



Aprovechamiento de aguas residuales domésticas tratadas mediante el uso de un humedal artificial de piñón y girasol

Utilization of treated domestic wastewater through the use of an artificial pinion wetland and girasol

Utilização de águas residuais domésticas tratadas por meio de uma zona húmida artificial de pinhão-manso e girasol

Alberto Junior Díaz-García ^I
Diazgarciaa086@gmail.com
<https://orcid.org/0000-0002-4902-6821>

Pablo Mario Paredes-Ramos ^{II}
aguerrero5@utmachala.edu.ec
<https://orcid.org/0000-0001-7509-1371>

Correspondencia: Diazgarciaa086@gmail.com

Ciencias Sociales y Políticas
Artículo de Investigación

***Recibido:** 15 de diciembre de 2021 ***Aceptado:** 30 de diciembre de 2021 * **Publicado:** 27 de enero de 2022

- I. Ingeniero Civil, Universidad Laica Vicente Rocafuerte de Guayaquil, Investigador Independiente, Ecuador.
- II. Ingeniero Civil, Universidad Laica Vicente Rocafuerte de Guayaquil, Docente Investigador, Ecuador.

Resumen

El Objetivo de este artículo es: Analizar el aprovechamiento de aguas residuales domésticas tratadas mediante el uso de un humedal artificial, con la producción de piñón y girasol como biocombustible para la Lotización El Triángulo de la cabecera cantonal de Playas, provincia de Guayas. La metodología que se utilizó consistió en una investigación aplicada para el diseño y construcción del prototipo del humedal artificial de girasol y piñón como una oportunidad de desarrollo local sostenible. Para medir los resultados obtenidos de la implementación y funcionamiento del humedal artificial se realizaron pruebas de entrada y salida para los cultivos de piñón y girasol respectivamente. Estas muestras fueron recolectadas de agua residual y envasadas en los frascos correspondientes, según indicaciones del laboratorio y parámetros que se cumplieron a cabalidad para que no se afectara en las analíticas. Como conclusión destaca: Una vez identificadas las particularidades de la zona de influencia del proyecto, se identificó que la vegetación seleccionada de piñón y girasol para el diseño es idónea, debido a que se adapta fácilmente al lugar, cumple con las condiciones de remoción de contaminantes previsto para un sistema de humedales, permitiendo que cumpla con los límites establecidos en la Normativa Ambiental vigente, pero es necesario que la empresa HIDROPLAYAS EP sea responsable de realizar análisis continuos de agua residual para tener un registro de los parámetros físico-químicos y bacteriológicos en las vertientes de los cuerpos de agua, para que el sistema garantice su eficacia y la vida útil para la cual fue diseñado.

Palabras Clave: Ambiente; humedal artificial; biocombustible; cultivos de piñón; desarrollo local sostenible

Summary

The objective of this article is: To analyse the use of treated domestic wastewater through the use of an artificial wetland, with the production of pine nut and sunflower as biofuel for the Lotización El Triángulo de la cabecera cantonal de Playas, province of Guayas. The methodology used consisted of applied research for the design and construction of the prototype of the artificial wetland of sunflower and pine nut as an opportunity for sustainable local development. In order to measure the results obtained from the implementation and operation of the artificial wetland, inlet and outlet tests were carried out for the pine nut and sunflower crops respectively. These samples were collected from wastewater and bottled in the corresponding bottles, according to laboratory

indications and parameters that were fully complied with so as not to affect the analyses. As a conclusion, the following stands out: Once identified the particularities of the area of influence of the project, it was identified that the selected vegetation of pine nut and sunflower for the design is suitable, because it adapts easily to the place, meets the conditions of removal of pollutants expected for a wetland system, allowing it to comply with the limits established in the current environmental regulations, However, it is necessary that the company HIDROPLAYAS EP is responsible for carrying out continuous analyses of wastewater in order to have a record of the physico-chemical and bacteriological parameters in the water bodies, so that the system guarantees its efficiency and the useful life for which it was designed.

Keywords: Environment; artificial wetland; biofuel; pine nut crops; local sustainable development.

Resumo

O objectivo deste artigo é: Analisar a utilização de águas residuais domésticas tratadas através da utilização de uma zona húmida artificial, com a produção de pinhões e girassol como biocombustível para a Lotización El Triángulo de la cabecera cantonal de Playas, província de Guayas. A metodologia utilizada consistiu na investigação aplicada para a concepção e construção do protótipo da zona húmida artificial de girassol e pinheiro como uma oportunidade para o desenvolvimento local sustentável. A fim de medir os resultados obtidos com a implementação e funcionamento da zona húmida artificial, foram efectuados testes de entrada e saída para as culturas de pinhões e girassol, respectivamente. Estas amostras foram recolhidas das águas residuais e engarrafadas nas garrafas correspondentes, de acordo com indicações e parâmetros laboratoriais que foram plenamente cumpridos de modo a não afectar as análises. Como conclusão, destaca-se o seguinte: Uma vez identificadas as particularidades da área de influência do projecto, foi identificado que a vegetação seleccionada de pinhões e girassol para o projecto é adequada, porque se adapta facilmente ao local, satisfaz as condições de remoção dos poluentes esperados para um sistema de zonas húmidas, permitindo-lhe cumprir os limites estabelecidos na actual regulamentação ambiental, No entanto, é necessário que a empresa HIDROPLAYAS EP seja responsável pela realização de análises contínuas das águas residuais de modo a ter um registo dos parâmetros físico-químicos e bacteriológicos nos corpos de água, para que o sistema garanta a sua eficiência e a vida útil para a qual foi concebido.

