

Categoría: Congreso Científico de la Fundación Salud, Ciencia y Tecnología 2023

ORIGINAL

Hydraulic design proposal to store and treat graywater for reuse in green areas of a sustainable housing - 2022

Propuesta de diseño hidráulico para almacenar y tratar aguas grises para la reutilización en áreas verdes de una vivienda sustentable - 2022

Alexandra Thalía Castillo Rojas¹  , Oscar Eduardo Rojas Benavides²  , Elki Saldaña Chunqui³  , Alberto Cristobal Flores Quispe⁴ , Alfredo Romero Kana⁵ , Elvia Suguey Del Carpio Alarcon⁶ 

¹Universidad Privada del Norte, Cajamarca. Cajamarca, Perú.

Citar como: Castillo Rojas AT, Rojas Benavides OE, Saldaña Chunqui E, Flores Quispe AC, Romero Kana A, Del Carpio Alarcon ES. Propuesta de diseño hidráulico para almacenar y tratar aguas grises para la reutilización en áreas verdes de una vivienda sustentable - 2022. Salud, Ciencia y Tecnología - Serie de Conferencias 2023; 2:396. <https://doi.org/10.56294/sctconf2023396>

Recibido: 31-05-2023

Revisado: 27-07-2023

Aceptado: 28-09-2023

Publicado: 29-09-2023

ABSTRACT

The general objective of this research was to develop a hydraulic design proposal to store and treat graywater for reuse in green areas of a sustainable housing. The procedure carried out was based on calculations and designs in the office to then implement and inspect in the field, and finally take water samples to be analyzed at the Regional Water Laboratory before and after treatment by sedimentation and slow filtration of sand plus anthracite. The results obtained to determine if the water complies with the parameters of the ECA category 3 were: pre-test, pH (7,12) and color (9,1 UC) and for the post-test, pH (6,93) and color (4,00UC); an analysis was also performed with the pH meter in drops obtaining an average result, for the pre-test pH (7,5) and the post-test a pH (7,3). It is concluded that the proposed hydraulic design is sustainable, because it complies with the parameters established in the ECA category 3.

Keywords: Anthracite; Slow Filter; Hydraulic Design;Tore; Treat.

RESUMEN

La presente investigación tuvo como objetivo general realizar una propuesta de diseño hidráulico para almacenar y tratar aguas grises para la reutilización en áreas verdes de una vivienda sustentable. El procedimiento realizado se basó en cálculos y diseños en gabinete para luego implementar e inspeccionar en campo, y finalmente tomar muestras de las aguas para ser analizadas en el Laboratorio Regional del Agua antes y después del tratamiento por sedimentación y filtración lenta de arena más antracita. Los resultados obtenidos para determinar si el agua cumple con los parámetros de la ECA categoría 3 fueron: preprueba, pH (7,12) y color (9,1 UC) y para la post prueba, pH (6,93) y color (4,00UC); también se realizó un análisis con el medidor de pH en gotas obteniendo un resultado promedio, para la preprueba pH (7,5) y el post prueba un pH (7,3). Se concluye que la propuesta de diseño hidráulico es sustentable, porque cumple con los parámetros establecidos en la ECA categoría

3.

Palabras clave: Antracita; Filtro Lento; Diseño Hidráulico; Almacenar; Tratar.

INTRODUCCIÓN

El uso del agua ha venido aumentando un 1 % anual en todo el mundo, impulsado por una combinación de aumento de la población, desarrollo socioeconómico y cambio en los modelos de consumo. La demanda mundial de agua se espera que siga aumentando a un ritmo parecido hasta 2050, lo que representa un incremento del 20 al 30 % por encima del nivel actual de uso del agua, debido principalmente al aumento de la demanda en los sectores industrial y doméstico. (UNESCO, 2019)

América del Sur y el Caribe albergan al 6 % de la población del planeta, contienen el 30,3 % de los recursos hídricos del mundo y cuadruplican el promedio mundial de disponibilidad de agua per cápita, la disponibilidad de agua per cápita es la más alta del mundo. Abordar la escasez de agua es una tarea difícil y no se puede ignorar en esta área. (UNESCO, 2019)

En Perú, los datos históricos indican que hubo una tendencia positiva en el acceso a agua potable en la mayor parte del territorio, los expertos nacionales estiman que, en el periodo 2020-2030, el acceso a agua potable seguirá incrementándose. (CEPLAN, 2020) Sedapal aseguró que el peruano promedio consume un máximo de 163 litros de agua por día, pese a que la Organización Mundial de la Salud (OMS) indica que una persona tiene que consumir 100 litros diarios.

