

Evaluación del impacto ambiental de los sistemas de alcantarillado sanitario y planta de tratamiento de aguas residuales en Ecuador



Environmental impact assessment of sanitary sewer systems and wastewater treatment plant in Ecuador

Gabriela Cecilia Guerra Herrera. ¹, Santiago Israel Logroño Naranjo. ²

Recibido: 10-05-2019 / Revisado: 19-06-2019 / Aceptado: 06-07-2019 / Publicado: 28-07-2019

Abstract.

DOI: <https://doi.org/10.33262/cienciadigital.v3i3.2.1.783>

The satisfaction degree of a society is generally based on the benefits that it possesses, being one of the most essential the provision of basic services such as sanitary sewer and wastewater treatment plants, which not only improve the quality of life but also seeks to preserve the water quality of the water bodies where the wastewater generated is discharged.

Although it is true, these systems provide wellness to the population, however, during the construction of the same, a series of activities that can generate potential risks to human health and environmental factors occur, these risks called Environmental Impacts when measured, they provide a clear idea of the level of incidence that construction, maintenance, closure and abandonment operations produce.

It is for this reason, that in this article the evaluation of the impacts that are expected to be generated by the construction, operation, maintenance, closure and abandonment of a Sanitary Sewer System and typical Wastewater Treatment Plant, based to the methodology of Conesa et al (1997), obtaining as a result, that this type of project generates a moderate and temporary negative impact; Therefore, positive impacts are also generated that mostly cover the generation of employment in each of its activities.

¹ Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Extensión Norte Amazónica, Orellana, Ecuador.
gabriela.guerra@epoch.edu.ec

² Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Extensión Norte Amazónica, Orellana, Ecuador.
israel.logronio@epoch.edu.ec

Of 152 impacts identified, 59% corresponded to those of a positive nature, while the negative ones represented 41%, indicating in this way that the provision of basic services generates inconveniences in its first stage of construction, however from this, it presents benefits for the population by providing better wastewater evacuation systems, controlled and directed towards treatment plants, where sewage can recover its quality and be discharged complying with the permissible discharge limits.

Keywords: Environmental impact, sewer, sanitary, wastewater.

Resumen.

El grado de satisfacción de una sociedad generalmente se basa en los beneficios que posee, siendo uno de los más imprescindibles la dotación de servicios básicos como el alcantarillado sanitario y las plantas de tratamiento de aguas residuales, que no sólo mejoran la calidad de vida, sino que busca preservar la calidad de agua de los cuerpos hídricos donde se descarga las aguas residuales generadas.

Si bien es cierto, estos sistemas proporcionan bienestar a la población, no obstante, durante la construcción de estos se producen una serie de actividades que por su propia naturaleza pueden generar potenciales riesgos a la salud humana y a los factores ambientales, estos riesgos llamados Impactos Ambientales al ser medidos proporcionan una idea clara del nivel de incidencia que las operaciones de construcción, mantenimiento, cierre y abandono producen.

Es por esta razón, que en el presente artículo se realizó la evaluación de los impactos que se prevé se generen por la construcción, operación, mantenimiento, cierre y abandono de un Sistema de Alcantarillado Sanitario y Planta de Tratamiento de Aguas Residuales típicos, en base a la metodología de Conesa et al (1997), obteniendo como resultado, que este tipo de proyectos generan un impacto negativo moderado y temporal; por lo que también se generan impactos positivos que abarcan en su mayoría la generación de empleo en cada una de sus actividades.

De 152 impactos identificados, el 59% correspondieron a los de carácter positivo, mientras que los negativos representaron el 41%, indicando de esta manera, que la dotación de servicios básicos genera inconvenientes en su primera etapa de construcción, sin embargo a partir de esta, presenta beneficios para la población proporcionando mejores sistemas de evacuación de aguas servidas, controlados y dirigidas hacia plantas de tratamiento, donde las aguas negras podrán recuperar su calidad y ser vertidas cumpliendo los límites permisibles de descarga.

Palabras claves: Impacto ambiental, alcantarillado sanitario, aguas residuales.

Introducción.

El ser humano en su propia esencia utiliza los diversos recursos naturales para satisfacer sus necesidades primordiales, es así como el uso de las fuentes hídricas en las diversas actividades: domésticas, industriales, recreativas o agrícolas generan un posible deterioro de estas.