Palavras-chave: ambiente; zonas húmidas artificiais; biocombustível; culturas de pinhões; desenvolvimento sustentável local.

Introducción

Las descargas de aguas residuales provenientes del uso humano representan una problemática ambiental, debido a la alta carga contaminante que contienen estas aguas, al no ser tratadas afectan a la vida acuática de los ecosistemas e imposibilitan el uso del recurso hídrico, éste escenario ha sido evidenciado con mayor énfasis en América Latina y el Ecuador no es la excepción. Para resolver el referido problema, las ciudades del país que no disponen de plantas de tratamiento han optado por diluir la carga contaminante en el caudal de los ríos, siendo la forma más fácil e insostenible. (CEPAL, 2015).

En la Lotización El Triángulo, ubicada en el cantón Playas existe la necesidad de garantizar el acceso a agua de calidad y mejorar las condiciones de vida de las personas con acceso a agua, saneamiento e higiene son derechos fundamentales, pues el agua es un recurso básico que debe ser tratado de acuerdo a la normativa ambiental vigente, para evitar su descarga en cualquier cuerpo receptor contaminando el ambiente, puesto en la situación de emergencia sanitaria causado por el COVID – 19, los efectos socio económicos en los hogares de la zona causarían problemas de salubridad. De allí, que el objetivo de este trabajo se constituye en: Analizar el aprovechamiento de aguas residuales domésticas tratadas mediante el uso de un humedal artificial con la producción de piñón y girasol como biocombustible para la Lotización El Triángulo de la cabecera cantonal de Playas, provincia Guayas.

Materiales y métodos

Humedal Artificial

Esta es una técnica de depuración natural para el tratamiento de agua residual, que tiene por lo general un fondo o base impermeable sobre la que se deposita un lecho de gravas, suelo u otro medio para el desarrollo de las plantas, que constituyen el principal agente depurador. Los humedales logran el tratamiento de las aguas residuales a través de la sedimentación, absorción y metabolismo bacterial que tiene similitud con los procesos biológicos que se dan en la naturaleza y en los filtros por goteo utilizados en las plantas de tratamiento convencionales. (Díaz, Alvarado, & Camacho, 2012). Son capaces de proporcionar una alta eficiencia física en la remoción biológica

de los contaminantes asociados con material particulado que se convierten en nutrientes para los humedales. (Llagas & Gómez, 2017).

Esta técnica se distingue porque no genera olores desagradables; ni requiere de personal cualificado para el desarrollo de las labores de construcción, operación y mantenimiento, que no causan impactos en el paisaje porque proporcionan un hábitat para la vida silvestre, facilitando la recarga natural de los acuíferos, no contaminando las aguas superficiales y tierras; toda vez que no hay descarga y su efluente está apto para ser reutilizado en actividades como la jardinería por el riego enriquecido de nutrientes, construcción, consumo animal.

Además de los humedales artificiales, existen otras técnicas alternativas como el SUTRANE y el SIASA, siendo este último el más costoso porque requiere insumos como el ozono; mientras el SUTRANE requiere del uso de jabón biodegradable para evitar la muerte de las bacterias que ayudan a limpiar el agua; siendo necesaria en ambas técnicas realizar un mantenimiento periódico, extraer la nata de grasa de la caja.

En las últimas décadas el uso de los humedales para el tratamiento de aguas residuales se ha incrementado debido a que su costo de inversión es competitivo, el poco personal que se necesita para su mantenimiento, a que no presenta consumo energético excesivo limitándose a sólo el necesario para bombeos de cabecera, no generan excesos de lodos de forma continuada (García Serrano & Corzo Hernández, 2008).

Metodología

El desarrollo de este trabajo de investigación se llevó a efecto con la implementación de un humedal artificial de flujo sub- superficial, que es el sistema que encarga de tratar el agua residual, a medida que ésta fluye lentamente a través de un medio poroso. La vegetación emergente está plantada (piñón y girasol) en este lecho hecho de grava gruesa y arena. El lecho tiene una profundidad entre 0,45 y 1m y una pendiente característica entre 0 y 0,5% (Crites & Tchobanoglous, 2012).

Dentro de las principales ventajas de los humedales artificiales integran perfectamente al sector rural y urbano mediante parques y jardines, cuyo sistema de operación es eficiente para la remoción de materia orgánica y de nutrientes, condiciones que permiten disponer el efluente en ambientes naturales, por lo que se asocia a un bajo coste al carecer de equipos electromecánicos.

