



DOI: <https://doi.org/10.23857/dc.v10i3.4017>

Ciencias Técnicas y Aplicadas
Artículo de Investigación

Diseño de encauzamiento de esteros: caso estancia vieja adentro, Portoviejo

Diseño de encauzamiento de esteros: caso estancia vieja adentro, Portoviejo

Design de encauzamento de esteros: caso estancia vieja adentro, Portoviejo

Alexia Nicole Macías Pico ^I

amacias4233@utm.edu.ec

<https://orcid.org/0009-0005-4941-505X>

Aida María Moreira Zambrano ^{II}

amoreira4478@utm.edu.ec

<https://orcid.org/0009-0002-9953-7264>

María Gertrudys Alcívar Loor ^{III}

maria.alcivar@utm.edu.ec

<https://orcid.org/0000-0002-0776-4666>

María Giuseppina Vanga Arvelo ^{IV}

maria.vanga@utm.edu.ec

<https://orcid.org/0000-0003-0143-8381>

Correspondencia: amacias4233@utm.edu.ec

***Recibido:** 27 de julio de 2024 ***Aceptado:** 24 de agosto de 2024 * **Publicado:** 16 de septiembre de 2024

- I. Universidad Técnica de Manabí, Ecuador.
- II. Universidad Técnica de Manabí, Ecuador.
- III. Universidad Técnica de Manabí, Ecuador.
- IV. Universidad Técnica de Manabí, Ecuador.

Resumen

La presente investigación se enfoca en el encauzamiento de esteros, práctica que se encarga de diseñar estructuras que permitan direccionar el flujo del agua de esteros y ríos de una manera óptima para el control de inundaciones. En Portoviejo, los registros de las precipitaciones indican los caudales posibles a manejar, como ocurre en Estancia Vieja Adentro, donde durante la temporada invernal el caudal se desborda, afectando considerablemente las viviendas circundantes. El objetivo de la investigación es diseñar el encauzamiento de este estero, mediante el uso de programas informáticos para determinar la cuenca de aportación, calcular el caudal de diseño y dimensionar las secciones transversales y pendientes del cauce; es una investigación bibliográfica y aplicada, con la aplicación de encuestas y entrevistas, así como visitas técnicas. Se presenta el diseño de encauzamiento mediante el análisis hidrológico e hidráulico, con el propósito de reducir el grado de amenaza y mitigar el impacto de futuros eventos climáticos. Se obtuvo resultados como el caudal máximo que llega a los puntos más críticos, pendientes, dimensiones para los sistemas de drenaje propuestos y un presupuesto referencial para su posterior aplicación. Se concluye que el diseño de encauzamiento es fundamental para la mitigación de riesgos en la población, ya que contribuye a disminuir la erosión del suelo en el cauce, optimiza el dimensionamiento necesario para evacuar el caudal proveniente de la microcuenca, y protege la estructura de drenaje seguridad de la población humana y animal.

Palabras Claves: diseño hidráulico; encauzamiento de esteros; gestión de inundaciones; prevención de desastres; vulnerabilidad hídrica.

Abstract

En Portoviejo, los registros de las precipitaciones indican los caudales posibles a manejar, como ocurre en Estancia Vieja Adentro, donde durante la temporada invernal el caudal se desborda, afectando considerablemente las viviendas circundantes. La cuenca de aportación, calcular el caudal de diseño y dimensionar las secciones transversales y pendientes del cauce; hidrológico e hidráulico, con el propósito de reducir el grado de amenaza y mitigar el impacto de futuros eventos climáticos.

drenaje propuestos y un presupuesto referencial para su posterior aplicación. proveniente de la microcuenca, y protege la estructura de drenaje seguridad de la población humana y animal.

Keywords: diseño hidráulico; encauzamiento de esteros; gestión de inundaciones; prevención de desastres; vulnerabilidad hídrica.

Resumo

Em Portoviejo, os registros das precipitações indicam as caudais possíveis de manobra, como ocorrem na Estância Vieja Adentro, onde durante a temporada invernal a caudal se desborda, afetando consideravelmente as vivências externas de aportação, calculando a caudal de design e dimensionando as secções transversais e pendentes de cauce; gico e hidráulico, com o propósito de reduzir o grau de amenaza e mitigar o impacto de futuros eventos climáticos aplicação de drenagem de segurança da população humana e animal.

Palavras-chave: projeto hidráulico, abastecimento de esteros, gestão de cheias, prevenção de catástrofes, vulnerabilidade hídrica.

Introducción

Las inundaciones son fenómenos naturales presentados en temporadas de invierno, los cuales son relevantes para las respectivas consideraciones en el diseño de los cruces fluviales; dichos diseños de encauzamientos se convierten en una medida de prevención contra inundaciones en zonas pobladas. Entre los factores que incrementan la presencia de inundaciones están el crecimiento poblacional, el área urbana, las condiciones precarias en las que se encuentra la población, y lo que genera construcciones en suelos susceptibles a inundación. Todos estos factores ya mencionados afianzan la posibilidad y la presencia del riesgo de inundaciones llegando hasta el punto de afectar considerablemente a la población; es necesario estimar la amenaza a través de la realización de estudios hidrológicos para poder definir las condiciones hidrodinámicas y de esa manera tener una secuencia de eventos hidrológicos y diferentes periodos de retorno (Núñez & Paternina, 2022).

Dentro de las propuestas o soluciones para reducir el riesgo de inundaciones se encuentra la realización del diseño de encauzamiento, que abarca obras como son la construcción de bordos de protección ya sean marginales o perimetrales, rectificación de ríos y de obras donde el mantenimiento es lo esencial, identificación y corrección de construcciones cerca del cauce, e incluso la reubicación de zonas habitadas (Gil *et al.*, 2019).

