

Tratamiento de aguas grises para viviendas de interés social popular Gray water treatment for popular social interest housing

M. I. Bautista-Gómez ^a, D. A. Rodríguez-Reyes ^a, I. E. Castañeda-Robles ^a, M. R. González-Sandoval ^a,
J. E. Escalante-Lozano ^{a*}

^a Área Académica de Ingeniería y Arquitectura, Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo, 42184, Pachuca, Hidalgo, México.

Resumen

El estrés hídrico continúa en aumento alrededor del mundo, ya que cada vez se cuenta con un menor volumen de agua de calidad para consumo humano. En el centro México, donde se ubica el Estado de Hidalgo, la disponibilidad de agua per cápita es menor a 2000 m³/hab/año. En este estudio exploratorio, se propone un sistema de filtración de aguas grises para su reúso en actividades domésticas, para el municipio de Mineral de la Reforma, Hidalgo. El sistema, planteado es para una vivienda de interés social popular de un nivel, con una capacidad máxima de 4 personas. Se integró como filtros en serie, con distintos medios materiales pétreos naturales y plantas de ornato. El afluente y efluente fueron analizados, obteniéndose resultados favorables, reduciendo la demanda química de oxígeno en un 77.6%, por lo que podría utilizarse para riego y limpieza, constituyendo un ahorro en el consumo de agua potable de manera continua.

Palabras Clave: aguas grises, filtración, ahorro de agua potable, vivienda de interés social.

Abstract

Water stress continues to increase around the world, as the volume of quality water for human consumption reduces. In central Mexico, where the State of Hidalgo is located, the availability of water per capita is less than 2000 m³/inhabitant/year. In this exploratory study, a grey waters filtration system is proposed for its reuse in domestic activities with the purpose of mitigating the water shortage in the municipality of Mineral de la Reforma, Hidalgo. The system is intended for a one-level social housing, with a maximum capacity of 4 people. The system was integrated with filters in series, obtained from natural sources and ornamental plants. The affluent and effluent were analyzed obtaining favorable results, reducing chemical oxygen demand in 77.6%, enabling the treated water for watering and cleaning, becoming a continuous way of saving drinking water.

Keywords: grey waters, filtration, drinking water saving, social interest housing

1. Introducción

El recurso más utilizado, importante e indispensable en el planeta Tierra es el agua, el cual escasea cada vez más debido a que no se le ha dado la importancia y atención que requiere, más aún que por el crecimiento de la población y el cambio climático. Es por ello que la disponibilidad de agua se ha convertido en un problema de escala mundial que, de no generarse conciencia sobre el cuidado del agua a nivel social, políticas de gestión e implementación de tecnologías adecuadas para su manejo, se podría convertir en causa de

conflictos que podrían desembocar en guerras, además de amenazar el crecimiento sostenible.

A finales de los ochenta apareció un concepto que relacionaba los términos de déficit y crisis hídricos, al cual se denominó como estrés hídrico, que se da cuando la demanda de agua es mayor que la cantidad disponible durante un periodo determinado en un territorio específico o, cuando su uso se ve restringido por su baja calidad.

El indicador 6.4.2. de los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) hace referencia al nivel de estrés hídrico,

*Autor para la correspondencia: es306702@uaeh.edu.mx

Correo electrónico: ba391645@uaeh.edu.mx (Marcos Irán Bautista-Gómez), ro393168@uaeh.edu.mx (Diego Alberto Rodríguez-Reyes), ivan_castaneda@uaeh.edu.mx (Iván Erick Castañeda-Robles), mrgonzalez@uaeh.edu.mx (María del Refugio González-Sandoval), es306702@uaeh.edu.mx (Jonathan Enrique Escalante-Lozano).

definido como la extracción desproporcionada de agua dulce en relación con la cantidad de agua disponible. Es decir, es la relación entre el total de agua dulce extraída por los principales sectores económicos y el total de recursos hídricos renovables, teniendo en cuenta las necesidades ambientales de agua (ONU, 2016). El estrés hídrico vulnera el derecho humano al agua, e impacta directamente en las necesidades básicas de la población. El derecho humano al agua es indispensable para vivir dignamente y es un parteaguas importante para ejercer otros derechos humanos.

