

Alternativa para el uso de sedimentos acumulados producto del funcionamiento del Canal de Panamá

Alternative for the use of accumulated sediments produced by the operation of the Panama Canal

Alejandra Contreras¹, Hemili Henderson¹, Pamela Herrera¹, Yazmin Mack^{1,2,3,}*

¹Universidad Tecnológica de Panamá, Facultad de Ingeniería Civil, Panamá

²Universidad Tecnológica de Panamá, Centro Experimental de Ingeniería, Panamá

³Sistema Nacional de Investigación (SNI) de Panamá, Panamá

Fecha de recepción: 23 de noviembre de 2023. **Fecha de aceptación:** 4 de enero de 2024.

***Autor de correspondencia:** yazmin.mack@utp.ac.pa

Resumen. Dentro del funcionamiento del Canal de Panamá se realizan actividades como el dragado de mantenimiento y operaciones como el paso constante de los buques. Estos procesos pueden generar potenciales impactos ambientales debido a la alteración que producen en el medio físico de la cuenca del Canal de Panamá durante su ejecución. El objetivo de este trabajo es el de proponer una alternativa para el uso de los sedimentos acumulados producidos por las operaciones de dragado de mantenimiento que se realizan periódicamente en la entrada del Pacífico del Canal de Panamá y por el paso constante de los buques. Como metodología, se llevó a cabo la revisión de literatura relacionada con aspectos negativos ocasionados por la acumulación de sedimentos generados por las operaciones antes mencionadas y los posibles usos de estos sedimentos. Los sedimentos estudiados, pueden ser utilizados para el crecimiento de gramas y mejoras de caminos de acceso, por lo que se propone, sean utilizados para el proceso de revegetación de suelos mineros, los cuales terminan afectados luego de su explotación. Se concluye con esta investigación que puede darse solución a dos problemáticas: la acumulación de sedimentos en vías navegables del Canal de Panamá y el estado final de los suelos mineros, por medio del uso de los sedimentos sometidos a estudio como material de enmienda para realizar tratamientos biológicos al suelo afectado por la actividad minera.

Palabras clave. Canal de Panamá, circularidad, manejo de desechos, sedimentos.

Abstract. The operation of the Panama Canal involves activities such as maintenance dredging and the constant passage of ships. These processes can generate potential environmental impacts due to the alteration they produce in the physical environment of the Panama Canal basin during their execution. The objective of this work is to propose an alternative for the use of the accumulated sediments produced by the maintenance dredging operations that are periodically carried out at the Pacific entrance of the Panama Canal and by the constant passage of ships. As a methodology, a review of the literature related to the negative aspects caused by the accumulation of sediments generated by the aforementioned operations and the possible uses of these sediments was carried out. The sediments studied can be used for the growth of grasses and improvements of access roads, so it is proposed that they be used for the process of revegetation of mining soils, which end up affected after their exploitation. It is concluded with this research that a solution can be given to two problems: the accumulation of sediments in navigable waterways of the Panama Canal and the final state of mining soils, through the use of the sediments under study as amendment material for biological treatments to the soil affected by mining activity.

Keywords. Panama Canal, circularity, waste management, sediments.

1. Introducción

El Canal de Panamá cuenta con 109 años de operaciones [1]. Debido a la necesidad del Canal de Panamá de mantenerse a la vanguardia, se llevó a cabo su ampliación en años recientes [2]. Actualmente, se realizan operaciones de mantenimiento con el fin de asegurar el calado del canal de navegación necesario para el tránsito marítimo.

El dragado es la operación de extracción de terreno en los fondos de los canales de navegación y áreas adyacentes con el objetivo de conseguir calados, obtener materiales de relleno, entre otros [3]. Este proceso puede generar potenciales impactos ambientales debido a la alteración que produce en el medio físico de la cuenca del Canal de Panamá. Estos impactos deben estudiarse con miras a buscar formas de mitigación hacia una economía circular.