Otra solución muy frecuente es el uso de drenajes transversales en carreteras, donde la presencia de ríos o desniveles dificultan el paso de vehículos, por lo que se hace uso de alcantarillas ducto cajón, que por su configuración geométrica permiten una mayor circulación del flujo dentro de ella y de esa forma se evita el rebose del agua (Córdova, 2022).

Para Navarro (2020), es necesario un análisis multicriterio entre posibles trazados y las correspondientes secciones hidráulicas del tramo del encauzamiento donde hay mayor complejidad, para posteriormente dimensionar las diferentes transiciones entre los distintos tramos, adquiriendo en todo momento la cota de la lámina de agua para así obtener el correcto dimensionamiento de las estructuras.

El encauzamiento es el diseño de estructuras que permitan direccionar al flujo del cauce de una manera óptima para el control de inundaciones, es un tipo de obra que pretende diseñar el cauce para los caudales de gran magnitud que puedan presentarse por ejemplo debido al fenómeno del niño. Se debe considerar el período de retorno útil o riesgo de falla sobre la base de la recopilación de la información, involucrando los caudales máximos que incluyen esta serie de eventos. Su diseño es de vital importancia para la población, ya que facilita la ejecución de una obra que trata de solucionar en parte el problema de inseguridad y riesgo alto, tanto física como humana, frente a un aumento extraordinario de precipitaciones intensas que ocasionan inundaciones en los sectores más vulnerables (Reque, 2018).

Según la Secretaria Nacional de Gestión de Riesgos (SGR), en su resolución Nro. SGR-045-2023 (SGR, 2023), se establecen los siguientes requisitos específicos para cartografía por amenaza de inundación: la definición de los tramos fluviales debe ir en función del periodo de retorno, siendo 10 años para delimitar crecidas ordinarias y 50 años para delimitar crecidas extremas; se establecerán franjas de protección por inundación mediante un retiro mínimo que deberá ser medido desde la ribera de ríos determinada para un período de retorno de la crecida máxima determinada de forma técnica, nunca menor a 50 años y en caso de no haber estudios hidrológicos se establecerá temporalmente una medida de 100 m a partir del cauce o de la máxima extensión ordinaria de la lámina de agua en los embalses superficiales, con base en el reglamento de la Ley Orgánica de Recursos Hídricos Usos y Aprovechamiento del Agua LORHUA; se implementará usos de suelo compatibles con el nivel de riesgo y establecerá explícitamente los usos permitidos, restringidos y prohibidos en las zonas susceptibles a amenazas y dentro de las franjas de protección en torno a dichas zonas, todo esto

siguiendo lo establecido por el Plan de Uso y Gestión de suelo (PUGS), que a su vez esta explícitamente ligado con el Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial (PDOT).

Por otra parte, el Código Orgánico de Organización Territorial, Autonomía y Descentralización (COOTAD), en su artículo 136, dictamina que los gobiernos autónomos descentralizados municipales deberán establecer sistemas de gestión integral de desechos, con el propósito de eliminar la basura que contamina ríos, lagos, lagunas, quebradas, esteros o mar. En el artículo 432 (COOTAD, 2010), se menciona que toda obra de regeneración, de mejoramiento, recreación y deportivas en riberas de ríos y quebradas, podrá llevarse a cabo previo informe favorable a la autoridad ambiental correspondiente y siempre que dicha obra no estreche el cauce o dificulte el curso de las aguas de tal manera que no afecte a propiedades lindantes.

En Latinoamérica, en países como Perú, más del 20% de la población está expuesta a inundaciones al ser un fenómeno de gran recurrencia. Huacarpay fue uno de los centros poblados afectados por dicho fenómeno, debido a ello, se evaluó la peligrosidad del cauce del río Huatanay en la zona Huacarpay y se analizó la vulnerabilidad de una población aproximada de 31 familias aledañas al río. Los resultados fueron el diseño de encauzamiento y un dique enroscado, cuya defensa disipa la erosión de sus laderas, disminuirá el ensanchamiento del ancho de su cauce y la pérdida de la vegetación cercana al río (Torres *et al.*, 2021).

Por otro lado, tenemos al estado de Chiapas en México, en la zona de Tuxtla Gutiérrez, dicha ciudad comenzó su desarrollo urbano en el valle posicionándose en los márgenes del cauce del río principal conocido como el Sabinal, dándose su crecimiento a sus alrededores, incursionando de manera progresiva hacia las zonas medias y altas de la subcuenca de este curso de río, lo que ocasionó que el agua fluya por las calles desde las zonas altas, hasta las zonas más bajas, las cuales se han convertido en zonas inundación. Se obtuvo las microcuencas hidrográficas, detectando que el uso de suelo ha cambiado hasta un 100% en algunos casos, lo que provocó un mayor volumen de agua que escurre generando zonas con riesgos de inundaciones. Con los estudios realizados, se identifican las posibles zonas de inundación inducida y los puntos de desviación y retención, disminuyendo así la intensidad del agua y el volumen, además de aportar las zonas de crecimiento urbano (Mora *et al.*, 2023).

En cuanto a Ecuador, la crecida de los ríos genera grandes dificultades en las zonas más vulnerables y propensas a sufrir inundaciones debido al incremento de asentamientos poblacionales en zonas de riesgo. La sinuosidad y la pendiente creada por el valle aluvial son irrespetadas por los ríos debido a

los cauces aguas arriba y las inundaciones, mientras que los cauces aguas abajo son persistentes y están creando cortes en los canales que van aumentando la sinuosidad y disminuyendo la pendiente correspondiente (Estupiñán, 2020).

Según Burgos y otros autores (2019), en Ecuador, el riesgo a las inundaciones está ligado a varias causas favorecidas por las condiciones naturales y la forma de ocupación del territorio. En este contexto, el Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología (INAMHI) dio a conocer que, entre 1960 y 2006, el país ha registrado un incremento tanto en la temperatura promedio anual como en la intensidad y frecuencia de eventos extremos como sequías e inundaciones.