En sus hogares, la población usa el agua principalmente para la cocción, limpieza o aseo, de manera que una vez satisfecha sus necesidades básicas se presenta el problema de evacuar las aguas residuales generadas. Para esto, se requiere de la construcción e implementación de un sistema de alcantarillado sanitario que elimine o conduzca estas aguas negras hacia una planta de tratamiento, que proporcione las alternativas adecuadas para el tratamiento de estas, que modifiquen las características del recurso hídrico, y así cumplan con las normativas de descarga y a su vez no generen un riesgo para la vida acuática de los cuerpos hídricos donde se descargan. (SIAPA, 2014).

Carmona (2013) define los sistemas de alcantarillado sanitario como un conjunto de conductos y estructuras destinados a recibir, evacuar, conducir y disponer las aguas domésticas, que por lo general son aguas negras.

Estos sistemas de tuberías constituyen la red principal de conducción de las aguas residuales desde los hogares hacia las plantas de tratamiento ya sea municipales o privadas, donde se someterán a los procesos necesarios para su regeneración.

Es entonces, que las plantas de tratamiento son un conjunto de procesos u operaciones de carácter físico, químico, biológico o una combinación de todos estos, con la finalidad de eliminar los materiales, sustancias o microorganismos patógenos para el ser humano, animales o vegetales, evitando por lo tanto la contaminación de los cuerpos receptores (Aldás, 2011).

El grado de tratamiento al que se someterá una determinada agua depende fundamentalmente de los límites de vertido para el efluente, sea alcantarillado, río o mar; y de los contaminantes que ésta contenga, desde sólidos suspendidos hasta metales pesados o contaminantes biológicos. (Ramalho, 1990). Existiendo diversos tratamientos: primarios, secundarios y terciarios.

Según el TULSMA del Ministerio del Ambiente (2002), el tratamiento primario y secundario incluyendo la desinfección constituye un tratamiento de tipo convencional, mientras que el terciario es aquel proceso adicional, que permite remover sustancias suspendidas y disueltas que no se han podido eliminar en los tratamientos previos.

Toda actividad encaminada a la construcción, operación y mantenimiento de los sistemas de alcantarillado y plantas de tratamiento de aguas residuales generan posibles afectaciones a los componentes ambientales o a la salud humana; es por esta razón que es necesario una evaluación de éstos, para conocer su grado de incidencia, sea positivo o negativo. Es así como,

Orea & Villarino (2013), definen al impacto como la alteración que produce una actividad humana en su entorno y que afecta a la calidad de vida de la población; por lo tanto, el Impacto Ambiental será aquellas actividades antrópicas que originen una modificación de alguno de los factores ambientales o del sistema en conjunto.

Metcalf y Eddy (1995) recalcan la importancia que tienen los servicios básicos en una comunidad, tal como lo es el alcantarillado sanitario y las plantas de tratamiento de aguas residuales, mismos que proporcionan bienestar físico a la población acompañado, sin embargo, de la potencialidad de generar o producir un fuerte impacto en el medio ambiente si no es ejecutado adecuadamente.

El presente trabajo, tiene por lo tanto como enfoque principal el evaluar de manera general los impactos ambientales causados por las operaciones de construcción, operación y abandono de un Sistema de Alcantarillado Sanitario y Planta de Tratamiento de Aguas Residuales en Ecuador, mediante la metodología establecida por Conesa et al (1997) con su matriz de Leopold, modificada a la investigación detallada en el presente artículo.

Metodología.

A. Identificación de los procesos de construcción, operación, mantenimiento, cierre y abandono del Sistema de Alcantarillado Sanitario y Planta de Tratamiento de Aguas Residuales.

La identificación de los procesos de construcción y operación del Sistema de Alcantarillado se basa en los trabajos realizados previamente por los diferentes municipios y prefecturas del Ecuador, regidos por los “Términos de Referencia para Estudio de Impacto Ambiental de Proyectos de Alcantarillado y Aguas Residuales” de la Guía Metodológica Saneamiento – DNPCA del Ministerio del Ambiente (2015).

Esta guía, divide los procesos tanto para alcantarillado sanitario como para plantas de tratamiento en:

- Etapa de construcción
- Etapa de operación y mantenimiento

Para el presente estudio, además de las etapas propuestas por el Ministerio de Ambiente, se ha considerado importante incluir además la etapa de cierre y abandono y así abarcar a todas las actividades que suceden en este tipo de obras que proporcionan bienestar a la sociedad.