Para el 2021, en Cajamarca, el 90,75 % de la población tendrá acceso a agua potable a través de redes públicas en las zonas urbanas y el 88,18 % en las zonas rurales. Como puede ver, la cobertura de agua en las ciudades para 2021 será significativamente menor que los resultados regionales en 2017. Esto se debe principalmente a que el número de beneficiarios en las ciudades es mucho menor (5325 personas) en comparación con la tendencia de la población a migrar a las ciudades. (GOBIERNO REGIONAL, 2018)

Actualmente, el principal consumo de las personas es el agua, un recurso importante, y en general nos encontramos con que lo usamos de manera inconsciente, porque el problema no es el consumo de agua, sino el mal uso de este recurso. Como ya se mencionó anteriormente, las personas no tienen una buena distribución de agua y sumado con el aumento de la población estos recursos irán disminuyendo considerablemente en los próximos años, provocando así las sequías, hambre y desaparición de especies y vegetales. Es por lo que se busca que el consumo de agua sea el más óptimo posible y para lograrlo se planteará, diseñar y analizar un sistema de almacenamiento y tratamiento de aguas blancas y grises, utilizando como una buena alternativa de solución.

Según (Incahuanaco Naveros, Montalván Vasquez, & Dávila Lima, 2021), otro factor importante que se puede encontrar en el agua son los metales pesados debido al rápido crecimiento económico y la industrialización, los sedimentos con metales pesados también pueden proceder tanto de fuentes naturales como antropogénicas como la minería, el transporte o actividades agrícolas.

(Montalván Vasquez, & Dávila Lima, 2020) sostienen que el incremento poblacional y extractivo genera gran cantidad de residuos sólidos y líquidos, aumento en el uso de químicos, que finalmente son depositados en ríos que finalmente desembocan en el mar.

De lo mencionado anteriormente el carbón tiene la propiedad de absorber, gases, químicos, metales pesados y una gran variedad de desechos presentes en el agua, por ello resulta beneficioso.

(Azabache et al, 2020) en su investigación "Propuesta de un sistema hidráulico de reutilización de las aguas grises que disminuiría el consumo de agua potable en viviendas familiares". Tuvo como objetivo diseñar y aplicar un sistema hidráulico de reutilización de las aguas grises, para disminuir el consumo de agua potable. Seguidamente los resultados obtenidos indicaron un pH con 7,54 unidades, variando ligeramente hasta la cuarta semana a 7,05; así mismo se puede observar la gran cantidad de sólidos

totales disueltos 721 mg/L para disminuir hasta 412 mg/L, 500 unidades platino cobalto de color (UPC) hasta las 200 UPC, teniendo una concentración inicial de 0,17 mg/L respecto a los nitratos y luego a disminuir hasta 0,05 mg/L, DBO5 y DQO estaban inicialmente con 90 mg/L y 112 mg/L respectivamente y se llegó hasta 30 mg/L y 42 mg/L, lo que demuestra su eficiencia significativa. Por lo que se concluyó de que con la utilización de un sistema de tratamiento con recirculación se logra a disminuir hasta más de 288 litros diarios en la utilización de agua procedente de las tuberías de agua potable. Esta investigación aporta para tener un diseño que permita ahorrar gran cantidad de agua potable, pero dependerá mucho del sistema de captación y la zona.

(Criollo, 2022), en su investigación “Propuesta de reutilización de aguas grises domésticas para su uso en jardines, en la comuna Puerto Roma, Cantón Guayaquil”. Tuvo como objetivo proponer un diseño para reutilizar las aguas grises domésticas generadas en la Comuna Puerto Roma, y su posterior uso en actividades de riego. Para el cual hizo el uso de un sistema de tratamiento simple de agua gris utilizando procesos de sedimentación, doble filtración mediante un filtro inorgánico de arena y 2 tipos de grava, y un filtro orgánico de aserrín y fibra de coco. Tuvo como resultado para la caracterización fisicoquímica del agua gris que los parámetros aplicados después del tratamiento fueron 79,14 % tensoactivos, 66,18 % sólidos disueltos totales, 73,81 % índice RAS y el pH alcanza niveles de neutralidad. Este artículo aporta un gran sistema de reutilización para las aguas grises el cual es eficiente y reduce la alcalinidad y bacterias de aguas grises en grandes rasgos.