En la provincia de Manabí, Ecuador, se han implementado medidas de prevención ante las inundaciones que se han presentado por las fuertes lluvias. La revisión y los análisis realizados revelan que, en cuanto a manejo de inundaciones basado en la cuenca, existen proyectos y planes hidráulicos que han sido efectivos en cierta medida, específicamente represas, muros para retención de escorrentía y encauzamiento de quebradas (Giler *et al.*, 2020).

Sin embargo, Estancia Vieja Adentro, ubicada en Portoviejo, ha tenido grandes problemas por las inundaciones que se dan por las quebradas, siendo una de estas la del año 2015, donde el nivel de agua alcanzó los 70 centímetros y dejó al menos a 30 viviendas afectadas. Estos problemas siguen siendo parte de la vida de los moradores y viven con la preocupación de sufrir pérdidas a causa del estero que se ubica cerca de sus viviendas, y solicitan acciones preventivas ante la ocurrencia de algún fenómeno natural que se llegue a presentar, ya que una alternativa para la solución a este problema fue la colocación de una tubería de hormigón, cuyo objetivo es direccionar el caudal a zonas no habitadas, pero no se obtuvieron los resultados esperados (J. Mejía, comunicación personal, 10 de junio del 2023).

Las intensas precipitaciones en temporadas de invierno desatan grandes problemas en el sector Estancia Vieja Adentro, como lo es el desbordamiento del caudal del estero, que se encuentra en el sector donde el flujo excesivo produce la erosión del suelo en las orillas del estero, provocando el arrastre de sedimentos, palizada y lodo a las viviendas aledañas; la erosión y desbordamiento del caudal puede provocar pérdidas materiales, de animales de abasto e inclusive pérdidas humanas. Un diseño de encauzamiento sería de gran importancia para solventar la insuficiente capacidad hidráulica en episodios de crecidas fluviales, cuyo objetivo sería dar protección a las áreas productivas que incluyen las zonas agrícolas y ganaderas, siendo estas actividades la principal ocupación de la

mayoría de los habitantes del sector; su protección es crucial para que se mantenga la estabilidad socioeconómica del sector y la seguridad de la población, al habitar en una zona considerada de alto riesgo por inundaciones ante el desbordamiento del caudal.

El diseño de encauzamiento permite ver con mayor precisión la situación que presenta la zona ante las intensas precipitaciones mediante el análisis hidráulico y técnico, para reducir el grado de amenaza y mitigar el impacto de futuros eventos climáticos extremos, y con base a los resultados en la presente investigación, se toma como una alternativa necesaria la propuesta de una obra de canalización para controlar el flujo del agua que permita proteger los asentamientos de la ribera.

Ante esta situación, surge la interrogante ¿Cuáles son los factores que impiden el drenaje natural del estero Estancia Vieja Adentro y cómo diseñar su encauzamiento para evitar las inundaciones? Para responder a esta incógnita, se ha planteado el objetivo de la investigación, que es el de diseñar el encauzamiento del estero Estancia Vieja Adentro, mediante el uso de programas informáticos, para determinar la cuenca de aportación, calcular el caudal máximo, y dimensionar las secciones transversales y pendientes del cauce.

METODOLOGÍA

El tipo de investigación según su finalidad es aplicada, ya que con ella se busca una solución práctica al problema relacionado con las inundaciones en el sector Estancia Vieja Adentro por el desbordamiento del estero y no solo ampliar la base de conocimientos existentes, sino aprovechar dichos conocimientos para desarrollar soluciones o intervenciones como la colocación de alcantarillas de tipo ducto cajón, que puedan abastecer el caudal que llega hasta los puntos de estudio, y así evitar que las casas próximas al estero se vean afectadas. También se considera bibliográfica por el manejo de bases de datos de información, lectura de artículos científicos y textos de ingeniería hidráulica.

Esta investigación será de enfoque cuantitativo y alcance descriptivo, puesto que el diseño del encauzamiento del estero se basará en la determinación del caudal máximo de la cuenca de aportación, dimensionamiento de las secciones transversales y pendientes del cauce, y de enfoque cuantitativo no experimental debido a que se realizaron entrevistas y encuestas como instrumentos para recolectar datos, dichas encuestas se hicieron con muestra de tipo censal. Las encuestas aplicaron a pobladores del sector Estancia Vieja Adentro, con un total de ocho familias encuestadas; se entrevistó sobre las posibles soluciones al problema de las inundaciones provocadas por el desbordamiento del caudal de

un estero a tres catedráticos de la carrera de Ingeniería Civil de la Universidad Técnica de Manabí (UTM), también a un experto en el área de hidráulica y dos autoridades de la Dirección de Riego y Drenaje del Consejo Provincial de Manabí. La recolección de información se realizó mediante Google Forms y registro de notas.

Como primer paso para la realización del presente estudio se tiene la investigación para recolectar y analizar la información relevante, indagando en diversos sitios webs, artículos científicos y tesis, repositorios en línea, documentos y archivos digitalizados, para de esta manera tener sustento científico que lo avale. Para tener conocimiento de las posibles causas y soluciones en base al desbordamiento del caudal del estero y las condiciones que vive cada familia ante la problemática se realizaron encuestas, además de entrevistas obteniendo información más precisa de la situación que presenta el sector y los pobladores en temporadas de fuertes precipitaciones, así como también las posibles soluciones que se pueden llevar a cabo para mitigar la vulnerabilidad asociada con las intensas precipitaciones en el sector Estancia Vieja Adentro.

Se realizaron visitas técnicas en el sector en temporada de invierno y se realizó un estudio hidrológico e hidráulico para proponer una solución a la problemática presente en la zona. Se determinó la cuenca de aportación mediante el uso de un dron de mapeo que proporciona imágenes aéreas de alta resolución y observar así cómo transita la escorrentía en toda la cuenca. Con el uso del software Google Earth se delimitó la cuenca de aportación. Se procedió luego a realizar los cálculos hidrológicos e hidráulicos en base a los datos recolectados. Posteriormente, se hizo el diseño de encauzamiento que permite presentar una propuesta de solución al desbordamiento del caudal del estero.