El objetivo de este trabajo es proponer una alternativa para el uso de los sedimentos acumulados producidos por las operaciones de dragado de mantenimiento que se realizan periódicamente en la entrada del Pacífico del Canal de Panamá y por el paso constante de los buques.

2. Metodología

Este trabajo se enfoca en el dragado de mantenimiento de la entrada del Pacífico del Canal de Panamá como punto inicial de estudio. Además, se considera el paso de los buques como posible causante de aspectos e impactos.

Para abordar el tema investigado, se busca dar respuesta a las siguientes preguntas de investigación:

- ¿Cómo funciona el proceso de dragado de mantenimiento en la entrada del Pacífico del Canal de Panamá?
- ¿Cuáles son los aspectos ambientales relacionados al dragado de mantenimiento y el paso de buques en el Canal de Panamá?
- ¿Qué consecuencias son generadas por la suspensión de sedimentos?
- ¿Qué alternativas existen para el uso de los sedimentos estudiados?

Para el desarrollo de este artículo, se realizó una revisión de la literatura [4], [5] sobre los procesos relacionados al dragado de mantenimiento, consecuencias del paso de los buques, sus aspectos ambientales y potenciales impactos ambientales.

Luego de identificar los distintos aspectos ambientales, se seleccionó el aspecto ambiental de acumulación de sedimentos, con el fin de proponer una posible solución a la consecuencia que este genera. Los demás aspectos ambientales serán sujetos de investigaciones a futuro.

3. Resultados y discusión

El Canal de Panamá realiza una serie de actividades destinadas al mantenimiento de estructuras y zonas de navegación. Una de estas actividades de mantenimiento es el dragado, el cual es una faena periódica en el Canal de Panamá [6]. Con el motivo de unificar los aspectos producidos por las actividades estudiadas, se hará énfasis en aquellos producidos y documentados en la Entrada del Pacífico del Canal de Panamá.

3.1 Procesos dentro del funcionamiento del Canal de Panamá

A continuación, se describen los procesos de dragado de mantenimiento y paso de buques por el Canal de Panamá.

3.1.1 Dragado de mantenimiento en la entrada del Pacífico del Canal de Panamá

Existen tres etapas dentro del proceso de dragado de mantenimiento en el Canal de Panamá (figura 1).



Figura 1. Flujograma del mantenimiento de los canales de navegación en la entrada del Canal de Panamá (Pacífico).

Fuente: EIA Categoría II, Ensanche y Profundización del Cauce de la Entrada Pacífica del Canal de Panamá [7].

3.1.2 Paso de los buques por el Canal de Panamá

El Canal de Panamá ofrece un servicio seguro, continuo y eficiente para el transporte marítimo a nivel mundial, con el propósito de acortar distancias pasando a través del Canal de Panamá lo que conlleva un constante volumen de tráfico todos los días del año [8].

3.2 Aspectos ambientales y potenciales impactos ambientales producidos por el proceso de dragado de mantenimiento

En esta sección del trabajo se identifican los aspectos ambientales relacionados con el funcionamiento del Canal de Panamá. En la tabla 1 se presentan los distintos aspectos ambientales en relación con el proceso de dragado de mantenimiento en el Canal de Panamá.

El aspecto ambiental relacionado al aumento de la sedimentación se vincula con los sedimentos suspendidos provocados por la actividad de dragado de mantenimiento o

por el paso de los buques, ya que estas actividades, provocarán el viaje de sedimento a través de los cuerpos de agua que conforman la cuenca del Canal de Panamá, que luego se acumularán en cauces que forman parte de la Cuenca del Canal de Panamá.

Tabla 1. Identificación de potenciales impactos ambientales debido al proceso de dragado de mantenimiento.