Es por esto, que el agua debe tratarse fundamentalmente como un bien social y cultural, y no sólo como un bien económico, así como tratar de detener el estrés hídrico y las consecuencias sociales, culturales, políticas y monetarias que pueden ser irreparables (Alcudia et al., 2022).

Los países en vías de desarrollo padecen en mayor medida la problemática mencionada, por ejemplo, la disponibilidad de agua para consumo de la población en México a principios de 1900 era de 31,000 m³/hab/año, mientras que en el año 2015 se redujo a 3,692 m³/hab/año a nivel nacional. Sin embargo, el promedio en el centro-norte del país, la disponibilidad es de 1835 m³/hab/año (INEGI, 2015) la cual es menor a los 2000 m³/hab/año por lo que ya se considera como estrés hídrico.

Lo anterior, hace que la población sufra de cortes de agua periódicos y cada vez más frecuentes para aliviar la escasez que existe del recurso para el abastecimiento público. Este es el caso de la Ciudad de México, donde 12 de las 16 alcaldías han aplicado recortes periódicos de agua, afectando a alrededor de doce millones de personas (Zerega, 2022) mientras que otros nueve millones de personas en distintas partes del país experimentan la misma situación.

La ciudad de Pachuca de Soto, capital del estado de Hidalgo, se ubica desde 2019 dentro de las ciudades con mayor porcentaje de estrés hídrico, con un séptimo lugar a nivel nacional. Presentando un servicio doméstico parcial, ya que recibe diariamente el 45% (56.25 L/hab/d) de la dotación estimada de 125 L/hab/día (CAASIM, 2019). En el estudio denominado "Reducción de la huella de escasez hídrica y medidas de conservación del agua en la vivienda", Bigurra, C. A. et al. (2021), dan cuenta de la problemática del cambio de regímenes de lluvia y creciente impermeabilización de superficies, que anteriormente recargaban las fuentes subterráneas, lo que agrava los recortes periódicos en el suministro de agua. Para aliviar la escasez de agua proponen, medidas de conservación como la reutilización y el uso de mecanismos innovadores, como la recolección de agua pluvial sumada al reúso de aguas grises generada en los hogares. Sin embargo, no todo el territorio en México presenta precipitación pluvial que permita sistemas de captación de lluvia (Díaz-Padilla, G. et al., 2011). Por ello, se ve la necesidad de explorar soluciones que se enfoquen en la reutilización del agua, debido a la ausencia de lluvias aunado a la falta de cultura sobre el buen uso de ella.

Las aguas denominadas grises provienen de la ducha o de la tina, lavaderos, lavamanos y tarjas, su reutilización puede representar entre el 43 y el 70 % del volumen que actualmente se desecha como aguas residuales (Fane, S. et al., 2013), al que puede darse un tratamiento básico para ser reutilizada en el sanitario y riego de jardines, así como lavado del automóvil o ropa, que no requieren de agua potable para llevarse a cabo.

Una técnica para tratar el agua residual son los "Filtros verdes", considerados como ecológicos y rentables para

eliminar los contaminantes del agua residual (Maita-Arias, J. 2019). Un sistema que por sus características es compatible con las anteriores expectativas, fue creado por Boege y Kral (2011) con la finalidad de tratar en una etapa primaria y reutilizar el agua gris para riego, el sanitario e incluso para el lavado de ropa. Está constituido por tres componentes, una trampa de grasas, una serie de registros para el tratamiento de aguas y finalmente uno o varios estanques con alcatraces y peces que funcionan como humedales. Los registros se rellenan con grava y se siembran plantas acuáticas tales como el papiro, carrizo, tifa, lirio acuático. Otra característica de importancia es que se puede adaptar a casas habitación con 4 o 5 habitantes, siempre que no exceda un máximo de 300 litros de aguas grises.

A pesar de la gama extensa de filtros de aguas grises, negras, pluviales o infraestructura filtrante para lo antes mencionado, aún existen innovaciones en el tema, buscando atacar problemas sociales y contribuir a la disminución del consumo de agua potable, por lo que también es importante la socialización y concientización de los habitantes de la vivienda. En Portugal, por ejemplo, se puso a prueba un filtro de aguas grises dimensionado para su reúso y se evaluó el sistema hidrosanitario con la reutilización de agua gris en un edificio multifamiliar, donde se divulgó información sobre el sistema entre los habitantes para lograr su aceptación (Meléndez-Pérez, et al., 2019).