Para el cálculo hidrológico se usó el software Excel 2016, obteniéndose la forma de la microcuenca según el índice de Gravelius, el tiempo de concentración, la pendiente media del cauce principal, la intensidad máxima de precipitación por medio de la ecuación que proporciona el INAMHI usando la estación meteorología “Portoviejo” con código M0005 que abarca datos desde el año 1964 hasta el 2011, y el cálculo del caudal que pasa por la microcuenca considerando un período de retorno entre 10 y 25 años por el método racional. Se usará el software Civil 3D 2022 para añadir el DEM de la microcuenca y obtener su área y perímetro para este estudio.

Para el cálculo de dimensionamiento el método será numérico, basándose en la técnica de cálculo hidráulico, esto a través de la información obtenida con el dron de mapeo para levantamiento

topográfico, analizando en detalle la topografía del suelo y el curso del agua que escurre en la microcuenca. Aunado a lo observado por las imágenes del dron de mapeo, por medio del software ArcGis 10.5 se accederá a una base de datos que contiene información sobre los tipos de uso del suelo del Ecuador, identificándose la cobertura que tienen las diferentes subáreas con sus pendientes de la microcuenca, obteniendo de estos datos el coeficiente de escorrentía que fluye en la superficie hacia la zona de estudio.

Las imágenes capturadas por el dron de mapeo serán procesadas mediante el software Agisoft Metashape Professional 2.1.1, que produce nubes de puntos densos a través de estas fotografías para convertirlas en modelos 3D, permitiendo obtener datos como el DEM (Digital Elevation Model) de la microcuenca; la longitud del cauce principal se hará con Google Earth Pro; y con el trazado y la obtención de las dimensiones adecuadas del cauce aguas arriba de la vía Pachinche se obtendrá la sección transversal.

En base a los cálculos hidráulicos se obtiene posteriormente el caudal máximo que ayudará a visualizar la mejor alternativa para el diseño de encauzamiento. Finalmente se utilizará el software HCanales para la simulación de la sección transversal en un punto o tramo específico del cauce aguas arriba de la vía Pachinche, y así poder verificar la forma que tendrá la sección transversal al ingresar las dimensiones planteadas y obtener el caudal que puede evacuar con respecto a estas dimensiones.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En esta sección se presentan y analizan los resultados obtenidos en distintos aspectos clave de la investigación. Primero, se exponen los hallazgos derivados de las encuestas realizadas, proporcionando una base para la comprensión de las necesidades y percepciones de la comunidad afectada. Seguidamente, se describe la Evaluación Técnica y Propuesta de Intervención en el Sector Estancia Vieja Adentro, que incluye observaciones directas del impacto de las precipitaciones y el desbordamiento del estero, junto con el análisis de los datos hidrológicos e hidráulicos. A continuación, se abordan los aspectos hidrológicos e hidráulicos que fundamentan el diseño propuesto, seguido del presupuesto estimado para la implementación de las soluciones sugeridas y las consideraciones de gestión necesarias para asegurar la efectividad del proyecto. Este enfoque integral permite una evaluación exhaustiva del problema y de las intervenciones propuestas, optimizando la mitigación de riesgos y la protección de la comunidad.

SONDEO A USUARIOS

Familias aledañas

Dentro de los resultados se tiene los datos obtenidos en la encuesta realizada a familias afectadas en el área de estudio, como puede apreciarse en la tabla 1.

Tabla 1: Encuesta a familias afectadas.

Ítems	Resultados (%)						
	Edad	De 18 a 25 años		De 25 a 35 años	De 35 a 45 años	Mayores de 45 años	
	12.5		0	12.5	75		
Sexo	Femenino			Masculino			
	87.5			12.5			
Tipo vivienda	Casa de caña			Villa			
	12.5			87.5			
Ocupación	Trabajador	Ama/o de casa		Campesino/a	Jubilado/a	Estudiante	Pensionado/a
		87.5		12.5			
Cantidad de personas que la habitan	1	2	3	4	5	6	7
	12.5	12.5	37.5	25			12.5
Persona de mayor autoridad	Persona entrevistada				Otra persona		
	37.5				62.5		
Sexo de mayor autoridad	Femenino				Masculino		
	14.3				85.7		
Cantidad de personas con discapacidad	0		1		2		3
	37.5		62.5				
	Si				No		

Diseño de encauzamiento de esteros: caso estancia vieja adentro, Portoviejo

Accesibilidad a servicios básicos	75					25				
Afectaciones durante inundaciones	Si 100					No 0				
Afectaciones en su hogar (Selección múltiple)	Pérd. mate.	Pérd. vida	Colap. viv.	Pérd. Anim.	Pérd. Cult.	Erosión hídrica	Inestab. suelos	Desliz. suelos	Lodo	Paliz.
	50	12.5	0	37.5	25	12.5	12.5	25	100	100
Consideración sobre afectación por inundaciones	Si 100					No 0				
Causas que inciden en el grado de daño a la comunidad (Selección múltiple)	Debido al ser humano		F. del niño - Invierno fuerte	No adoptar medidas técnicas (comunidad)		Erosión natural	Erosión hídrica	Losa en el fondo del cauce (por debajo del caudal)		Desconoce
	62.5		87.5	25		37.5	37.5	12.5		12.5

La encuesta reveló que el 75% de los encuestados son adultos mayores de 45 años de sexo femenino. Esto es debido a que la ocupación de las personas entrevistadas en su mayoría es amas de casa, mientras que los jefes de hogar de sexo masculino no se encuentran con frecuencia en sus hogares debido a su ocupación en labores de agricultura.