En cuanto a las desventajas que implica el uso de humedales artificiales podemos citar el débil compromiso y desorganización de los usuarios pueden incidir negativamente en el éxito de esta

subutilización, pues se llena en poco tiempo cuando no existe un sistema de pre-tratamiento adecuado para eliminar totalmente los organismos patógenos de las aguas residuales requieren de un proceso adicional de desinfección.

Por tanto, entre las principales recomendaciones para un exitoso humedal artificial se puede decir que se puede aplicar para las aguas residuales de poblaciones pequeñas y medianas cuyo diseño debe considerar cada realidad territorial.

La metodología que se utilizó en el desarrollo del presente trabajo de investigación consistió en la puesta en práctica de una investigación aplicada para el diseño y construcción del prototipo del humedal artificial de girasol y piñón como una oportunidad de desarrollo local sostenible, que aportará al fortalecimiento de la economía de la localidad, con la generación de biocombustible. Fue una investigación de tipo experimental, en el análisis del cambio de las condiciones de vida de la población beneficiaria en la Lotización el Triángulo.

Análisis y discusión de los resultados

Diseño del Humedal artificial piloto de Flujo subsuperficial

El diseño conceptual del humedal artificial se lo realizó usando la fórmula de la RAS 2000 que se muestra a continuación:

$$A_s = \frac{Q(\ln(\text{DBO}_5)_e - \ln(\text{DBO}_5)_s)}{KT(y)(n)}$$

Donde:

- A_s = Área Superficial del humedal (m^2)
- Q = Caudal ($m^3/ día$)
- $\ln(\text{DBO}_5)_e$ = Concentración del DBO_5 al ingreso
- $\ln(\text{DBO}_5)_s$ = Concentración del DBO_5 a la Salida
- KT = constante de temperatura en el humedal
 - y = Profundidad del Humedal (m)
- n = Porosidad promedio de las capas filtrantes del humedal. (%)

Constante de temperatura del humedal

KT = constante de temperatura en el humedal

$$KT = K_{20} * (1.06)^{(T-20)}$$

$$KT = 1.104 * (1.06)^{(25.3-20)}$$

$$KT = 1.50$$

Medio	Tamaño efectivo, mm	Porosidad (η)	Conductividad Hidráulica (K_s), m/d
Arena media	1	0,30	500
Arena gruesa	2	0,32	1.000
Arena y grava	8	0,35	5.000
Grava media	32	0,40	10.000
Grava gruesa	128	0,45	100.000

Tabla 1. Características del material granular

<https://repositorio.escuelaing.edu.co/bitstream/001/114/1/Espinosa%20Ortiz,%20Camilo%20Eduardo%20-%20202014.pdf>

Datos:

$$Q = 0.00343 \text{ m}^3/\text{seg} = 296,35 \text{ m}^3/\text{día}$$

Se toma para el diseño de la planta piloto el 1 % del Q de toda la población = 2,96 m³/día

$$\ln(\text{DBO}_5)_e = \ln 230 = 5,438$$

$$\ln(\text{DBO}_5)_s = \ln 99 = 4,595$$

$$KT = 1.50$$

$$y = 0.60 \text{ m}$$

$$n = 35\%$$

$$A_s = \frac{2,96 \frac{\text{m}^3}{\text{día}} (\ln(250 \text{ mg/l})_e - \ln(99)_s)}{1.5(0.6)(0.35)}$$

$$A_s = 8 \text{ m}^2$$

Materiales para la construcción del humedal artificial

Para la construcción del humedal artificial se utilizaron los siguientes materiales que se detallan a continuación:

Tabla 2. Materiales para la construcción del humedal

#	CANTIDAD	DESCRIPCIÓN
1	1	PISCINA 2X5 M
2	1	LLAVE DE PASO 4"
3	6	TUBOS PVC 4"
4	2	CODOS PVC 4"
5	1	TEE PVC 4"
6	1	GEOTEXTIL 2MTS
7	1	PIOLA
8	3	TANQUES 50 GAL
9	1	BOMBA 1/4 HP TECNO
10	12	ARENA M ²
11	2	PIEDRA 3/4
12	14	FLETE DE ARENA
13	2	TUBOS 1/2 PLASTIGAMA
14	10	CODOS 1/2
15	5	TEE 1/2
16	2	NUDOS 1/2
17	4	LLAVE DE PASO 1/2
18	2	TUBO 1 1/2 CEDULA 40
19	12	TEE 1 1/2 CEDULA 40
20	12	TAPON 1 1/2 MACHO
21	50	PLANTAS DE GIRASOL
22	50	PLANTAS DE PIÑON
23	8	METROS DE MANGUERA NEGRA 1/2
24	5	CALIPEGA 1/4
25	1	TARRAJA
26	4	MUESTRAS DE LABORATORIO
27	2	TEFLON

Díaz, A. (2021)

Costos de la construcción e implementación del humedal artificial

Dentro de los costos de la construcción e implementación del humedal artificial se incluyeron los materiales y el costo de las pruebas de muestreo de laboratorio para verificar la calidad del agua tratada con la implementación del humedal artificial.

