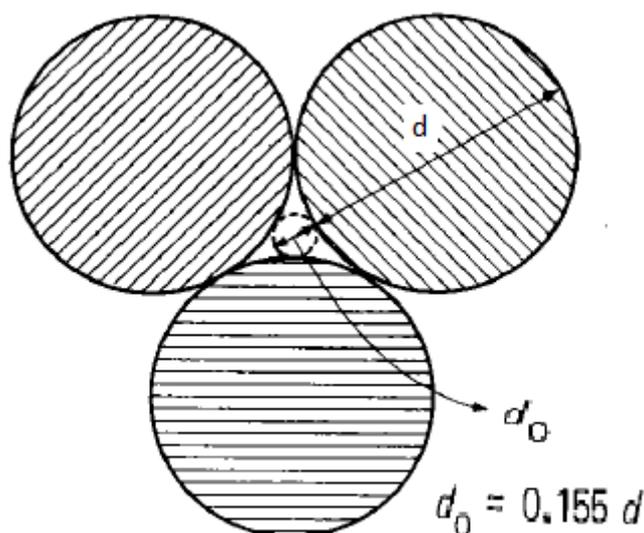


Figura 4. Relación entre tamaño de la grava y tamaño de las partículas que retiene [9].

- **Sedimentación:** Este fenómeno vuelve a ocurrir por efecto de la baja velocidad de desplazamiento del agua dentro del filtro y la superficie de los granos filtrantes. La eficiencia de la sedimentación es función de la velocidad de desplazamiento del flujo y de la superficie filtrante. Por este motivo, materiales con gran porosidad como el carbón activado son adecuados para usar como elemento filtrante.
- **Fuerzas de inercia y centrífugas:** Las partículas en suspensión no siguen una línea recta a lo largo de la trayectoria dentro del filtro; sino que modifican su velocidad y trayectoria pasando entre los espacios de la grava. Es por ello por lo que las partículas en suspensión se ven sometidas a fuerzas de inercia y centrífugas y quedan atrapadas en los espacios entre granos.
- **Capa microbiológica:** La capa microbiológica, también llamada *schmutzdecke*, es la capa superior de la grava filtrante formada por plancton, diatomeas, protozoos, rotíferos y bacterias. Durante el día, bajo la luz del Sol, las algas crecen absorbiendo dióxido de carbono, nitratos, fosfatos y otros nutrientes del agua para formar material celular y oxígeno. El oxígeno disuelto en el agua reacciona químicamente con impurezas orgánicas resultando en compuestos más asimilables por las algas. Al efecto de la capa microbiológica hay que añadir el efecto de los rayos ultravioleta sobre la capa sobrenadante (método SODIS) [9].

### 2.2.2 Ventajas del filtro lento de arena frente a otros tratamientos de agua

- El filtro lento de arena actúa sobre la calidad física, química y bacteriológica del agua por lo que cubre un amplio margen de posibles problemas en el agua superficial para su potabilización.
- No requiere la adición de químicos para el tratamiento, por lo que se evitan problemas de olor y sabor, y posibles rechazos por la población.
- Los costes de construcción y mantenimiento son bajos, lo que hace este tipo de tratamiento adecuado para países en desarrollo con problemas de escasez de agua potable. Se puede construir con materiales locales, sin necesidad de herramientas especializadas y su mantenimiento puede ser realizado por personal local correctamente instruido. Ello permite no solo su instalación, sino también su mantenimiento durante años para ampliar lo máximo posible la vida útil de la planta de tratamiento. Aunque en la planta de tratamiento se requiera de una fuente

continua de cloro para su tratamiento y conservación, también se requeriría ante otros tratamientos de agua.

- La planta de tratamiento funciona por gravedad, no requiere fuentes de energía externas.
- El mantenimiento periódico del filtro no requiere del malgasto de agua. El agua empleada en la limpieza con flujo a contracorriente puede ser conservada y tratada posteriormente por la planta de tratamiento para no desperdiciarla. Esto se hace importante en zonas con escasez de fuentes de agua [9].