Por otra parte, el 87.5% de las viviendas son de tipo villa y el 12.5% de caña. Mediante la observación se pudo determinar que las villas son las menos afectadas debido a la resistencia que sus materiales ofrece ante el desbordamiento del estero; el 75% de los encuestados cuentan con servicios básicos mientras que el 25% no cuentan con estos servicios, y comparando datos obtenidos del Instituto Nacional de Estadísticas y Censos (INEC, 2023), en Manabí la electricidad llega al 96.2% de los

hogares, el agua potable al 61.1%, el alcantarillado al 43.6%, y la recolección de basura al 80.7%. La cantidad de integrantes del núcleo familiar en su mayoría no exceden de cuatro personas y se evidencia un 62.5% de personas con discapacidad, y según el Consejo Nacional para la Igualdad de Discapacidades (CONADIS, 2023), en Portoviejo hay un total de 10.383 personas con algún tipo de discapacidad.

El 100% de los encuestados se ven afectados durante las inundaciones producidas por el desbordamiento del estero Estancia Vieja Adentro ante las intensas lluvias y consideran que en las próximas temporadas de fuertes precipitaciones seguirán siendo afectados. Según Espinoza y González (2020), las inundaciones afectan a varias partes del mundo y la República del Ecuador no queda exenta de esta realidad.

Así mismo, el 100% de las familias encuestadas han sido afectadas por el arrastre de lodo y palizadas que arrastra el caudal del estero. Este desbordamiento también ha causado pérdidas materiales y de animales; en su minoría pérdidas en cultivos y deslizamiento de suelos. Tal como mencionan Santana y Prehn (2023), los desastres naturales como lo son las inundaciones han ocasionado desastres con mayor impacto en cuanto a la pérdida de la vida humana y bienes materiales.

Una cifra destacable es que el 87.5% de los encuestados consideran que el grado de daño que puede incidir por las intensas lluvias a la comunidad es debido al fenómeno del niño como también la deforestación provocada por el hombre; mientras que el 37.5% opinan que debido a la erosión natural e hídrica y al no adoptar medidas de prevención. Hay autores que consideran que estos desbordamientos son producidos por diversas causas, mayormente por el ciclo hidrológico o lluvias, en otros casos son clasificados como catástrofes que pueden producir terribles daños dependiendo de la magnitud y el tiempo de caída de la lluvia, entre otros elementos (Loor, Valencia & Pacheco, 2023).

Ingenieros, expertos y autoridades

En cuanto a los resultados de la entrevista hecha a ingenieros civiles, expertos y autoridades del Consejo Provincial de Manabí, se tienen los resultados resumidos en la tabla 2.

Tabla 2: Entrevista a ingenieros civiles, experto y Consejo Provincial de Manabí.

Solución al problema de las inundaciones provocadas por el desbordamiento de un estero

Entrevistado	Propuesta
---------------------	------------------

Diseño de encauzamiento de esteros: caso estancia vieja adentro, Portoviejo

Ingenieros civiles	Tratamiento de la cuenca, dar profundidad al cauce principal o una edificación para la evacuación de las escorrentías como lo es un ducto cajón. Examinar la topografía del sitio, analizar unidades litológicas, el caudal y hacer obras de mitigación. Minimizar la vulnerabilidad mediante la construcción de una obra para enfrentar la amenaza como también optar por la reubicación en zonas donde no haya riesgos de inundación.
Experto	Estudio hidrológico de la cuenca, del origen del nacimiento del estero de la cuenca hasta el cauce del río principal. Observación del caudal que podría estar pasando por la zona para hacer un diseño y establecer cuáles serían las áreas de restricción de construcciones.
Consejo Provincial de Manabí	Reforestar zona alta de la cuenca, limpieza del cauce o construcción de otra presa para mejor fluidez del río Portoviejo.

Para los catedráticos entrevistados de la carrera de Ingeniería Civil de la UTM, las posibles soluciones para este problema de las inundaciones provocadas por el desbordamiento del caudal de un estero, sería el tratamiento de la cuenca. Las bases hidrológicas del manejo y tratamiento de cuencas se apoyan en el ciclo hidrológico, por lo que conocer su funcionamiento hidrológico es fundamental para la planificación y manejo sustentable de sus recursos naturales. El funcionamiento hidrológico de una cuenca está determinado en gran medida por la intervención del ser humano a través de diversas actividades productivas, del uso de la tierra, y el uso y manejo de los recursos naturales, ya que pueden tener efectos considerables en los procesos de escorrentía e infiltración del agua (Jiménez & Benegas, 2019).

Otras alternativas propuestas son la de analizar en primera instancia la topografía del sitio, si tiene relieve, si tiene plano de inundación o terrazas aluviales. Por último, se considera que las actividades tangibles, es decir, las infraestructuras junto con la gestión de riesgos deben ser combinadas, aquí entra este criterio básico que nos dice que un proyecto debe ser seguro, económico y sostenible. Según Mena y otros autores (2021), se necesita en gran medida de conocimiento y comprensión de los factores que inducen el riesgo de inundación para reducir el riesgo de desastres por inundación.

Según el experto, las soluciones que se pueden orientar son en primer lugar un análisis, un estudio hidrológico de la cuenca, es decir, del origen del nacimiento del estero de la subcuenca en Pachinche

hasta el cauce del río Portoviejo. Una vez que se tiene un resultado de los estudios hidrológicos, se debe determinar cuál es el caudal posible que pudiese pasar por la zona de estudio para hacer un diseño y así tener una idea clara a partir de la pendiente del canal de cuáles serían las características para poder diseñar, además de establecer cuáles serían las áreas donde no podrían ser construidas viviendas, ni ninguna obra que se pueda ver afectada por las precipitaciones. El incremento poblacional viene acompañado por el déficit de vivienda, infraestructura y servicios básicos, lo que aumenta la exposición de los nuevos asentamientos a fenómenos naturales, sobre todo en países en pleno desarrollo con una clara tendencia a incrementarse, tal como un marcado aumento de construcciones civiles cada vez menos seguras (Reyna *et al.*, 2021).