B. Identificación y Evaluación de Impactos Ambientales

Se basa en la metodología establecida por la “Guía Metodológica para la evaluación del impacto ambiental de Conesa et al (1997), basada en la diferenciación cualitativa y cuantitativa de las causas que producen los impactos ambientales.

Se utiliza para esto, la matriz de Leopold modificada, junto con las matrices causa – efecto (seminumérica) que consiste en un cuadro de doble entada, disponiendo como filas a los componentes ambientales y como columnas aquellas actividades que podrían generar impactos potenciales.

Inicialmente, se realiza una matriz de identificación, igualmente con un cuadro de doble entrada, en las abscisas las actividades y en el eje de las ordenadas los componentes ambientales, dónde en cada celda se evalúa si existe o no una posible afectación marcándola con una X.

Posteriormente se procede a evaluar las actividades identificadas como aquellas que generan un impacto. Esta valoración se basa en la calificación del grado de magnitud e importancia del impacto identificado, que sigue los siguientes criterios:

Tabla 1. Carácter del impacto

Positivo (+)	El componente presenta una mejora con respecto a su estado previo a la ejecución del proyecto
Negativo (-)	El componente presenta deterioro con respecto a su estado previo a la ejecución del proyecto.

Fuente: Conesa et al (1997)

La Tabla 1 muestra el criterio para identificar si un impacto es negativo o positivo con respecto al estado pre operacional de la actividad.

Tabla 2. Intensidad del impacto

Alta	Alteración muy notoria y extensiva, de recuperación a corto o mediano plazo mediante la intervención humana, lo cual conlleva costos de recuperación
Moderada	Alteración notoria producida por una determinada actividad, el impacto es reducido y se puede mitigar mediante técnicas sencillas para su recuperación.
Baja	Impactos que se pueden recuperar naturalmente o mediante la intervención humana.

Fuente: Conesa et al (1997)

La Tabla 2 representa el grado con el que un impacto alterará a un determinado componente ambiental.

Tabla 3. Extensión del impacto

Regional	Área o región geográfica donde se desarrolla el proyecto.
Local	Aproximadamente hasta 3 km donde se realizan las actividades del proyecto.
Puntual	Específicamente en el lugar donde se realizan las actividades del proyecto, considera el área de influencia directa.

Fuente: Conesa et al (1997)

La extensión del impacto, detallado en la Tabla 3 hace referencia a la extensión especial que un efecto tendrá sobre los componentes ambientales.

Tabla 4. Duración del impacto

Permanente	La permanencia del efecto permanece o continua a pesar que ya ha finalizado la actividad.
Temporal	El efecto se presenta durante la ejecución de las actividades y finaliza junto con estas.
Periódica	El efecto se presenta de forma intermitente durante la duración de la actividad.

Fuente: Conesa et al (1997)

Es de recalcar, que la duración del impacto se refiere específicamente a la acción sobre los componentes mas no al detalle de los efectos que las actividades puedan causar.

Tabla 5. Reversibilidad del impacto

Irrecuperable	El componente ambiental afectado no podrá ser recuperado.
Poco recuperable	La recuperación es posible únicamente con la ayuda humana.
Recuperable	El componente ambiental se recupera de forma natural a un estado similar al inicial previo las actividades del proyecto.

Fuente: Conesa et al (1997)

La tabla 5. indica los criterios para la selección de la ponderación en base a la reversibilidad del impacto, es decir, a la dificultad o imposibilidad que tendrá un componente ambiental

afectado de que vuelva a sus características o condiciones originales previo a las actividades del proyecto.

Tabla 6. Riesgo del impacto

Alto	El impacto se produce en forma real.
Medio	Existe la duda de que el impacto se produzca o no.
Bajo	El pacto es probable de que se produzca, no existe una certeza.

Fuente: Conesa et al (1997)

El riesgo del impacto expresa la probabilidad de que pueda ocurrir el impacto y los criterios de selección se detallan en la Tabla 6.

A continuación, se presenta en la Tabla 7 los criterios de ponderación de todas las consideraciones vistas anteriormente.