(Atalaya, 2022) en su investigación “Eficiencia de la planta de tratamiento de aguas residuales domésticas en los parámetros DBO, DQO, SST, pH, T°, aceites y grasas, en Sorochuco, Celendín, Cajamarca”. Tuvo como objetivo determinar la eficiencia de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales Domésticas en los parámetros DBO, DQO, SST, aceites y grasas, pH y temperatura. Los resultados obtenidos se compararon con los Límites Máximos Permisibles (LMP) aprobados mediante D.S. 003 - 2010 - MINAM. El porcentaje de remoción en los parámetros evaluados es de DBO (70,00 %), DQO (67,68 %), SST (78,80 %), aceites y grasas (64,34 %), en relación a la temperatura y pH del efluente los valores promedio obtenidos fueron de 17,13 °C y 7,31 unidades de pH respectivamente; concluyendo que la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales Domésticas en Sorochuco, es eficiente en la remoción de DBO, DQO, SST, aceites y grasas, cumpliendo con los valores establecidos en los LMP para efluentes de plantas de tratamiento de aguas residuales domésticas o municipales. . Esta investigación aporta para tener un diseño que permita ahorrar gran cantidad de agua potable, pero dependerá mucho del sistema de captación y la zona.

(Salinas ,2021) en su investigación “Diseño de un sistema de reutilización de aguas pluviales para promover la sostenibilidad en viviendas del barrio Chanchas La Libertad - Huayucachi 2021”. Tuvo como objetivo diseñar un sistema de reutilización de aguas pluviales que sirva como alternativa para promover la sostenibilidad en viviendas del barrio Chanchas La Libertad - Huayucachi. Inicialmente se identificará el enfoque de la investigación, como se realizará una recolección de datos y será necesario la medida de diferentes componentes para el sistema. El presente trabajo de investigación tuvo un enfoque cuantitativo. Con los resultados obtenidos se determinó que este sistema permitiría ahorrar alrededor de 7 671,3 litros de agua potable al año por cada vivienda existente, ósea un aproximado de 782 472,6 litros de agua potable que normalmente se consume al año serían reemplazados con aguas de lluvia. Para la vivienda promedio propuesta el volumen de agua que podría ahorrarse es de 29 510 litros, sin embargo, en las viviendas nuevas en el lugar de estudio la cantidad de agua potable que pueda ahorrarse dependerá en cada caso del área de captación que se tenga y la dotación que se proponga satisfacer. Esta investigación aporta lo necesario para tener un diseño que permita ahorrar gran cantidad de agua potable, pero dependerá mucho del sistema de captación y la zona.

METODOLOGÍA

Esta investigación se realiza con el propósito de disminuir el consumo de agua potable de la red pública; ya que su uso en los últimos años ha sido excesivo y ha ido disminuyendo, según estimaciones de la UNESCO para el 2050 reducirá a un 20 % o 30 % de agua en el mundo. Esta investigación se rige de Decreto Supremo N° 015-2015-VIVIENDA SOSTEBIBLE. Por lo cual buscamos una solución para ahorrar y distribuir con mayor cuidado el agua. Por esta razón se propone un diseño de almacenamiento en tanques y un tratamiento de filtración lenta y luz ultravioleta para eliminar microorganismos para reutilizar las aguas grises en áreas verdes de viviendas sustentables, rigiéndonos de los parámetros de calidad del agua de las ECA categoría 3.

La metodología que se siguió para aplicar la propuesta de diseño de almacenamiento y tratamiento hidráulico de aguas grises para la reutilización en áreas verdes de una vivienda sustentable fue desarrollada con fines investigación académica. Se tiene el siguiente procedimiento, primeramente, se realiza la captación teórica, la cual va a consistir en determinar la dotación diaria de aguas grises, con la dotación obtenida se procede a dimensionar el tanque para el almacenamiento de aguas grises,

En tercer lugar, se va a seleccionar los materiales como son tuberías, accesorio y equipos, para posteriormente realizar la instalación del sistema en la vivienda sustentable.

Como cuarto paso, se realizará la instalación del tratamiento propuesto el cual consiste en un tratamiento de filtración lenta y luz ultravioleta para eliminar microorganismos.