En la presente investigación se desarrolló un ensayo preliminar exploratorio de diseño y aplicación de un sistema hidráulico y de tratamiento de aguas grises basado en medios filtrantes para disminuir el consumo de agua potable en viviendas familiares de interés social popular, con cuatro habitantes. Se consideró este tipo de vivienda ya que se encuentran distribuidas en diversos fraccionamientos ubicados, en Mineral de la Reforma, municipio conurbado de Pachuca, en el Estado de Hidalgo.

2. Metodología

Para el diseño del tren de tratamiento se realizó un análisis de las características de diferentes medios filtrantes que requiere de un mantenimiento mínimo como se describe en el siguiente apartado. Así mismo, se consideraron elementos orgánicos, como plantas, compostas y materia orgánica, dado su desempeño para filtrar aguas grises en sistemas de humedales artificiales con flujo subsuperficial (Robles-Ortega, 2019). Adicionalmente, el uso de plantas provee un aspecto estético al sistema, integrándolo al espacio habitacional.

2.1 Elección de materiales pétreos y plantas

Para la selección de los materiales, se identifican aquellos cuyas propiedades físicas y química permitan disminuir o eliminar contaminantes en el agua gris, es de suma importancia. La primera clasificación de materiales a emplear corresponde a los pétreos naturales, por lo que se llevó a cabo una comparación entre estos, la cual se muestra en la Tabla 1.

Con respecto a la comparación entre distintas especies de plantas para seleccionar las que serían utilizadas en el sistema, estas se conjuntaron en la Tabla 2.

Realizada la comparación, los materiales naturales pétreos que fueron seleccionados por sus características y funciones conforme a lo requerido en el proyecto y su disponibilidad, fueron: Tezontle, grava, carbón activo, zeolita y arena sílica.

Tabla 1: Características y funciones de los materiales pétreos

Material	Características	Función
Tezontle	Piedra volcánica porosa color rojo o negro, constituido por silicatos de aluminio y dióxido de hierro	Retención de microorganismos y/o partículas
Grava	Rocas sedimentarias, lisas, color gris, ricas en cuarzo y cuarcita, también por clastos de caliza, basalto, granito y dolomita	Remoción de sólidos
Arena	Agregado fino color gris compuesto de partículas de rocas pequeñas y finas	Retención de partículas más pequeñas sólidas en suspensión
Carbón activado	Procedente de la madera y cáscara de coco, activado con ácido fosfórico, es absorbente	Eliminación de olores, color, sabor y partículas orgánicas, además de la decoloración, remueve sustancias tóxicas como pesticidas y herbicidas
Arena sílica	Compuesto principalmente de cuarzo, SiO ₂	Retención de los flóculos muy pequeños, depura y potabiliza las aguas
Antracita	Carbón de alta densidad color negro y granulado	Retención de sólidos suspendidos
Zeolita	Mineral con cargas negativas de manera natural, compuesto de aluminio, silicio, sodio, hidrógeno, y oxígeno	Atrapa iones de calcio y magnesio. Elimina el cloro, hierro, materia orgánica, contaminantes como metales pesados y amoníaco, además neutraliza el agua
Resina catiónica	Son estructuralmente materiales poliméricos sintéticos, son insolubles en agua	Eliminan cationes del agua como el calcio, el magnesio y el hierro

Las especies de plantas que se adaptan a las necesidades del filtro y del proyecto, son las indicadas a continuación: Bambú (*Bambusa tuldooides*), lirio persa (*Dietes iridoide*), cuna de Moisés (*Spathiphyllum*) y teléfono (*Epipremnum aureum*).

Seleccionados los materiales del filtro, se adquirieron con proveedores especializados. La grava y el tezontle se utilizaron como medios de soporte para la planta seleccionada, el lirio persa, por su resistencia y disponibilidad. Se realizaron ensayos preliminares de tratamiento con los distintos medios para definir su secuencia en el tren de tratamiento, previo lavado de cada uno de ellos para eliminar residuos y se planteó utilizar una planta diferente para cada filtro. Para ello filtró una muestra de agua gris con cada uno de los medios y se analizó el efluente para verificar su capacidad de remoción.

Tabla 2: Características y funciones de las especies de plantas.