Tabla 7. Criterios de valoración de impactos ambientales

Variable	Símbología	Carácter	Valor
Magnitud	M		
		Alta	3
Intensidad	i	Moderada	2
		Baja	1
		Regional	3
Extensión	e	Local	2
		Puntual	1
		Permanente	3
Duración	d	Temporal	2
		Periódica	1
Importancia	I		
		Irrecuperable	3
Reversibilidad	R	Poco recuperable	2
		Recuperable	1
		Alto	3
Riesgo	g	Medio	2
		Bajo	1
		Regional	3
Extensión	e	Local	2
		Puntual	1

Fuente: Conesa et al (1997)

Cálculo de Magnitud de Impactos

Constituye una valoración del efecto de una acción, se basa en la sumatoria de las variables intensidad, extensión y duración con sus respectivos pesos:

- Intensidad: 0.40
- Extensión: 0.40
- Duración: 0.20

$$M = (0.40i) + (0.40e) + (0.40d) \quad (1)$$

Cálculo de Importancia de Impactos

Se basa en la sumatoria de las variables extensión, reversibilidad y riesgo con sus respectivos pesos:

- Extensión: 0.30
- Reversibilidad: 0.20
- Riesgo: 0.50

$$I = (0.30e) + (0.40r) + (0.40g) \quad (2)$$

Una vez realizados todos los cálculos mediante las ecuaciones de magnitud e importancia se procede a la interpretación de éstos mediante la “Escala de Valoración de la Magnitud e Importancia del Impacto” detallada en la Tabla 8.

Tabla 8. Escala de valoración de la magnitud e importancia del impacto

Escala valores estimados	Valoración del impacto
1.0 – 1.6	Bajo
1.7 – 2.3	Medio
2.4 - 3.0	Alto
> 3.1	Muy Alto

Fuente: Conesa et al (1997)

Significación de Impactos

Consiste en la realización de una matriz resumen, donde se detallan cuantos impactos bajos, medios, altos o muy altos se han identificado.

Resultados.

A. Identificación de los procesos de construcción, operación, mantenimiento, cierre y abandono del Sistema de Alcantarillado Sanitario y Planta de Tratamiento de Aguas Residuales.

En base a la metodología previamente revisada, se clasificó los procesos o actividades en construcción, operación y mantenimiento y finalmente la etapa de cierre y abandono, que se detallan en las Tablas 9, 10 y 11.

Tabla 9. Actividades de la etapa de construcción

Alcantarillado	Planta de Tratamiento de Aguas Residuales
Transporte de tuberías y accesorios	Desbroce de vegetación
Almacenamiento de materiales	Limpieza del terreno
Excavación de zanjas	Desalojo de material sin valor de aprovechamiento
Eliminación de fluidos procedentes de las excavaciones	Nivelación de los terrenos
Desalojo de material sin valor de aprovechamiento	Muros y cimientos
Resanteo	Construcción de canales y reactores
Instalación de tuberías y accesorios	Instalación de tuberías y accesorios
Relleno y compactación de zanjas	
Limpieza y desalojo de material	

Fuente: Grupo de investigación

Tabla 10. Actividades de la etapa de operación

Alcantarillado	Planta de Tratamiento de Aguas Residuales
Limpieza y mantenimiento de tuberías y accesorios	Entrada del afluente a la planta
Limpieza y mantenimiento de pozos	Retención de sólidos gruesos en la cámara de rejillas
Limpieza y mantenimiento de cajas de revisión	Degradación de materia orgánica dentro del reactor
Mantenimiento de conexiones domiciliarias	Separación y retención de sólidos flotantes

	Infiltración del afluyente en las zanjas de infiltración
	Remoción de lodos
	Descarga del efluente
Mantenimiento de conexiones domiciliarias	Limpieza y mantenimiento de canales y accesorios
Limpieza y desalojo de material	Limpieza y mantenimiento de la cámara de rejillas
	Limpieza y mantenimiento del reactor

Fuente: Grupo de investigación

Tabla 11. Actividades de la etapa de cierre y abandono

Planta de Tratamiento de Aguas Residuales
Desmantelamiento de equipamiento
Demolición de infraestructura
Retiro de escombros y desechos

Fuente: Grupo de investigación

La etapa de cierre y abandono considerada hace referencia a las instalaciones de la planta de tratamiento de aguas residuales, por lo que se consideró de manera general 3 actividades principales.

B. Identificación y Evaluación de Impactos Ambientales

La identificación de los impactos se realizó de manera general para todas las actividades, es decir de manera conjunta para un Sistema de Alcantarillado Sanitario y para la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales, de manera que se pueda evaluar a un proyecto de manera integral.