	Generación de gases contaminantes	Generación de ruido	Aumento de la sedimentación	Suspensión de sedimentos en el aire	Aumento de la turbiedad	Cambio geomorfológico (terrestre y/o marino)	Cambio de la calidad del agua marina	Contaminación del suelo	Erosión del suelo
Dragado de mantenimiento de los Canales de Navegación	X	X	X		X		X		
Transporte de material dragado	X	X	X	X	X			X	
Descarga de material dragado en sitio marino	X	X	X	X	X	X	X	X	
Descarga de material dragado en sitio terrestre	X	X	X	X		X		X	X

Fuente: EIA Categoría II. Ensanche y profundización del cauce de la entrada Pacífica del Canal de Panamá [7].

3.2.1 Aumento de la sedimentación

Existen tres etapas dentro del proceso de dragado de mantenimiento en el Canal de Panamá como se observó en la figura 1.

Es importante tener una idea de la cantidad de sedimentos que se puede “perder” y movilizar en las cercanías de la draga para poder evaluar, así, el potencial de impactos en términos de tasas de acumulación de sedimentos del lecho marino, las concentraciones de sedimentos suspendidos y la duración de altos niveles de sedimentos suspendidos. Para una draga de corte y succión, esto se traduce en una pérdida de 6 kg/m³ y para una draga de retroexcavadora, la pérdida es de 7 kg/m³ de material dragado [7].

El monitoreo del aumento de la sedimentación en las subcuencas del Canal de Panamá en conjunto con otros índices (e.g. índice de calidad del agua, índice de estado trófico, etc.) es necesario para una gestión adecuada de manera que se garantice la operación del Canal de Panamá, pero así mismo se garantice la conservación de la cuenca.

3.3 Consecuencias generadas por la suspensión de sedimentos

En el área del Pacífico, la alta tasa de sedimentación que se genera se da por las aportaciones de los ríos Velásquez, Curundú, María Salas, Cárdenas y otros factores como la variación de las mareas [9].

Las alteraciones en el suelo de la cuenca y el paso de los buques hacen que el proceso de sedimentación sea más rápido, provocando la disminución de la capacidad de los lagos de acumular agua dentro del Canal de Panamá traduciéndose en la disminución de calados necesarios para el paso de los buques.

El Canal de Panamá cuenta con siete estaciones hidrométricas distribuidas en distintas subcuencas, con las cuales se obtienen los datos de monitoreo del recurso hídrico. De estas estaciones se puede recopilar información como: caudal específico y producción de sedimentos suspendidos durante el año para las distintas subcuencas del Canal de Panamá.

En la Tabla 2 se muestra la producción de sedimentos suspendidos medidos en algunas de las estaciones hidrométricas del Canal de Panamá en el año 2019. El valor más alto corresponde al reportado en la estación de Río Chagres-Chico que llega a t/año/km de sedimento producido.

Los sedimentos son partículas que provienen de suelos o rocas que son transportados por medio de aguas, es por ello que resulta indispensable mencionar los tipos de suelos que pueden encontrarse en la entrada Pacífica del Canal de Panamá, con el fin de caracterizar los sedimentos suspendidos en la cuenca.

Tabla 2. Resumen del caudal líquido y de sedimentos suspendidos del año 2019.

Subcuenca / Estación	Área (km ²)	Caudal específico t/s/km ²	Producción de sedimentos t/año/km
Río Chagres-Chico	407	53.4	718
Río Penequí-Candelaria	145	64.1	701
Río Boquerón-Peluca	90.6	61.6	666
Río Gatún-Ciento	119	38.5	294
Río Trinidad-El Chorro	171	28.2	140
Río Ciri Grande-Los Campines	192	37.2	120
Río Caño Quebrado-CQA	682	19.1	32.9
Madden Local	347	31.4	281
Gatún Norte	651	26.9	230
Gatún Sur	678	23.5	191

Fuente: Autoridad del Canal de Panamá [10].

3.3.1 Paso de los buques por el Canal de Panamá

En la Cuenca del Canal de Panamá, según el Sistema Unificado de Clasificación de Suelos (SUCS) [11,13] se pueden identificar ocho tipos de suelos en toda la Cuenca del Canal de Panamá, de los cuales, en el área del Pacífico se pueden reconocer suelos de tipo: III, IV, VI y VII.