Al tener todo el diseño propuesto instalado en la vivienda sustentable, como quinto paso se realizará la captación de aguas grises, en la cual se va a calcular el volumen diario almacenado.

Como sexto paso, se hará la toma de muestras físicoquímico y microbiológico de las aguas grises para su análisis en laboratorio, en la cual se tomarán muestras antes y después del tratamiento.

Tabla 1. Métodos de ensayo de laboratorio

Parámetros	Unidad de medida	Método de ensayo
Físicos- Químicos		
Color	UC	SMEWW-APHA-AWWA-WEF. Part 4500-H+.B. 23rd Ed. 2017. Ph Value: Electrometric Method.
Potencial Hidrógeno (Ph)	de Unidad Ph	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 2120 C, 23rd Ed. 2017: Color. Spectrophotometric Single Wavelength Method (Proposed)

Fuente: MINAM (2022)

Nota: En la tabla 3, se muestra los ensayos que van a determinar los parámetros de calidad del agua.

Finalmente, se podrá determinar la cantidad de agua reutilizada y tomar los datos del volumen filtrado, para así reutilizar en las áreas verdes y disminuir el consumo del agua potable.

RESULTADOS

Captación Teórica

Para el cálculo de la dotación de aguas grises, se determinó mediante una medición de aguas grises que se tomó en promedio por persona al momento de realizar diferentes actividades, las cuales están en funcionamiento 14 horas, luego se contó las veces que van a utilizar cada uno de estos puntos de salida de aguas grises, y así calcular el promedio de la cantidad de litro por día y obtener una dotación la cual nos va a servir para determinar la capacidad del tanque de almacenamiento.

Propuesta De Diseño Hidráulico

Diseño de almacenamiento

Para el diseño del almacenamiento antes del tratamiento se propone utilizar baldones que servirán como tanques de almacenamiento para las aguas grises, puesto que son más económicos para la

implementación en la vivienda sustentable, la capacidad de cada tanque será calculado mediante dotaciones.

Para el diseño del almacenamiento después del tratamiento se propone utilizar bidones de agua de 20 litros, esto se implementa ya que para la propuesta de tratamiento por filtración lenta va a tener un proceso lento la cual el agua filtrada por día será menor o igual a su capacidad.

Diseño de tratamiento

La propuesta de tratamiento consta de dos partes, en la primera parte se planteó utilizar un sedimentador para eliminar solidos en suspensión, como segundo proceso de tratamiento se determinó utilizar una filtración lenta de arena la cual sirve para retener impurezas y purificar el agua, a este tratamiento se le implemento una capa de antracita (carbón de piedra), este mineral aclara el agua y elimina compuestos orgánicos.

Para poder implementar el filtro lento, éste debe cumplir con ciertos parámetros cuando se tiene un sedimentador y un filtro lento de arena se debe tener una turbiedad < 250NTU, esto se debe a que las partículas que se encuentran en el agua pueden ser perjudiciales en los sistemas o procesos de tratamiento ya que elevadas turbiedades inhiben los procesos biológicos y se depositan en el medio filtrante causando elevadas pérdidas de carga y deterioro de la calidad del agua efluente de los filtros. (OPS, 2005)

Tabla 1. Turbidez para el diseño de filtro lento de arena			
Parámetros	Unidad de medida	Parámetro	Resultados
Turbidez	NTU	< 250	93,25
Nota: En la tabla 1, se tiene el registro de turbidez para el diseño de filtro lento de arena			