Se identificaron un total de 152 impactos entre positivos y negativos, donde se destacan mayoritariamente los impactos bajos (57) seguidos de los medios (50), lo que refleja que un Sistema de alcantarillado Sanitario y Planta de Tratamiento de Aguas residuales generan impactos moderados. De los impactos identificados, 89 son de carácter positivo, mientras que los negativos se encuentran en un total de 63, concluyendo de esta manera, que este tipo de proyectos representan un mayor beneficio para la población, en comparación con otro tipo de actividades, tal como se puede apreciar en la tabla 12 y 13.

De los impactos positivos generados, aproximadamente el 90% se asocian a los beneficios propios que obtiene la sociedad al contar con un Sistema de alcantarillado sanitario y planta

de tratamiento de aguas residuales que mejoran la calidad de vida, salud, bienestar y seguridad al estar dotados de servicios básicos salubres que aportan al desarrollo local y regional.

Tabla 12. Matriz de Evaluación de Impactos etapa de construcción

			CONSTRUCCIÓN																
			ALCANTARILLADO								PLANTA						PLANTA Y ALC		
			1	2	3	4	5	6	7	8	1	2	3	4	5	6	1	2	
FACTORES AMBIENTALES	Aire	Calidad del Aire	2,7	2,4	2,1				2,1					2,2	1,2	1,2			
		Nivel Sonoro	2,7	3,0	2,7										2,2	1,7	1,7	1,7	1,7
	Suelo	Calidad de Suelo									5,3				4,2	4,2	4,2		4,2
		Uso de Suelo		1,2	1,2	1,2	2,6	1,6	1,2		4,8	3,1	1,2	4,2	4,2	4,2			4,2
	Agua	Calidad del Agua																	
		Aguas Superficiales				1,2													
	Flora	Aguas Subterráneas			1,6	1,2													
		Cubierta vegetal									5,3								
	Fauna	Cultivos									5,3								
		Ictiofauna																	
	M. Perceptual	Mastofauna									3,1								
		Microfauna			1,6			1,6	1,6		5,3			4,2	4,2	4,2			
	S. ECONÓMICO	Uso de recursos	Avifauna								4,8								
			Vistas y Paisaje	2,1	1,2	2,1		2,1			1,2	4,8	2,2	1,6	2,7				
		Humano	Abastecimiento de agua			2,9	1,2												
			Energía eléctrica			2,0									2,2	1,2	1,2		
Empleo		Bienestar									1,2								
		Salud			2,9						1,2								
		Seguridad	3,0	1,2			1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,6	2,4	2,4	1,2	1,2		
		Empleo	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+		

Fuente: Grupo de investigación

Tabla 12. Matriz de Evaluación de Impactos etapa de operación, cierre y abandono

			ACTIVIDADES																	
			OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO													CIERRE Y ABANDONO				
			ALCANTARIL LADO				PLANTA									PLANTA				
			1	2	3	4	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	1	2	3	
FACTORES	Aire	Calidad del Aire	1,2	1,2	1,2				1,8		1,8				1,2	1,2	1,2			
		Nivel Sonoro	1,2	1,2	1,2										1,2	1,2	1,2	1,7	3,0	1,7
	Suelo	Calidad de Suelo									3,3	1,8							2,7	1,9
		Uso de Suelo	1,2	1,2	1,2						3,3	2,7	1,4	1,4	1,4				2,7	1,7
	Agua	Calidad del Agua	1,8	1,8	1,8	1,8		1,8	1,8	1,8	1,6		2,7							1,2
		Aguas Superficiales						1,8	1,8	1,8			2,7							

grave peligro para la calidad del agua y de la vida acuática que en éstos se desarrollen, y de manera indirecta a las comunidades que hagan uso de las fuentes hídricas involucradas.

Según Moscoso (2014) en su tesis “Impacto ambiental del Sistema de alcantarillado de la base naval de San Eduardo y propuesta de intervención para su reducción al aplicar la metodología propuesta por Leopold obtuvo como resultado que la construcción de un Sistema de alcantarillado genera impactos negativos moderados, de la misma manera Osejos, Merino y Merino (2018) en su investigación realizada en la ciudadela 3 de Mayo que también obtuvo como resultado que el Sistema de alcantarillado generó impactos cuya importancia y magnitud fueron de carácter moderado

De manera similar Ortiz (2014) en su investigación en el cantón Colta “Simulación del impacto ambiental generado por la construcción y operación del Sistema de alcantarillado mixto y tratamiento de aguas residuales en la ciudadela de Villa la Unión y sectores aledaños a la Laguna de Colta dio como resultado que el proyecto generaba impactos negativos cuando no se realizaba una adecuada y correcta planificación y administración; investigaciones que concuerdan con el presente estudio al arrojar resultados similares, dado que en todos los casos citados los impactos generados son moderados y por un periodo temporal durante las actividades de construcción.