Nombre	Características	Función
Bambú (<i>Bambusa tuldooides</i>)	Crecimiento rápido, resistente y capaz de soportar falta o exceso de agua, temperaturas extremadamente bajas. Denso sistema de raíces	Funciona como un filtro vegetal, depura residuos
Jacinto de agua (<i>Eichhornia crassipes</i>)	Numerosas, crecen con rapidez, se considera como plantas perjudiciales en presas y depósitos de agua, flores de color azul-lila, grandes y vistosas	Limpia el agua, previene la proliferación de algas y purifica el agua contaminada con metales pesados y otros productos químicos
Lechuga de agua (<i>Pistia stratiotes</i>)	Hojas gruesas y suaves de gran tamaño que forman una roseta. Son de color verde claro, su contorno es ondulado, son plantas flotadoras	Reduce eficazmente demanda de oxígeno, absorbe nitratos y fosfatos
Teléfono (<i>Epipremnum aureum</i>)	Planta trepadora de tallos colgantes, tiene hojas de un tamaño considerable y de forma acorazonada, son brillantes, color verde con matices color amarillo, blanco o crema y comúnmente no florecen, necesitan de la luz	Consumidora de nitratos y ayuda a purificar agua
Cuna de Moisés (<i>Spathiphyllum</i>)	Hojas grandes y flores en color blanco, es conocida por sus hojas vidriadas	Retención de sólidos en sus raíces, consumo de dióxido de carbono
Lirio persa (<i>Dietes iridoide</i>)	Hojas color verde oscuro alargadas, flores de color blanco en las puntas y floración todo el año, es resistente a sequías ligeras	Consumo fósforo, nitrógeno y potasio, tiene la capacidad de retener metales pesados y concentraciones de otros elementos
Lenteja de agua (<i>Lemna Minor</i>)	Planta flotante, son muy pequeñas, tienen unas hojas ovaladas y cada hoja tiene su raíz	Absorbe nitrógeno, cadmio, selenio y cobre
Carrizo (<i>Phragmites australis</i>)	Crece en ambientes húmedos, es resistente y capaz de soportar sequías o fríos intensos	Reducción de nitrógeno y fósforo

2.2 Recolección y análisis de muestra de agua gris

Las muestras de aguas grises se recolectaron del fregadero y el lavamanos de una casa de interés social popular de cuatro habitantes ubicada en Mineral de la Reforma, Hidalgo, municipio donde se encuentra el Instituto de Ciencias Básicas e Ingeniería y perteneciente a la Zona Metropolitana de Pachuca. Se cuantificaron algunos de los parámetros que se indican en la NOM-127-SSA1-1994, "salud ambiental, agua para uso y consumo humano - límites permisibles de calidad y tratamientos a que debe someterse el agua para su potabilización". Estos fueron pH, conductividad eléctrica (CE), temperatura, cloro total, color y amonio. Asimismo, en la prueba final se determinó Demanda Química de Oxígeno (DQO).

Para la determinación de pH y temperatura, se empleó un medidor multiparamétrico marca HANNA instruments modelo HI221 y tiras reactivas pH McolorpHast. En cuanto a pruebas de conductividad eléctrica se utilizó un medidor multiparamétrico marca HANNA instruments modelo HI 2550. El fotómetro multiparamétrico marca HANNA instruments modelo HI 83206 se utilizó para medir los parámetros de cloro total, amonio, color aparente y color real. La DQO se determinó conforme al método 522 D (APHA, 2012), digiriendo las muestras en un reactor para DQO marca HACH, modelo 45600-00. Posteriormente, se midieron las absorbancias en un espectrofotómetro GENESYS 10 VIS, tanto para la curva de calibración como para las muestras de agua.

En primera instancia se llevaron a cabo pruebas previas individuales de filtrado con la arena sílica, el carbón activado y la zeolita. Para estas pruebas preliminares se utilizó una muestra de agua gris tomada el día anterior a los ensayos y conservada en refrigeración. La muestra se hizo pasar a través del filtro de grava y arena con el lirio persa, considerado como la primera etapa del tratamiento, para eliminar sólidos gruesos, previniendo así el taponamiento de los medios filtrantes, así como remover parte de la materia orgánica biodegradable. En esta muestra se determinaron pH, CE como indicador de la posible remoción de sales, cloro total como indicador de la presencia de cloro en el agua utilizada para lavado de trastes y el uso del hipoclorito de sodio como desinfectante, finalmente se cuantificó el ion amonio como posible indicador de materia orgánica nitrogenada.