El costo de la construcción e implementación del humedal artificial piloto se refiere al caudal de 0.034 L/Seg, que fue el 1% del caudal total necesario a tratar de toda la Lotización El Triángulo, es decir que para tratar el caudal de 1 L/Seg el costo sería \$39411.76

Procesos de Muestreo

Para medir los resultados del correcto funcionamiento del humedal artificial subsuperficial de piñón y girasol era necesario realizar un proceso de muestreo, por esta razón, para el buen manejo y toma de las muestras nos regimos a las exigencias del Instituto Ecuatoriano de Normalización (INEN) de la Norma Técnica Ecuatoriana (NTE):

- NTE INEN 2 169: 2013 CALIDAD DEL AGUA. MUESTREO. MANEJO Y CONSERVACIÓN DE MUESTRAS. Determina las técnicas para conservar y transportar todo tipo de muestras de agua.

- NTE INEN 2 176: 2013 CALIDAD DEL AGUA. MUESTREO. TÉCNICAS DE MUESTREO. Define las técnicas de muestreo usadas para obtener los datos necesarios en los análisis de control de calidad de las aguas.

Para medir los resultados obtenidos de la implementación y funcionamiento del humedal artificial se realizaron pruebas de entrada y salida para los cultivos de piñón y girasol respectivamente. Estas muestras fueron recolectadas de agua residual y envasadas en los frascos correspondientes, según indicaciones del laboratorio, donde se señaló la fecha, hora, datos de aforo y lugar de toma de muestra, parámetros que se cumplieron a cabalidad para que no se afectara en las determinadas analíticas.

Análisis de la Calidad de los Vertidos

Al concluir las pruebas de los resultados de tratamiento de las aguas residuales de piñón y de girasol en la Lotización El Triángulo se realizó un cuadro comparativo para verificar el cumplimiento de la calidad de acuerdo a la normativa ambiental ecuatoriana, tal como se detalla a continuación:

Tabla 3. Comparación de los resultados obtenidos en el efluente con la Normativa Ambiental vigente.

Parámetros	Unidades	Muestra de agua usando como medio filtrante Piñón	Muestra de agua usando como medio filtrante Girasol	Normativa Ambiental Ecuatoriana
DBO5	mg/l	2,9	4,7	100
Coliformes fecales	NMP/100 ml	1700	<1,8	2000
SST	mg/l	4,6	8	130

Díaz, A. (2021)

Para medir el porcentaje de remoción aplicamos la siguiente fórmula:

$$\% \text{ de Remoción} = \frac{\text{Muestra de entrada} - \text{muestra de salida}}{\text{Muestra de entrada}} * 100$$

Tabla 4. Comparación de los resultados de remoción obtenidos

Porcentajes de remoción		
Parámetros	Muestral de agua usando medio filtrante Girasol	Piñón de agua usando medio filtrante
DBO5	94,96%	92,84%
Coliformes fecales	100,00%	99,47%
Solidos Suspendidos Totales	97,08%	90,53%

Díaz, A. (2021)

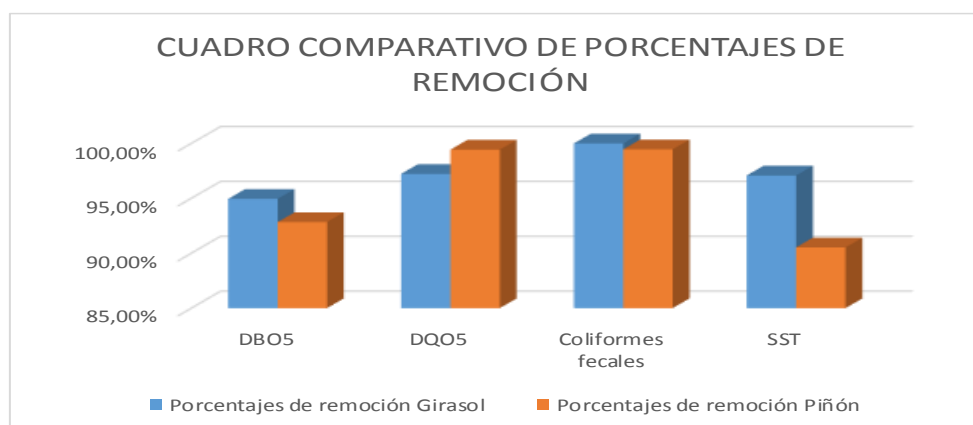


Figura 1. Cuadro comparativo de porcentajes de remoción
Díaz, A. (2021)

Se ha obtenido una efectividad de remoción superior al 90% y el cumplimiento de los parámetros de calidad establecidos en la normativa ambiental ecuatoriana con la implementación de un humedal artificial de flujo subsuperficial utilizando plantaciones de piñón y de girasol.

Conclusiones

Se ha cumplido con los objetivos planteados en el presente proyecto de investigación desarrollado en la Lotización El Triángulo de la cabecera cantonal de Playas, provincia del Guayas.