Para suelos pertenecientes a las áreas adyacentes a la Cuenca del Canal de Panamá, el sistema de clasificación de tierras utilizados es el sistema norteamericano: "Land Capability" [12]. Este sistema clasifica los suelos de la Entrada del Pacífico como suelos tipo: IV, VI, VII, que son destinados para uso agrícola y forestal.

Los sedimentos acumulados en la Cuenca del Canal de Panamá tienen la capacidad de ser utilizados para el crecimiento de gramas y de caminos de acceso [6] como se discute a continuación.

3.4 Posibles usos para aprovechar efectivamente la acumulación de sedimentos

Las operaciones extractivas de minerales constituyen un uso temporal de los terrenos de aproximadamente 20 o 30 años [14]. Las actividades mineras generalmente provocan fuertes impactos ambientales con destrucción de los suelos naturales y creación de nuevos suelos que presentan fuertes limitaciones físicas, químicas y biológicas que dificultan la reinstalación de

vegetación [15]. Es por ello que en esta investigación se propone el uso de sedimentos acumulados para el proceso de revegetación en suelos mineros.

A continuación, se describe el tratamiento propuesto para mejorar suelos afectados por la actividad minera.

3.4.1 Tratamiento propuesto para el suelo afectado, utilizando el sedimento acumulado en la Cuenca del Canal de Panamá.

En cuanto al tipo de tratamiento para la remediación de suelo minero, se pueden clasificar en tratamientos biológicos, fisicoquímicos y térmicos [16].

Entre los tipos de tratamientos expuestos se recomienda el proceso de bioestabilización, sabiendo que puede darse de manera que tenga un crecimiento vegetal en la zona donde se desea contrarrestar la contaminación.

Dentro de los tratamientos biológicos aplicables para la remediación del suelo, se encuentra la fitodegradación.

Este tipo de técnica de recuperación de suelo puede describirse como proceso de bajo impacto y de rehabilitación blanda, incorporando enmiendas y plantas, haciendo de este un proceso más natural y mucho más respetuoso con el ambiente, comparado con los procesos físico-químicos. Además, este proceso es mucho menos costoso que las técnicas convencionales de recuperación de suelos y también apropiadas para utilizarla en grandes extensiones de suelo, como lo es el espacio utilizado para la minería [17].

4. Conclusiones

Proponer un uso alternativo a los sedimentos acumulados por el funcionamiento del Canal de Panamá, es necesario para solucionar efectos negativos producidos por actividades que forman parte su funcionamiento.

Este trabajo se enfoca inicialmente en proponer un uso alternativo a los sedimentos acumulados producidos por el funcionamiento del Canal de Panamá, partiendo de la información obtenida acerca de la capacidad de estos sedimentos para ser utilizados en gramas y mejoras de camino de acceso.

Mediante el uso de los sedimentos sometidos a estudio como material de enmienda para realizar tratamientos biológicos a los suelos afectados por la actividad minera y utilizarlo en el proceso de restauración de zonas donde se han dado cambios de la composición del suelo.

Se considera necesario profundizar sobre las características geotécnicas del suelo, además de realizar estudios sobre el viaje que realizan los sedimentos suspendidos y las zonas de acumulación que afectan de manera negativa la calidad del medio físico.

AGRADECIMIENTOS

Al Sistema Nacional de Investigación (SNI) de Panamá por su apoyo a la investigación.

CONFLICTO DE INTERESES

Los autores declaran no tener algún conflicto de interés.