### **2.3. Cloración**

Este proceso se realiza para asegurar la eliminación de elementos patógenos en caso de un incorrecto funcionamiento de la capa microbiológica del filtro de arena e impedir su posterior contaminación en el depósito. Los productos más comunes del cloro son en forma de líquido o sólido, por lo que la cloración se realizará en función del caudal de agua tratada mediante la adición por goteo de una solución de cloro en el depósito. Es importante que este tratamiento se realice siempre posterior al filtro lento y que no se recircule agua clorada por el filtro para evitar que el cloro destruya la capa microbiológica y que la planta de tratamiento pierda parte de su eficiencia [8].

## **3. Conclusiones**

Es tan importante la instalación de una planta potabilizadora que trate suficiente agua para abastecer a la población actual como la preparación de un mantenimiento apropiado y preventivo a los posibles problemas que surjan tras la instalación. Una planta de tratamiento de agua que funcione correctamente, pero que a los pocos meses deje de funcionar no cumple la función deseada. El diseño de una instalación previendo su mantenimiento no solo aportará un sistema de potabilización de agua a la población, sino que les mostrará una tecnología reproducible y aplicable en otras zonas o en el futuro.

Cuando se realiza un proyecto de abastecimiento de agua en países en desarrollo se debe analizar el impacto que tiene en la población. Una planta de tratamiento de agua repercute en la salud de las personas, pero su abastecimiento también posibilita que el tiempo empleado en la recogida de agua sea menor y de esta forma las mujeres se evita que las mujeres y los niños realicen el esfuerzo que supone el abastecimiento de agua en los hogares. El planteamiento de los proyectos técnicos también hay que realizarlo desde el punto de vista de los Derechos Humanos.

Es imprescindible que la comunidad beneficiada se implique en el proyecto. Hay que adaptar todas las instalaciones a la cultura del lugar y no a la inversa. La participación de las personas en la instalación y mantenimiento ayudará a adaptar el proyecto a ellos y valorarán y se preocuparán que los cambios sigan adelante.

## **4. Bibliografía**

[1] *La cantidad de agua domiciliaria, el nivel del servicio y la salud*. Organización Mundial de la Salud. Disponible en web:  
<[http://www.who.int/water\\_sanitation\\_health/diseases/wsh0302/es/](http://www.who.int/water_sanitation_health/diseases/wsh0302/es/)>

[2] *Trend of Rural water Service Coverage*. Ministry of Water and Irrigation of Tanzania. Disponible en web: <<http://www.maji.go.tz/userfiles/scoverage.pdf>>

[3] *Agua disponible por persona y año*. Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. Oficina del Censo de Estados Unidos. Disponible en web: <[http://www.unesco.org/bpi/wwdr/WWDR\\_chart1\\_esp.pdf](http://www.unesco.org/bpi/wwdr/WWDR_chart1_esp.pdf)>

[4] *National Water Sector Development Strategy 2006 to 2015*. Ministry of Water and Irrigation of Tanzania. Disponible en web: <<http://www.maji.go.tz/modules/documents/index.php?action=downloadfile&filename=National%20Water%20Sector%20Development%20Strategy%202006.pdf&directory=Strategies&>>

[5] Google Inc. *Google Maps* [en línea]. <<https://www.google.es/maps/@-4.8200084,29.8124175,11z>> [Consulta: 11-12-2014]

[6] SCHULZ, Christopher R., OKUN, Daniel A. *Surface Water Treatment for Communities in Developing Countries*. New York, NY, USA: Wiley-Interscience, 1984. ISBN 0-471-80261-1.

[7] *Cálculo de sedimentador – San Luis* [en línea]. <<http://es.scribd.com/doc/223884886/Calculo-de-Sedimentador-SanLuis>>

[8] MARRÓN, César. *Plantas de tratamiento por filtración lenta. Diseño, operación y mantenimiento*. Perú: ITDG, 1999. ISBN 9972 47 053 9. Disponible en web: <<http://www.unh.edu.pe/facultades/fca/escuelas/agroindustrias/biblioteca/PLANTAS%20DE%20TRATAMIENTO%20POR%20FILTRACION%20LENTA.PDF>>

[9] HUISMAN, L., W. E. WOOD, F.I.C.E.. *Slow Sand Filtration*. Bélgica: Organización Mundial de la Salud, 1974. ISBN 92 4 154037 0. Disponible en web: <[http://www.who.int/water\\_sanitation\\_health/publications/ssf9241540370.pdf?ua=1](http://www.who.int/water_sanitation_health/publications/ssf9241540370.pdf?ua=1)>