- El dimensionamiento del humedal artificial de flujo subsuperficial se realizó en función de las características del agua residual, flora, parámetros ambientales y demográficos del lugar, considerando que una de las características de las aguas residuales de origen doméstico de la zona de influencia corresponde a un agua biodegradable que si puede ser tratada por medios naturales, cuyo diseño del sistema está proyectado para una vida útil de 20 años.
- Una vez identificadas las particularidades de la zona de influencia del proyecto, se identificó que la vegetación seleccionada de piñón y girasol para el diseño es idónea debido a que se adapta fácilmente al lugar y cumple con las condiciones de remoción de contaminantes previsto para un sistema de humedales, permitiendo que cumpla con los límites establecidos en la Normativa Ambiental vigente pero es necesario que la empresa HIDROPLAYAS EP sea responsable de realizar análisis continuos de agua residual para tener un registro de los parámetros físico-químicos y bacteriológicos en las vertientes de los cuerpos de agua, contará con un manual de diseño y operación para capacitar a los habitantes de la comunidad sobre cómo realizar el mantenimiento y operación, para que el sistema garantice su eficacia y la vida útil para la cual fue diseñado.
- Considerando las diferentes alternativas de tratamiento de aguas residuales el presupuesto de la construcción es económica comparada con otros sistemas depuradores, la obra civil es pequeña y requiere mantenimientos mínimos con un bajo costo de operación, en este piloto la inversión realizada corresponde a 1.340,80 USD y que es un proyecto factible a nivel económico, social y financiero que contribuye de manera directa al cambio de la matriz productiva; por tanto, al evaluar el sistema podemos determinar que se debe impulsar a nivel territorial la implementación de los sistemas de tratamiento de aguas residuales utilizando piñón y girasol por la reducción de costos y la calidad que se obtiene en más comunidades para Playas se ha demostrado su eficiencia operativa especialmente para la prestación de servicio para la empresa

HIDROPLAYAS EP.

Referencias

1. 9.1, N. C. (1992). *Normas para Estudio Y Diseño de Sistema de Agua Potable y Disposición de Aguas Residuales para Poblaciones mayores a 1000 habitantes*. Ecuador.
2. Acueducto Sistec. (2017). *Subcomite de Diseño - Alcantarillado*. Obtenido de CONSTRUCCIÓN ALCANTARILLADO, DISEÑO ALCANTARILLADO: <http://www.cytarcillasyprefabricados.com/wp-content/uploads/2017/02/Norma-Tecnica-Empresa-de-Acueducto-y-Alcantarillado.pdf>
3. Administrador. (20 de Febrero de 2015). *Estrucplan*. Obtenido de Estrucplan: <https://estrucplan.com.ar/tecnologias-sostenibles-para-la-potabilizacion-y-el-tratamiento-de-aguas-residuales/>
4. Aguas Nacionales. (10 de Febrero de 2013). *Aguas Nacionales EP Colombia*. Obtenido de Aguas Nacionales EP Colombia: <https://www.grupo-epm.com/site/aguasnacionales/nuestra-gestion/glosario>
5. Alarcón, I. (18 de Agosto de 2019). Aguas servidas, un riesgo para los ríos del país. *El Comercio*, págs. 12-13.
6. Almeida, K. J. (2020). *UNIVERSIDAD ESTATAL DEL SUR DE MANABÍ*. Obtenido de "DISEÑO DE ALCANTARILLADO PLUVIAL EN LA CIUDADELA "EL CENTENARIO DE LA CIUDAD DE CALCETA": <http://repositorio.unesum.edu.ec/bitstream/53000/2418/1/18%20KARLA%20JUSTINA%20PINARGOTE%20ALMEIDA.pdf>
7. Alvarez , M., Parrales, E., Plua , L., Gutierrez, L., Parrales, C., Marcillo, G., . . . Merchan , W. (2018). *Hidraulica aplicada para Ingenieros Civiles*. Alcoy: Area de Innovación y Desarrollo,S.L.
8. Anguix, A. (14 de 01 de 2017). *blog.gvsig*. Obtenido de Hidrologia y sistemas de informaion geografica: <https://blog.gvsig.org/2017/01/14/hidrologia-y-sistemas-de-informacion-geografica-ponencias-en-jornadas-gvsig/>
9. Arias, & Brix. (2003). *Humedales artificiales para el tratamiento de aguas residuales*. Bogotá, Colombia: Universidad Militar Nueva Granada.
10. Arias, D., Teuta, C., & Parra, J. (2011). Caracterización de las propiedades del biodiesel de