Después del diseño hidrológico ya se determinaría cuáles son las características de la obra, dónde podría ubicarse, y si esa obra permite en algún momento continuar con el drenaje como está diseñado naturalmente o hacer un desvío que no tome en cuenta las construcciones que son de mayor estabilidad para desviar la obra por algún lado y regresar el agua al cauce del río Portoviejo, lo que sería una solución posible.

Las autoridades del Consejo Provincial de Manabí opinan que los grandes inconvenientes que se tiene con estas quebradas y riachuelos que en invierno se desbordan, son las alcantarillas que fueron implantadas en el pasado porque son insuficientes para poder evacuar la cantidad de agua que debe pasar, además que el sistema sigue colapsando por plástico y por basura. Entonces como toda esta basura termina ahí y como los diámetros para poder evacuar terminan siendo insuficientes, colapsan y se desbordan ocasionando que haya inundaciones en la zona. Pero uno de los mayores problemas es la deforestación en la zona circundante a la cuenca, ya que dicha deforestación provoca que el cauce baje con demasiada rapidez. Según Cifuentes y Cote (2022), varios estudios muestran que la deforestación podría ser la causante del aumento de las precipitaciones a través de lo que se denomina “brisa forestal”; proceso en el cual bosques crean un efecto de convergencia entre las zonas boscosas y deforestadas, dando como origen el aumento en precipitaciones impulsadas por la convección en los límites de la zona deforestada.

EVALUACIÓN TÉCNICA Y PROPUESTA DE INTERVENCIÓN

Durante la visita técnica realizada en la temporada de fuertes precipitaciones al sector Estancia Vieja Adentro, se observó de primera mano el impacto del desbordamiento del estero en las zonas aledañas.

Diseño de encauzamiento de esteros: caso estancia vieja adentro, Portoviejo

Este recorrido permitió identificar las áreas críticas donde el caudal excedente provoca erosión significativa del suelo y el arrastre de sedimentos hacia las viviendas cercanas (ver figura 1). A partir de estas observaciones, se procedió a realizar un análisis detallado de los datos hidrológicos e hidráulicos obtenidos, lo cual permitió evaluar la capacidad actual de las estructuras de drenaje y proponer soluciones efectivas para mitigar los riesgos de inundación.

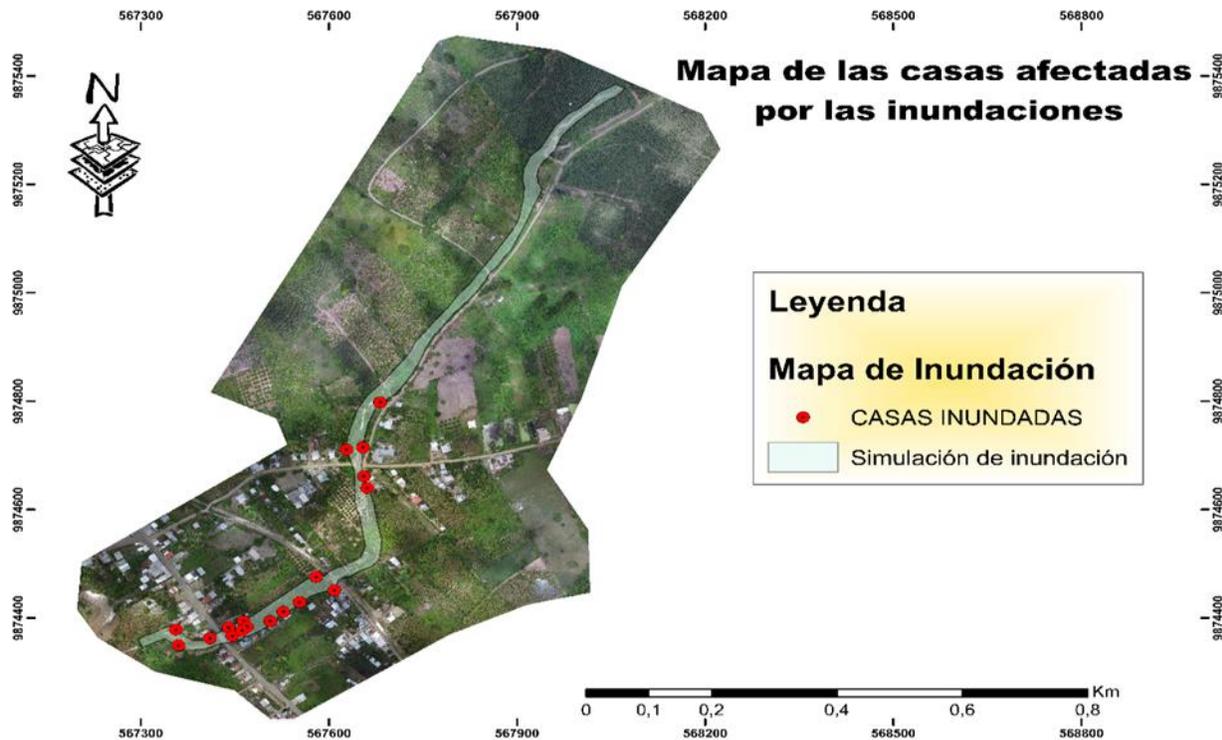


Figura 1: Mapa de inundación del Sector Estancia Vieja Adentro (ArcGIS).

Se observó que la alcantarilla tubular de hormigón colocada en la vía Pachinche no abastece el caudal que llega a este punto de la zona, provocando desbordamientos y arrastres de sedimentos que se dispersan a las viviendas aledañas al estero. La delimitación de la cuenca de aportación tiene un área menor a 25 km² por lo que es considerada una microcuenca. Con el dron de mapeo se pudo apreciar que en la zona media de la microcuenca (calle la Mona) hay problemas debido al escurrimiento del caudal, ocasionando dificultad a los pobladores para trasladarse en este punto de la zona. Inspeccionando la microcuenca y observando a detalle la situación, se identificó a unos 400 m aguas arriba de la calle la Mona la colocación de dos alcantarillas tubulares de hormigón de aproximadamente 800 mm; se determinó mediante cálculos hidrológicos e hidráulicos que no tienen la capacidad para evacuar el caudal que pasa en este punto de la microcuenca (ver figura 2).