Una vez analizados los efluentes de cada medio filtrante, se definió la secuencia de medios filtrantes y se procedió a la segunda fase de la experimentación, en la cual se analizó una muestra de agua gris y luego se hizo pasar a través de todo el tren de tratamiento. En esta segunda etapa se analizaron únicamente pH, CE, T, color aparente y real, priorizando el análisis de la DQO para determinar la capacidad de remoción del sistema.

3. Resultados

3.1 Pruebas preliminares de los componentes del filtro

Para las pruebas preliminares se utilizó una muestra de agua gris obtenida del lavado de trastes y manos, tomada el día anterior a los ensayos y mantenida en refrigeración en una botella de PET (Figura 1). En las Tablas 3, 4 y 5 se muestran

los resultados de los análisis de las muestras filtradas en cada medio (Figuras 2 y 3). El afluente corresponde al agua filtrada en la primera parte del sistema de filtrado con tezontle y grava y el lirio persa (Figura 2.a).



Figura 1: Muestra de agua gris.

Tabla 3: Pruebas de filtrado con arena sílica

Parámetro	Afluente	Efluente
pH	7	7
CE $\mu\text{S}/\text{cm}$	947	910
T ($^{\circ}\text{C}$)	21.0	20.6
Cloro total (mg/L)	0.42	0.22
Amonio (mg/L)	0.62	0.56

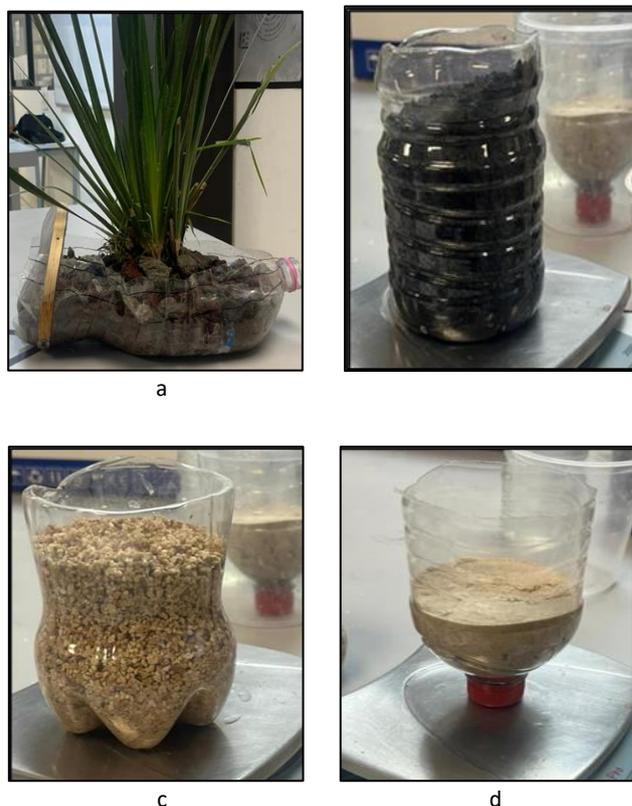


Figura 2: a) Filtro de grava y tezontle; b) Filtro de carbón activado; c) Filtro de zeolita; d) Filtro de medio filtrante oscuro.

filtro de arena sílica y d) filtro de zeolita

Tabla 4: Pruebas al efluente del filtro de carbón activado

Parámetro	Afluente	Efluente
pH	7	7
CE $\mu\text{S}/\text{cm}$	947	1569
T ($^{\circ}\text{C}$)	21.0	20.5
Cloro total (mg/L)	0.42	0.21
Amonio (mg/L)	0.62	0.46

Tabla 5: Pruebas al efluente del filtro de zeolita

Parámetro	Afluente	Efluente
pH	7	7
CE $\mu\text{S}/\text{cm}$	947	876
T ($^{\circ}\text{C}$)	21.0	20.6
Cloro total (mg/L)	0.42	0.36
Amonio (mg/L)	0.62	4.52

Con los resultados de las pruebas anteriores se configuró la seriación de los medios filtrantes (Figura 3). Se decidió utilizar primero el filtro de zeolita por su mayor capacidad para remover sales. Posteriormente se colocó el carbón activado que logró la mayor remoción de amonio. Finalmente, se colocó la arena sílica para la eliminación de partículas procedentes de los medios anteriores. En cada uno de los medios se plantea colocar una planta para mejora la remoción de contaminantes y dar una vista estética al sistema: en la zeolita se consideró un bambú, en la segunda un teléfono y en la tercera, una cuna de moisés.