- girasol bajo la Norma NTC de 100/04 y medición de poder calorífico. *Investigación en Ingeniería*.
11. Arias, E. R. (05 de 02 de 2021). *Investigación descriptiva*. Obtenido de Conomipedia: <https://economipedia.com/definiciones/investigacion-descriptiva.html>
 12. Arias, F. (2017). *Proyecto de Investigación*. México: Mc Graw Hill.
 13. Aristegui Maquinaria. (18 de 04 de 2016). *Aristegui Maquinaria*. Obtenido de Redes de abastecimiento de agua: <https://www.aristegui.info/author/acceso/>
 14. Autodesk. help. (12 de 02 de 2021). *Autodesk. help*. Obtenido de Acerca de las redes de drenaje: <https://knowledge.autodesk.com/es/support/infraworks/downloads/caas/CloudHelp/cloudhelp/ESP/InfraWorks-DrainageDesign/files/Drainage-Networks/GUID-9B0882BE-9BAE-489F-AF46-EDD4999ACF87-html.html>
 15. Betancourt, D. R. (2016). *Universidad de los Andes*. Obtenido de SE JUSTIFICA LA SEPARACIÓN DE ALCANTARILLADO EN LA CIUDAD: <file:///C:/Users/Jorge/Downloads/u729433.pdf>
 16. Betancur, S. (21 de 07 de 2016). *Prezi*. Obtenido de ¿Qué es alcantarillado combinado?: <https://prezi.com/xzvksd0ehyj7/que-es-alcantarillado-combinado/>
 17. Cayón, D., & Pedraza, E. (2015). Caracterización morfofisiológica de *Jatropha curcas* L. variedad Brasil cultivada en dos zonas de Colombia. *UNAL* , 5-10.
 18. CEPAL, C. E. (2015). *Panorama Social de América Latina*. Santiago: CEPAL.
 19. Comisión Nacional de Ahorro de Energía. (2017). *Ventajas y desventajas del uso de biocombustibles*. México: Mc Graw Hill.
 20. Conagua. (2016). *Manual de Agua Potable, alcantarillado y saneamiento*. Mexico: Subdirección General de Agua Potable, Drenaje y Saneamiento.
 21. Constitución de República del Ecuador. (2008). Obtenido de https://www.oas.org/juridico/pdfs/mesicic4_ecu_const.pdf
 22. Crites, R., & Tchobanoglous, G. (2012). *Sistemas de Manejo de Aguas Residuales para Núcleos Pequeños y Descentralizados*. Santa Fé - Bogotá: McGrawHill.
 23. Decker, G., & Cerruti, C. (11 de 12 de 2020). *Geo Gebra*. Obtenido de Presión de vapor de un líquido: <https://www.geogebra.org/m/qzfszssmy>
 24. Delgadillo, Camacho, Pérez, & Andrade. (2010). *Depuración de aguas residuales por*

- medio de humedales artificiales*. Cochabamba, Bolivia: Universidad Mayor de San Simón - Facultad de Agronomía.
25. Derribos Sevilla. (2016). *Derribos Sevilla*. Obtenido de RELLENO Y COMPACTACIÓN DE TERRENO: <http://www.derribossevilla.com/relleno-y-compactacion-de-terreno/>
26. Díaz, E., Alvarado, A., & Camacho, K. (2012). El tratamiento de agua residual doméstica para el desarrollo local sostenible: el caso de la técnica del sistema unitario de tratamiento de aguas, nutrientes y energías (SUTRANE) en San Miguel de Almaya, México. *Quiviera*, vol.14, núm.1, 78-97.
27. Diaz, Y. (22 de 09 de 2020). *Loja para todos*. Obtenido de CONSTRUYEN ALCANTARILLADO SANITARIO EN VILCABAMBA: <https://www.loja.gob.ec/noticia/2020-09/construyen-alcantarillado-sanitario-en-vilcabamba>
28. Dueñas, R. (2017). *FACULTAD DE CIENCIAS MATEMATICAS Y FISICAS*. Obtenido de ANÁLISIS COMPARATIVO ENTRE EL MÉTODO DE ZANJA ABIERTA Y SIN ZANJA PARA LA INSTALACION DE REDES DE AA.PP. EN EL KM 19 VIA A LA COSTA: <http://repositorio.ug.edu.ec/bitstream/redug/28495/1/Tesis-%20Ricardo%20Due%C3%B1as%20Barco.pdf>
29. EcuRed. (20 de Mayo de 2016). *EcuRed*. Obtenido de EcuRed: https://www.ecured.cu/Sostenibilidad_tecnol%C3%B3gica
30. Escuela Militar de Ingenieria Mcal. Antonio Jose de Sucre. (11 de 2017). *Cueva del civil*. Obtenido de Entibado de Zanjas y Apuntalamiento: <https://www.cuevadelcivil.com/2017/11/entibado-de-zanjas-y-apuntalamiento.html>
31. Espada, B. (29 de 04 de 2021). *Ok diario*. Obtenido de Metodo descriptivo: <https://okdiario.com/curiosidades/que-metodo-descriptivo-2457888>
32. Estrada Gonzalez, N., & Forero Fajardo, C. (11 de 2018). *Universidad Catolica de Colombia*. Obtenido de EVALUACIÓN DE LA GESTIÓN DEL TIEMPO BAJO LA GUÍA PMBOK® 5TA EDICIÓN PARA METODO SPR DE REHABILITACION DE TUBERIA SIN ZANJA VS METODO CONVENCIONAL DE REHABILITACION DE TUBERIA: <file:///C:/Users/Jorge/Desktop/Tesis%20de%20cipp/Rehabilitaci%C3%B3n%20sin%20zanja%202018.pdf>