Diseño de encauzamiento de esteros: caso estancia vieja adentro, Portoviejo



Figura 2: Mapa del sector Estancia Vieja Adentro con puntos de interés.

En cuanto al tipo de uso y cobertura de suelo, se observó que en la zona alta de la microcuenca el uso de suelo es pecuario con pasto cultivado y bosque intervenido, factor que incide en el arrastre de sedimentos en temporadas de fuertes precipitaciones.

En base a los cálculos hidrológicos se obtuvo el caudal máximo que llega en el punto más crítico del cauce del estero, tanto al que llega a la vía Pachinche como en la calle la Mona, por lo que la mejor alternativa para el diseño de encauzamiento es la colocación en la vía Pachinche de una alcantarilla de tipo ducto cajón, hallándose las dimensiones adecuadas de la sección del drenaje de manera que se permita transportar el caudal de manera segura, como también el dimensionamiento óptimo de la

sección transversal en un tramo del cauce aguas arriba de la vía Pachinche para el control del caudal que llega en este punto de la zona y no provoque desbordamiento.

Se consideró proponer una solución en este punto del sector Estancia Vieja Adentro debido a que el desbordamiento del caudal y arrastre de lodo se presentan en las viviendas ubicadas a lo largo y cercanas a la vía, mientras que en la calle la Mona se propone colocar una alcantarilla ducto cajón para evacuar el flujo de agua que escurre en esta calle y el reemplazo de las alcantarillas circulares de hormigón que se encuentran a 400 m aguas arriba de la calle “La Mona” con nuevas alcantarillas de mayor diámetro para evacuar los caudales que escurren en este punto de la microcuenca. En las siguientes secciones, se presentan los resultados de los cálculos realizados y se discuten sus implicaciones para el diseño de encauzamiento propuesto.

ASPECTOS HIDROLÓGICOS

Datos pluviométricos

La intensidad máxima de precipitación se determinó mediante la ecuación de la estación meteorológica de Portoviejo que proporciona el INAMHI actualizada en el año 2015 y plasmado en una versión del año 2019. Se eligió dicha estación al ser la más cercana al sector Estancia Vieja Adentro, además de tener datos más completos y actualizados, puesto que otras estaciones cercanas como “La Teodomira” no cuentan con ecuaciones para la determinación de la intensidad de precipitación (INAMHI, 2019). La ecuación se seleccionó en base al intervalo de tiempo de concentración establecido por dicha entidad, utilizando el tiempo de concentración hallado con la formulación de California Culverts Practice (Knight, Durkee & McCoy, 1942) y considerando una pendiente media de 0.0996 obtenida del cauce principal, el tiempo de concentración hallado fue de 20 minutos, siendo estos resultados los mismos que se obtuvieron para la calle “La Mona”. De esta manera se determinó que para ambos puntos de estudio hay una intensidad máxima de 92.6 mm/h para un periodo de retorno de 25 años.

Posteriormente, para la obtención de los coeficientes de escorrentía, se utilizó la tabla que plantea Ven Te Chow en su libro Hidrología Aplicada (Chow, 1994), obteniendo un valor de 0.46 de escurrimiento del caudal en la superficie de la microcuenca. Estos datos son fundamentales para determinar el caudal de diseño en la Calle la Mona y la vía Pachinche, cuyos valores fueron 30.16 m³/s y 31.45 m³/s respectivamente. Por último, bajo los mismos fundamentos se obtuvieron los datos

respecto a las dos alcantarillas ubicadas aguas arriba de la calle “La Mona”, dando como resultado un mismo valor de 14 minutos para el tiempo de concentración, 110.4 mm/h y 110.9 mm/h para la intensidad máxima, un coeficiente de escurrimiento de 0.46 para ambos puntos y caudales de 10.06 m³/s y 12.94 m³/s para un periodo de retorno de 10 años.

Delimitación

El estero a estudiar está ubicado en el sitio Estancia Vieja Adentro de la parroquia Colón del cantón Portoviejo, con una elevación de terreno de 50 metros donde intercepta o pasa por la vía Pachinche desembocando en el río Portoviejo, obteniéndose una microcuenca con un área de 2.659 km² y un perímetro de 7.619 km; otros puntos de interés se encuentran en la calle “La Mona” y 400 m aguas arriba, ubicados en el mismo sector. Temporalmente, se considera el periodo desde 2023 hasta 2024.

Tipo de uso y cobertura de suelo

Se obtuvo como resultado, que en la parte alta de la microcuenca la cobertura es agropecuaria y el uso es tanto pecuario como de conservación y protección, siendo el 70% pasto cultivado y el 30% bosque intervenido; la parte baja de la microcuenca también es de cobertura agropecuaria, pero de uso agrícola con cultivos de ciclo corto.

ASPECTOS HIDRÁULICOS

Datos de daños

La alcantarilla local de tipo tubular de hormigón no abastece para el caudal que llega desde el punto más alto de la microcuenca de aportación al estero, provocando el desbordamiento del caudal y ocasionando la erosión del suelo alrededor de la alcantarilla, produciendo el taponamiento de la de la misma tanto por palizadas como por sedimento, lo que ocasiona el arrastre de lodo y desbordamiento del caudal a las viviendas aledañas al estero. A lo largo del estudio también se presenciaron problemas en la calle “La Mona”, misma calle que se encuentra en el sector Estancia Vieja Adentro y les representa problemas a los pobladores ubicados en los alrededores, problemas que afectan a la hora de trasladarse de un punto a otro del sitio.