Figura 3: Configuración del tren de tratamiento.

3.2 Ensayo global del sistema

Se acopió una segunda muestra de 3.5 L de agua gris con características similares a la anterior, es decir, proviene del fregadero y del lavamanos (Figura 5). En esta segunda muestra y en el efluente del sistema, se analizaron pH, CE, temperatura, color aparente, color real y DQO.

En la Tabla 6 se muestran los resultados del afluente y efluente del sistema. En esta tabla se observa que la CE disminuyó ligeramente, de 979 a 930 $\mu\text{S}/\text{cm}$ y el pH se

alcalinizó mínimamente, pasando de 7.54 a 7.87. Por otra parte, el color disminuyó de manera significativa pasando de 281 a 174 en el caso del color aparente y de 109 a 31 unidades de platino-cobalto.



Figura 5: Segunda muestra de agua gris.

Finalmente, la DQO disminuyó de 344 a 77 mg de O_2/L , lo que representa una remoción del 77.6%. Considerando que la relación DQO:DBO (Demanda Bioquímica de Oxígeno) presenta relaciones cercanas a 2:1 para aguas residuales municipales (Arce-Velázquez et al., s.f.), la DBO₅ de la muestra podría ser de 38.5 mg O_2/L .

Considerando que la NOM-003-SEMARNAT-1997 para aguas tratadas que se reusen en el servicio al público, indica un valor promedio mensual para reúso en servicios al público con contacto indirecto u ocasional de DBO₅ de 30 mg O_2/L , pero que se trata de aguas grises, el afluente se pueda almacenar para su uso en el lavado de pisos, autos y sanitario, adicionando una gota de hipoclorito de sodio comercial por litro, para prevenir la proliferación de bacterias.

Tabla 3.7: Resultados en pruebas al efluente de la segunda muestra.

Parámetro	Afluente	Efluente
pH	7.54	7.87
CE $\mu\text{S}/\text{cm}$	979	930
T ($^{\circ}\text{C}$)	26.1	24.2
Color aparente (Pt-Co)	281	174
Color real (Pt-Co)	109	31
DQO (mg O_2/L)	344	77

4. Conclusiones

Considerando el estrés hídrico que se vive en el centro de México, resulta urgente el desarrollo e implementación de estrategias y políticas que mitiguen la escasez de agua. Entre ellas, una de las de más inmediata aplicación es el reúso de aguas grises. Las pruebas exploratorias realizadas con el tren de filtros propuesto permiten plantear la viabilidad de desarrollar su diseño hidráulico y su escalamiento en las viviendas de interés social popular ya construidas o en futuros fraccionamiento.

Finalmente, después del tren de tratamiento se podría contar con un pequeño tanque enterrado de donde se pueda tomar para su utilización y, con un rebose que se integrara al sistema de alcantarillado. Se puede concluir que resulta funcional ya que mejora la calidad del agua, prácticamente alcanzando los

valores que marca la normativa para reúso de agua en servicios al público. Sería necesario desarrollar también la socialización del sistema, previa a su instalación para que los usuarios le dieran un uso y mantenimiento adecuado en actividades domésticas como el lavado de patios, autos, cosas materiales y para riego, haciendo hincapié en que no es apta para consumo humano.

Agradecimientos

Los autores agradecen a las Dras. Lizárraga-Mendiola y Vázquez-Rodríguez de las Áreas Académicas de Ingeniería y Arquitectura y de Ciencias Químicas respectivamente, por las facilidades prestadas para los ensayos analíticos.