33. Fibras y Normas de Colombia S.A.S. (15 de Julio de 2018). *Fibras y Normas de Colombia S.A.S.* Obtenido de Fibras y Normas de Colombia S.A.S.: <https://blog.fibrasynormasdecolombia.com/aguas-residuales-definicion-e-importancia/>
34. Gallegos, A. (2013). *Dimensionamiento de un sistema de tratamiento aerobio de aguas contaminadas domésticas*. Quito: Escuela Politécnica Nacional.
35. Garay, C. (07 de 2020). *Crubocas*. Obtenido de UNIVERSIDAD DE PANAMÁ : <https://crubocas.up.ac.pa/sites/crubocas/files/2020-07/3%20M%C3%B3dulo%2C%20%2C%20EVIN%20300.pdf>
36. García Serrano, J., & Corzo Hernández, A. (2008). *Depuración con humedales construidos. Guía práctica de diseño, construcción y explotación de sistemas de humedales de flujo subsuperficial*. Barcelona: Departamento de Ingeniería Hidráulica, Marítima y Ambiental de la Universidad Politécnica de Catalunya.
37. Gargantilla, P. (05 de 10 de 2020). *¿Qué es el método científico? Estos son sus cinco pasos*. Obtenido de Abc. es: https://www.abc.es/ciencia/abci-metodo-cientifico-estos-cinco-pasos-201902170129_noticia.html
38. Guereca Hernández, L., Morgan Sagastume, J., & Noyola Robles, A. (2013). *Selección de tecnología para el tratamiento de aguas residuales municipales*. México: UNAM S.A.
39. Henry, G., & Heinke, G. (2004). *Ingeniería ambiental*. México: Prentice Hall.
40. INEN. (2009). *Norma Técnica para uso de Biodiesel como combustible*. Quito: INEN.
41. Ingecivil. (10 de 08 de 2018). *Para qué sirve el alcantarillado pluvial*. Obtenido de IngeCivilInformación relacionada a Ingeniería civil y Construcción: <https://www.ingecivil.net/2018/08/10/para-que-sirve-el-alcantarillado-pluvial/>
42. Ingeniería Civil . (05 de 11 de 2017). *Alcantarillado*. Obtenido de <https://ingenieriacivil530.wordpress.com/2017/11/05/primer-entrada-del-blog/>
43. INIAP. (15 de Octubre de 2020). *Ministerio de Agricultura y Ganadería*. Obtenido de Ministerio de Agricultura y Ganadería: <https://www.agricultura.gob.ec/el-pinon-crece-en-zonas-secas-y-su-aceite-se-utiliza-para-biocombustibles-y-para-elaborar-jabones-caseros/>
44. La Hora . (04 de Octubre de 2018). *19 humedales son fuente de vida*. Carchi, Carchi, Ecuador.
45. Lara, J. (10 de Septiembre de 1999). *Depuración de aguas residuales municipales con humedales artificiales*. *Geocities*, 122. Obtenido de Geocities.

46. Libhaber, M., & Jaramillo, A. (2012). *Sustainable Treatment and Reuse of Municipal Wastewater*. Londres, Reino Unido: IWA Publishing.
47. Llagas, W., & Gómez, E. (2017). Diseño de humedales artificiales para el tratamiento de aguas residuales en la UNMSM. *Revista del Instituto de Investigaciones*, 12.
48. Luna Escalante, J. G., & Gonzales Mendoza, C. E. (2018). *UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN AGUSTÍN DE AREQUIPA*. Obtenido de “DESCRIPCIÓN, ANÁLISIS COMPARATIVO Y EVALUACIÓN DE LAS TECNOLOGÍAS: <http://repositorio.unsa.edu.pe/handle/UNSA/6730>
49. Madera Jorge, Silva Patricia Torres Carlos. (2008). Reuso de aguas residuales domésticas en agricultura. *agronomia*.
50. MAE. (2015). *TULSMA (Texto Unificado de Legislación Secundaria del Medio Ambiente)*. Quito: Asamblea Nacional.
51. Martínez, I. P. (2019). *Enfoque*. Obtenido de Dicenlen: <https://www.dicenlen.eu/es/diccionario/entradas/enfoque>
52. Menéndez, C., & Pérez, J. (2007). *Procesos para el Tratamiento Biológico de Aguas Residuales Industriales*. La Habana: Cuba: Universitaria.
53. Metcalf, E. (2013). *Wastewater Engineering: Treatment, Disposal, and Reuse*. New York: Mc Graw Hill.
54. Milanes, C. (s.f.). *Slide Players*. Obtenido de Sistema Integrado de Atarjeas: <https://slideplayer.es/slide/1703783/>
55. Moreno Merino, L. (2010). *La depuración de aguas residuales urbanas de pequeñas poblaciones mediante infiltración directa en el terreno*. Madrid: Ministerio de Ciencia y Tecnología, Instituto Geológico y Minero de España.
56. Nota, S. (2019). Biocombustibles. *Industria Ambiental*, 10-12.
57. Noyola, A., Morgan, J., & Guereca, L. (2016). *Selección de Tecnologías para el Tratamiento de Aguas Residuales Municipales: Guía de Apoyo para ciudades pequeñas y medianas*. México: Universidad Nacional Autónoma de México.
58. Observatorio del agua. (s.f.). *Red de drenaje*. Obtenido de Autoridad del agua: <http://observatoriochirilu.ana.gob.pe/glosario/red-de-drenaje>
59. Ocampo, D. S. (4 de 08 de 2020). *investigaliacr*. Obtenido de Fuentes primarias y secundarias de información cuantitativa: <https://investigaliacr.com/investigacion/fuentes->