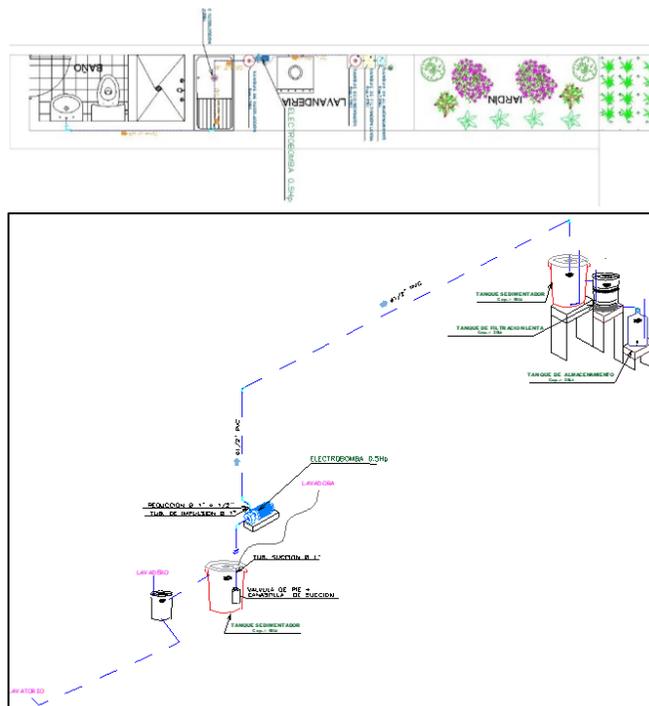


Figura 1. Propuesta de diseño hidráulico para el almacenamiento y tratamiento de aguas grises

El filtro lento conto con cinco capas:

- Capa de grava de ½”: Esta capa tiene 6 cm de espesor.
- Capa de algodón: Esta capa tiene 1 cm de espesor.
- Capa de arena fina: Esta capa está dividida en dos partes, se tamizo la arena para que se pueda utilizar una capa de arena más gruesa de 3,0cm y una capa de arena delgada de 10,0cm.
- Capa de algodón: Esta capa tiene 1 cm de espesor.
- Capa de antracita: Se uso una capa de 3,0cm de antracita para clarificar y mejorar la calidad del agua

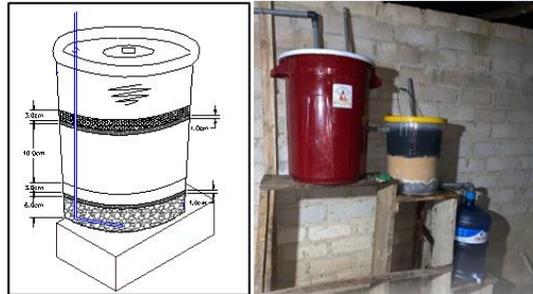


Figura 2.

Captación de aguas grises antes del tratamiento

Para calcular el volumen almacenado en el tanque denominado, tanque de recolección se realizó el mismo procedimiento que se usó para el cálculo de la dotación, el cual consistió en almacenar y medir las aguas grises en el tiempo de 14 horas, ya que en este tiempo estos sistemas se encuentran en funcionamiento.

Naptación de aguas grises despues del tratamiento

Se registro el volumen filtrado y almacenado después del tratamiento. Se dejó llenar durante una hora de filtrado, para luego medir la cantidad de agua con ayuda de un recipiente medidor en litros.

Día 1 de filtración: Se obtuvo como caudal 0,6lt/hr.

Día 2 de filtración: Se obtuvo como caudal 0,7lt/hr. Se observa un cambio de caudal debido a que nuestra capa de arena se encuentra más acuosa.

Día 3,4,5,6 y 7 de filtración: Se obtuvo como caudal 0,8lt/hr. Se observa que en los siguientes días se tiene un cambio de caudal el cual se permanece constante.

Toma de muestras fisico-quimicos

Los datos para los análisis de la calidad del agua se realizaron en el Gobierno Regional de Cajamarca - Laboratorio Regional del Agua el cual cuenta con el certificado de acreditación.

Tabla 2. Datos de pH y color del análisis en el Laboratorio Regional del Agua				
Parámetros	Unidad de medida	Parámetro establecido por el ECA categoría 3	Resultados	
			Pre-Prueba	Pos-Prueba
Físicos-Químicos				
Color	UC	100	9,1	4,00
Potencial de Hidrógeno (pH)	Unidad pH	6,5-8,5	7,12	6,93

Fuente: MINAN, (2022). Nota: En la tabla 2, contiene los datos antes y después del tratamiento de las aguas grises con estándares a cumplir según la ECA3.