Referencias

- Arce, A.L., Calderón, C.G., Tomasini, A.C. (s.f.). Fundamentos técnicos para el muestreo y análisis de aguas residuales. Serie autodidáctica de medición de la calidad del agua. Comisión Nacional del Agua, Instituto Mexicano de Tecnología del Agua, México
- Alcudia, D., García, A. P., & López, A. (2022). Estrés hídrico: problemáticas y soluciones. Un análisis con enfoque jurídico [Proyecto jurídico de titulación, Universidad Iberoamericana, Puebla]. <https://repositorio.iberopuebla.mx/bitstream/handle/20.500.11777/5598/Proyecto%20juridico%20final%20ASE%20III%20Daniel%20Alcudia%20y%20equipo.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- APHA (2012) Standard Methods for the Examination of Water and Waste Water. 22ª ed. American Public Health Association, American Water Works Association, Water Environment Federation, Estados Unidos de America
- Boege, E. & Kral, R. (2011). Sistema de tratamiento para aguas jabonosas. http://www.paginasverdesxalapa.com/pdf/sistemacaserotratamientoaguas_eckartboege_rolfkral.pdf.
- Bigurra, C. A., Rodríguez, G. A. V., & Lizárraga-Mendiola, L. (2021). Reducción de la huella de escasez hídrica y medidas de conservación del agua en la vivienda. *Vivienda y Comunidades Sustentables*, (9), 61-75.
- Comisión de Agua y Alcantarillado de Sistemas Intermunicipales, CAASIM. (2019, 23 de septiembre). “Tarifas mensuales de agua potable aplicadas para servicio doméstico en la ciudad de Pachuca de Soto”. <http://caasim.hidalgo.gob.mx/pag/tarifas.html>. Consultado: 23 de septiembre de 2019.).
- Díaz-Padilla, G., Sánchez-Cohen, I., Quiroz, R., Garatuzo-Payán, J., Watts-Thorp, C., Cruz-Medina, I. R., & Guajardo-Panes, R. A. (2011). Variación espacio-temporal de la precipitación pluvial en México: una aproximación a la evaluación de impactos. *Tecnología y ciencias del agua*, 2(4), 51-64.
- Fane S., Reardon, C., Milne, G. (2013). “Wastewater Reuse. Australia’s Guide to Environmentally Sustainable Homes”. <https://www.yourhome.gov.au/water/wastewater-reuse>
- Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática, INEGI (2015). Datos del censo de población y vivienda. Información sobre agua potable y alcantarillado. Disponible en: <http://cuentame.inegi.org.mx/territorio/agua/dispon.aspx?tema=T>. Consultado: 9 de septiembre de 2019.).
- Maita-Arias, J. (2019). Implementación de filtros verdes para mejorar el efluente en el sistema de alcantarillado del distrito de Matahuasi. [Tesis de licenciatura, Universidad Peruana de los Andes]. <https://repositorio.upla.edu.pe/handle/20.500.12848/937>
- Organización de las Naciones Unidas, Consejo Económico y Social. Comisión de Estadística. (29 de febrero de 2016) Informe del Grupo Interinstitucional y de Expertos sobre los Indicadores de los Objetivos de Desarrollo Sostenible, E/CN.3/2016/2/Rev. 1. <https://unstats.un.org/unsd/statcom/47th-session/documents/2016-2-IAEG-SDGs-S.pdf>
- UN-Water. Summary Progress Update 2021: SDG 6 - water and sanitation for all. UN-Water Publications. 2021
- Meléndez-Pérez, J. A., Lemos-Lima, M. M. C., Domínguez, I., & Oviedo-Ocaña, E. R. (2019). Reutilización de aguas grises domésticas para el uso eficiente del recurso hídrico: aceptación social y análisis financiero. Un caso en Portugal. *Revista UIS Ingenierías*, 18(1), 223–236. <https://doi.org/10.18273/revuin.v18n1-2019020>
- Robles-Ortega, M. A. (2019). Evaluación de la operación de la planta de tratamiento de aguas servidas pantanos secos artificiales de Puerto Azul. Guayaquil. ULVR. Facultad de Ingeniería, Industria y Construcción Carrera de Ingeniería Civil. 125 p. <http://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/3.0/ec/>
- Zerega, G. (2022, 17 de agosto). Ciudad de México (también) enfrenta los recortes de agua: “Si de por sí ya no tenemos, ahora menos”. *El País*. <https://elpais.com/mexico/2022-08-17/ciudad-de-mexico-tambien-enfrenta-los-recortes-de-agua-si-de-por-si-ya-no-tenemos-ahora-menos.html>