- de-informacion-primarias-y-secundarias-en-la-investigacion-cuantitativa/
60. Perez Porto, J., & Gardey, A. (2017). *Definicion.de*. Obtenido de DEFINICIÓN DE CUNETA: <https://definicion.de/cuneta/>
 61. Quispe, I. (2021). *Arcux.net*. Obtenido de ¿Qué es la hidráulica de canales?: <https://arcux.net/blog/que-es-la-hidraulica-de-canales/>
 62. Rabat, J. (2018). *Análisis de los modelos de diseño de los sistemas naturales de depuración*. Alicante: Universidad de Alicante.
 63. Ramalho, R. (2009). *Tratamiento de aguas residuales*. México: Reverté S.A.
 64. Salas, D. (3 de 12 de 2019). *Investigalia*. Obtenido de Investigación bibliográfica: <https://investigaliacr.com/investigacion/investigacion-bibliografica/>
 65. Secretaría del Agua. (2016). *Tratamiento de aguas residuales en Ecuador*. Quito: Lexus.
 66. SEDAPAR. (12 de Septiembre de 2019). *SEDAPAR*. Obtenido de SEDAPAR: <https://www.sedapar.com.pe/portal-doctor/el-agua/aguas-servidas/>
 67. Serrano, S. I. (2018). *Universidad de los Andes*. Obtenido de Tecnologías más promisorias para renovar y rehabilitar tuberías de distribución de agua potable: <file:///C:/Users/Jorge/Desktop/Tesis%20JC/1%20tesis%20%20CIPP.pdf>
 68. Solorzano, R. (5 de 06 de 2016). *Bombas Hidráulicas*. Obtenido de Hydraulics y Pneumatics: <https://www.hydraulicspneumatics.com/hp-en-espanol/article/21886594/principios-ingenieriles-bsicos-bombas-hidraulicas>
 69. Suarez, E. (29 de 05 de 2019). *IngeCivil*. Obtenido de Tipos de drenajes y su importancia: <https://www.ingecivil.net/2019/05/29/tipos-de-drenajes-y-su-importancia/>
 70. Terán, C., & Sangucho, J. (2018). *Boletín Técnico N° 02-2017 - GAD MUNICIPALES - Gestión de Agua Potable y Alcantarillado*. Quito: INEC.
 71. Tratamiento de Aguas Residuales. (08 de Agosto de 2018). *Tratamiento de Aguas Residuales*. Obtenido de Tratamiento de Aguas Residuales: <https://tratamientodeaguasresiduales.net/etapas-del-tratamiento-de-aguas-residuales/>
 72. Ucha, F. (02 de Agosto de 2016). *Aguas residuales domésticas*. Quito, Pichincha, Ecuador.
 73. UNESCO. (21 de Marzo de 2017). *UNESCO*. Obtenido de UNESCO: <https://es.unesco.org/news/son-aguas-residuales-nuevo-oro-negro>
 74. Vymazal, J., & Kropfelová, L. (2010). *Wastewater Treatment in Constructed Wetlands with Horizontal Sub-Surface Flow*. The Netherlands: Springer: Dordrecht.

75. WBCSD. (03 de Noviembre de 2015). *Ecointeligencia*. Obtenido de Ecointeligencia:
<https://www.ecointeligencia.com/2015/11/ecoeficiencia/>
76. Westreicher, G. (22 de 08 de 2020). *Economipedia*. Obtenido de Metodo:
<https://economipedia.com/definiciones/metodo.html>
77. Yepes Piqueras, V. (2 de 10 de 2016). *Universidad Politecnica de Valencia*. Obtenido de Tecnologías sin zanja: <https://victoryepes.blogs.upv.es/tag/pipe-jacking/>
78. Yepes Piqueras, V. (10 de 12 de 2018). *Universidad Politecnica de Valencia*. Obtenido de Apertura de zanja en la instalación de tuberías:
<https://victoryepes.blogs.upv.es/2018/12/10/apertura-de-zanja-en-la-instalacion-de-tuberias/>
79. Yepes Piqueras, V. (30 de 03 de 2021). *Universidad Politecnica de Valencia*. Obtenido de Drenaje de excavaciones mediante zanjas perimetrales:
<https://victoryepes.blogs.upv.es/tag/drenaje/>