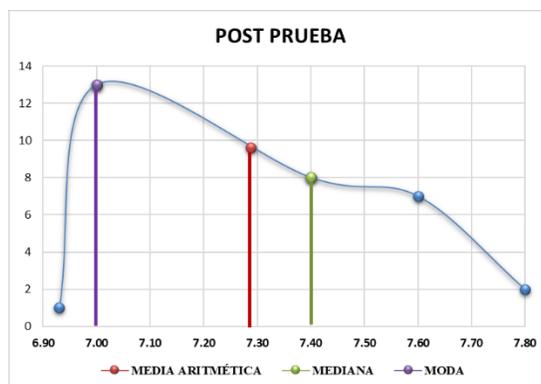


Figura 5. Diagrama de frecuencia asimétrico hacia la derecha post prueba

Los resultados tienen relación con lo que sustenta Salinas (2021) y Criollo (2022), quienes determinan que un sistema hidráulico de reutilización de aguas grises promueve la sostenibilidad en viviendas. En la presente investigación como primer objetivo general, se propone un diseño hidráulico para almacenar y tratar aguas grises para la reutilización en áreas verdes de una vivienda sustentable - 2022, es sustentable este resultado del sistema de tratamiento de aguas grises conformado por caja de pre - recolección, sedimentador, filtro y almacenamiento es apto para tratar y el almacenar aguas grises se apoya en lo planteado por Azabache et.al (2020) en su tesis titulada en su tesis titulada "Propuesta de un sistema hidráulico de reutilización de las aguas grises que disminuiría el consumo de agua potable en viviendas familiares".

En la investigación desarrollada por (Atalaya, 2022) obtuvo valores promedio para el pH antes del tratamiento de 7,71 y después del tratamiento se tiene un pH de 7,30. De la presente investigación se observa los siguientes resultados, según datos obtenidos del Laboratorio Regional del Agua se tiene un pH antes del tratamiento de 7,12 y después del tratamiento mediante filtración lenta y antracita se tuvo un pH de 6,93, y para el cálculo del pH por goteo (reacción química) se tuvo un Ph antes del tratamiento de 7,53 y después del tratamiento de 7,3. Por otro lado (Azabache et al, 2020), en su investigación llegó a valores similares para los parámetros fisicoquímicos, obtuvo valores del pH antes del tratamiento de 7,54 y después del tratamiento en el que implemento su diseño de filtración y sedimentación obtuvo un valor promedio de pH de 7,06.

CONCLUSIONES

Con los datos recolectados se concluye que la propuesta de diseño hidráulico para almacenar y tratar aguas grises para la reutilización en áreas verdes, es sustentable, pues permite ser una alternativa de reutilización y a su vez reducción del consumo diario.

Se logro determinar la captación teórica de aguas grises durante 7 días, obteniéndose un promedio de 47,71 lt/día el cual permitió calcular la capacidad de almacenamiento del tanque de recolección y determinar los materiales para la implementación del diseño hidráulico para almacenar y tratar aguas grises para la reutilización en áreas verdes de una vivienda sustentable - 2022.

Luego de realizar la toma de datos durante 31 días para determinar la captación diaria de aguas grises antes y después del tratamiento de filtración lenta de arena más antracita (carbón mineral), se obtuvo un almacenamiento de 50l/día y una filtración de 20l/día de agua tratada.

Tras el análisis físico químico realizado en el Laboratorio Regional del Agua y mediante un medidor de Ph en gotas (reactivo químico), se pudo comparar los resultados con los parámetros de calidad del ECA categoría 3, concluyendo así que los resultados obtenidos en la presente investigación se encuentran entre los parámetros establecidos.

REFERENCIAS

1. Azabache , Y., Rojas, K., Stánler , I., Rodriguez, R., & Quispe, B. (2020). Propuesta de un sistema hidráulico de reutilización de las aguas grises que disminuiría el consumo de agua potable en viviendas familiares. Tumbes.
2. CEPLAN. (2020). Perú 2050: Tendencias Nacionales. Perú: Centro Nacional de Planeamiento Estratégico.
3. Criollo Encarnación, C. D. (2022). Propuesta de reutilización de aguas grises domésticas para su uso en jardines, en la comuna puerto roma, cantón guayaquil. Guayaquil
4. GOBIERNO REGIONAL. (2018). Plan Regional de Saneamiento. Cajamarca. Obtenido de <http://direccionsaneamiento.vivienda.gob.pe/Planes%20Regionales%20de%20Saneamiento/PRS%20Cajamarca.pdf>
5. Talaya campos, k. (2022). Eficiencia de la planta de tratamiento de aguas residuales domésticas en los parámetros DBO, DQO,SST, PH, T°, aceites y grasas, en sorochuco, celendín,cajamarca. Cajamarca.
6. Salinas, J. C. (2021). Diseño de un sistema de reutilización de aguas pluviales para promover la sostenibilidad en viviendas del barrio Chanchas La Libertad - Huayucachi 2021. Lima. Obtenido de <https://hdl.handle.net/20.500.12692/61611>
7. UNESCO. (2019). El agua como factor transversal en los ODS bajo examen en el foro político de alto nivel sobre el desarrollo sostenible (HLPF) 2019 en américa latina y el caribe. Santiago.
8. UNESCO. (2019). Informe Mundial de las Naciones Unidas sobre el Desarrollo de los Recursos Hídricos 2019: No dejar a nadie atrás. París.
9. MINAM. (2017). Estándares de Calidad Ambiental. Perú.
10. Incahuanaco, J., Montalván, R., & Dávila, Y. (2021). Contaminación por metales pesados (As, B, Cd, Cr, Cu, Fe, y Pb) en sedimentos superficiales del estuario Boca del Río, Ilo, Moquegua, Perú 2021
11. Montalván, R., & Dávila, Y. (2020). Relación de la diversidad de fitoplancton con los parámetros físicoquímicos del río Osmore en epoca de estiaje, Ilo, Perú.