Conclusiones.

- Los Sistemas de Alcantarillado Sanitario en conjunto con las Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales proporcionan una mejor calidad de vida para la población en términos de salud, salubridad y empleo.
- Los posibles impactos generados por las actividades de construcción, operación, mantenimiento y abandono de un Sistema de Alcantarillado Sanitario y Planta de Tratamiento de Aguas Residuales son tanto positivos como negativos, siendo un 59% positivos y 41% impactos negativos.
- Tanto en estudios e investigaciones previas, como en la descrita en el presente artículo los Sistemas de Alcantarillado Sanitario y Planta de Tratamiento de Aguas Residuales representan un riesgo negativo moderado y temporal, mientras se lleve a cabo las actividades de construcción.
- Se concluye, por lo tanto, que los Sistemas de Alcantarillado Sanitario y Planta de Tratamiento de Aguas Residuales no representan un riesgo potencial para el medio ambiente, pudiendo controlar y prever sus actividades mediante planes de manejo adecuado, por lo contrario, representan bienestar para la población al ser dotados de servicios básicos de sanidad que eviten posibles enfermedades y contaminación a cuerpos hídricos.

Referencias Bibliográficas.

- Aldás, J. C. (2011). Diseño de alcantarillado sanitario y pluvial y tratamiento de aguas servidas de 4 lotizaciones unidas (varios propietarios), del cantón El Carmen. Pontificia Universidad Católica del Ecuador.
- Carmona, R. P. (2013). Diseño y construcción de alcantarillados sanitario, pluvial y drenaje en carreteras. *Ecoe Ediciones*.
- Conesa Fernández-Vitora, V., Conesa Ripoll, L. A., Conesa Ripoll, V., Bolea, E., Teresa, M., & Ros Garo, V. (1997). *Guía metodológica para la evaluación del impacto ambiental*. España: Mundi-Prensa.
- Metcalf, & Eddy. (1995). *Ingeniería de aguas residuales, redes de alcantarillado y bombeo* (Segunda ed.). España: McGraw Hill.
- Ministerio del Ambiente. (2002). Texto Unificado de Legislación Ambiental Secundaria del Ecuador (TULSMA). Ecuador.
- Ministerio del Ambiente. (2015). Guía metodológica saneamiento. Ecuador.
- Moscoso, W. E. (2014). Impacto ambiental del sistema de alcantarillado de la base naval de San Eduardo y propuesta de intervención para su reducción. Ecuador: Universidad de Guayaquil.
- Orea, D. G., & Villarino, M. T. (2013). *Evaluación de impacto ambiental*. Mundi-Prensa Libros.
- Ortiz, D. M. (2014). Simulación del impacto ambiental generado por la construcción y operación del proyecto. Sistema de alcantarillado mixto y tratamiento de aguas residuales en la ciudad de Villa la Unión y sectores aledaños a la laguna de Colta. Ecuador: Municipio del Cantón Colta.
- Osejos, M. A., Merino, M. V., & Merino, M. C. (2018). Impacto ambiental del sistema de alcantarillado en la ciudadela 3 de mayo de la ciudad de Jipijapa. *Revista de Investigación FIGMMG-UNMSM*, 21(41), 61-74.
- Ramalho, R. S. (1990). *Tratamiento de aguas residuales*. Reverté.
- SIAPA. (2014). *Criterios y lineamientos técnicos para factibilidades en la Z.M.G.* México.

PARA CITAR EL ARTÍCULO INDEXADO.

Guerra Herrera, G., & Logroño Naranjo, S. (2019). Evaluación del impacto ambiental de los sistemas de alcantarillado sanitario y planta de tratamiento de aguas residuales en Ecuador. *Ciencia Digital*, 3(3.2.1), 73-87. <https://doi.org/10.33262/cienciadigital.v3i3.2.1.783>



El artículo que se publica es de exclusiva responsabilidad de los autores y no necesariamente reflejan el pensamiento de la **Revista Ciencia Digital**.

El artículo queda en propiedad de la revista y, por tanto, su publicación parcial y/o total en otro medio tiene que ser autorizado por el director de la **Revista Ciencia Digital**.