REFERENCIAS

- [1] R. Sabonge, “Los 100 años del Canal de Panamá: antecedentes, desarrollo y potencial futuro”, pp. 1-2, 2014.
- [2] R. Sabonge, “La Ampliación del Canal de Panamá. Impulsor de cambios en el comercio internacional”, pp. 5-9, 2014.
- [3] Gobierno de España, “Guía de Buenas Prácticas para la Ejecución de Obras Marítimas, Primera Edición”. España: Puertos del Estado, 2008. [En línea]. Disponible en: http://www.lis.edu.es/uploads/043c80f9_21cd_41b5_8694_5d17dcab38a6.pdf
- [4] J. Rowley y F. Slack, “Conducting a Literature Review”, vol. 27, n.o 6, pp. 31-39, 2004.
- [5] R. Torracó, “Writing Integrative Literature Review: Using the past and present to explore the future.”, vol. 15, n.o 4, pp. 404-428, oct. 2016.
- [6] Canal de Panamá, “Informe sobre la Aplicación y Eficiencia de Medidas de Mitigación para el Estudio de Impacto Ambiental del Tercer Juego de Esclusas durante la fase de Operación”, VI Informe, ago. 2019. [En línea]. Disponible en: <https://pancanal.com/wp-content/uploads/2022/06/Informe-Cumplimiento-Junio2019.pdf>
- [7] PB International, “Ensanche y Profundización del Cauce de la Entrada Pacífica del Canal de Panamá”. abr. 2007. [En línea]. Disponible en: https://www.yumpu.com/es/document/read/14614121/e_studio-de-impacto-ambiental-categoria-ii-panama-canal
- [8] R. Esteller, “El Canal de Panamá Batió en Enero su Récord de Tráfico de Buques de Gas Licuado”, p. 1, feb. 04, 2021.
- [9] División de Mantenimiento de Cauces de Navegación (INC), “Actividad de Dragado de Mantenimiento de Cauces de Navegación”, jun. 21, 2021.
- [10] Autoridad del Canal de Panamá, “Anuario Hidrológico 2019, Vicepresidencia de agua y ambiente, Sección de Recursos Hídricos, Unidad de Hidrología Operativa.”, Canal de Panamá, República de Panamá, Informe Hidrológico Anual, sep. 2020. [En línea]. Disponible en: <https://pancanal.com/wp-content/uploads/2022/03/Anuario-Hidrologico-2019.pdf>
- [11] Editor Geoxnet, “Clasificación de los Suelos”, Geología, ago. 04, 2019. <https://post.geoxnet.com/clasificacion-de-suelos/>
- [12] Fundamentals of Soil Science, “Land Capability Classification”, Land Capability Classification, mar. 12, 2012. <http://ecoursesonline.iasri.res.in/mod/page/view.php?id=6348>
- [13] T. Pinzón y E. Rodríguez, “Evaluación Geotécnica del Sistema Constructivo del Canal de Panamá y la Unidad Funcional de Navegabilidad (UFN) del Río Magdalena en el Tramo Comprendido entre Barrancabermeja y Puerto Salgar”, Universidad Católica de Colombia, Colombia, 2020. [En línea]. Disponible en: <https://repository.ucatolica.edu.co/entities/publication/134ceb50-dcf5-4ef0-8666-e8cedcd6be3a>
- [14] F. Ayala et al., “Manual de Restauración de Terrenos y Evaluación de Impactos Ambientales en Minería. España”. [En línea]. Disponible en: http://info.igme.es/SidPDF%5C065000%5C106%5C65106_0001.pdf
- [15] I. García, “Contaminación por Actividades Mineras”. Edafología. [En línea]. Disponible en: <http://edafologia.ugr.es/conta/tema16/introd.htm>
- [16] B. Pinzón y M. Iglesias, “Estudio sobre la Capacidad de Resuspensión de las Corrientes de Densidad”, Tesina, Capítulo 6, Escuela Técnica Superior de Ingeniería de Caminos, Canales y puertos de Barcelona, España, Barcelona, 2007. [En línea]. Disponible en: <https://upcommons.upc.edu/handle/2099.1/5953>
- [17] F. Cabrera, Estabilización de Suelos Contaminados: El Caso de Aznalcollar. Instituto de Recursos Naturales y Agrobiología CSIC. Sevilla: Universidad de Burgos, 2005. [En línea]. Disponible en: <https://digital.csic.es/handle/10261/89416>