FINANCIACIÓN

Los autores no recibieron financiación para el desarrollo de esta investigación.

CONFLICTO DE INTERESES

Los autores declaran que no existe ningún conflicto de intereses.

CONTRIBUCIÓN DE LOS AUTORES

Conceptualización: Alexandra Thalía Castillo Rojas, Oscar Eduardo Rojas Benavides, Elki Saldaña Chunqui, Alberto Cristobal Flores Quispe, Alfredo Romero Kana, Elvia Suguey Del Carpio Alarcon.

Curación de datos: Alexandra Thalía Castillo Rojas, Oscar Eduardo Rojas Benavides, Elki Saldaña Chunqui, Alberto Cristobal Flores Quispe, Alfredo Romero Kana, Elvia Suguey Del Carpio Alarcon.

Análisis formal: Alexandra Thalía Castillo Rojas, Oscar Eduardo Rojas Benavides, Elki Saldaña Chunqui, Alberto Cristobal Flores Quispe, Alfredo Romero Kana, Elvia Sugey Del Carpio Alarcon.

Investigación: Alexandra Thalía Castillo Rojas, Oscar Eduardo Rojas Benavides, Elki Saldaña Chunqui, Alberto Cristobal Flores Quispe, Alfredo Romero Kana, Elvia Sugey Del Carpio Alarcon.

Metodología: Alexandra Thalía Castillo Rojas, Oscar Eduardo Rojas Benavides, Elki Saldaña Chunqui, Alberto Cristobal Flores Quispe, Alfredo Romero Kana, Elvia Sugey Del Carpio Alarcon. Gestión del proyecto: Nerio Enríquez-Gavilán, Brian Meneses-Claudio.

Recursos: Alexandra Thalía Castillo Rojas, Oscar Eduardo Rojas Benavides, Elki Saldaña Chunqui, Alberto Cristobal Flores Quispe, Alfredo Romero Kana, Elvia Sugey Del Carpio Alarcon.

Software: Alexandra Thalía Castillo Rojas, Oscar Eduardo Rojas Benavides, Elki Saldaña Chunqui, Alberto Cristobal Flores Quispe, Alfredo Romero Kana, Elvia Sugey Del Carpio Alarcon.

Supervisión: Alexandra Thalía Castillo Rojas, Oscar Eduardo Rojas Benavides, Elki Saldaña Chunqui, Alberto Cristobal Flores Quispe, Alfredo Romero Kana, Elvia Sugey Del Carpio Alarcon. Validación: Nerio Enríquez-Gavilán, Brian Meneses-Claudio.

Visualización: Alexandra Thalía Castillo Rojas, Oscar Eduardo Rojas Benavides, Elki Saldaña Chunqui, Alberto Cristobal Flores Quispe, Alfredo Romero Kana, Elvia Sugey Del Carpio Alarcon.

Redacción - borrador original: Alexandra Thalía Castillo Rojas, Oscar Eduardo Rojas Benavides, Elki Saldaña Chunqui, Alberto Cristobal Flores Quispe, Alfredo Romero Kana, Elvia Sugey Del Carpio Alarcon.

Redacción - corrección y edición: Alexandra Thalía Castillo Rojas, Oscar Eduardo Rojas Benavides, Elki Saldaña Chunqui, Alberto Cristobal Flores Quispe, Alfredo Romero Kana, Elvia Sugey Del Carpio Alarcon.