Alcantarilla

A través de la ecuación de Manning se identificó que una alcantarilla circular no abastece al caudal máximo que llega al estero, pasando del 80% admisible de capacidad de flujo, en base a ello se decidió rediseñar el sistema con la ecuación de Manning para dimensionar una alcantarilla de sección rectangular que abastezca el caudal requerido. Se propone la colocación de una doble alcantarilla de hormigón, cada una con dimensiones de 2.5 m x 2.10 m unidas por una sola pared, donde el espesor de las paredes de la alcantarilla será de 0.25 m, siendo la dimensión total de la sección de 5.75 m como base y una altura de 2.60 m. Se plantearon estas dimensiones a la alcantarilla debido a que el dimensionamiento de la sección transversal del cauce requiere una mayor capacidad, lo que implica una mayor dimensión en la estructura de drenaje propuesta ya que a su vez este aumento de sección también aumentará la capacidad de flujo de la alcantarilla, siendo capaz de evacuar 68.33 m³/s de caudal, permitiendo controlar un volumen de flujo superior al que llega a la estructura, la cual se propone a ser ubicada en la vía Pachinche. En la calle “La Mona” se propone la colocación de una alcantarilla tipo ducto cajón de hormigón con dimensiones de 2.5 m x 2.5 m, que tiene la capacidad de evacuar 46.64 m³/s de caudal, siendo superior al caudal que llega a esta calle; se sugiere reemplazar las alcantarillas circulares de hormigón ubicadas a 400 m aguas arriba de la calle “La Mona” por alcantarillas circulares de 1200 mm y 1500 mm para aumentar la capacidad de flujo.

Diseño de encauzamiento

Para el control del desbordamiento del caudal del estero ubicado en la vía Pachinche del sector Estancia Vieja Adentro, se realizaron los respectivos cálculos hidrológicos e hidráulicos, permitiendo conocer el comportamiento de la microcuenca y obteniendo un caudal máximo de diseño que se presenta durante un periodo de retorno ante las intensas lluvias. Dicho periodo de retorno es escogido en base al balance que existe entre la seguridad y los costos, siendo entonces el caudal un dato relevante para el dimensionamiento de las alcantarillas tipo ducto cajón y tubular propuestas en esta investigación, al igual que la determinación de la pendiente en un tramo del cauce de aproximadamente 218 m de longitud aguas arribas de la vía Pachinche, donde se consideró la realización del encauzamiento del estero, es entonces que se obtiene una pendiente de 0.007. En base a esto se propone una sección transversal con dimensiones de 4.5 m como ancho de solera y 9.20 m respecto al ancho de la sección del cauce, dando una profundidad de 1.80 m y dejando un borde libre de 0.55 m, siendo dimensiones óptimas para manejar el caudal previsto sin desbordarse. Debido a

Diseño de encauzamiento de esteros: caso estancia vieja adentro, Portoviejo

que la composición natural del cauce (terrea) provoca un caudal supercrítico por una alta velocidad erosiva, se decidió como mejor alternativa el revestimiento del cauce con enrocado, donde se consideró un grosor de 0.30m para el enrocado con el objetivo de disminuir la velocidad del flujo.

PRESUPUESTO

A continuación, se presenta en la tabla 3 el presupuesto referencial para el encauzamiento del estero en la zona de la vía Pachinche y las alcantarillas.

Tabla 3: Descripción de rubros, unidades, cantidades y precios del encauzamiento propuesto

No	Rubro / Descripción	Unidad	Cantidad	Precio unitario	Precio global
	ENCAUZAMIENTO				58,930.20
1	Replanteo y nivelación (Incluye secciones transversales)	km	0.22	1,486.39	327.01
2	Limpieza y desazolve, incluye reconfiguración de talud	m3	1,294.38	3.51	4,543.27
3	Geotextil no tejido (gaviones, escolleras y obras de protección)	m2	3,272.18	1.91	6,249.86
4	Escollera de piedra (sin transporte)	m3	1,035.50	33.89	35,093.10
5	Transporte de piedra escollera	m3-km	25,887.50	0.41	10,613.88
6	Sobreacarreo material excavación (Volqueta)	m3-km	1,553.25	0.40	621.30
7	Escombrera	m3	1,397.93	0.58	810.80
8	Adquisición de letreros de información	u	6.00	111.83	670.98
	OBRAS DE ARTE MAYOR 1				36,277.80
	Preliminares				
9	Replanteo y nivelación para obras de drenaje	m2	83.99	0.71	59.63
	Estructura				

Diseño de encauzamiento de esteros: caso estancia vieja adentro, Portoviejo

10	Excavación y relleno para estructuras menores	m3	54.08	5.56	300.68
11	Piedra bola bajo cimiento (Sin transporte)	m3	81.12	20.58	1,669.45
12	Transporte de piedra bola	m3-Km	2,027.93	0.29	588.10
13	Sub-base clase 3 con arena (Sin transporte)	m3	18.03	10.89	196.35
14	Transporte de material granular sub-base	m3-Km	450.65	0.29	130.69
15	Hormigón, f'c= 180 Kg/cm2 replantillo	m3	5.29	148.34	784.72
16	Hormigón, f'c= 280 Kg/cm2	m3	54.32	286.41	15,557.79
17	Hormigón, f'c= 210 kg/cm2	m3	18.94	253.41	4,799.59
18	Acero de refuerzo en barras fy = 4200 kg/cm2	Kg	5,860.96	2.08	12,190.80
OBRAS DE ARTE MAYOR 2					13,792.98
Preliminares					
19	Replanteo y nivelación para obras de drenaje	m2	33.71	0.71	23.93
Estructura					
20	Excavación y relleno para estructuras menores	m3	33.91	5.56	188.54
21	Piedra bola bajo cimiento (Sin transporte)	m3	22.61	20.58	465.31
22	Transporte de piedra bola	m3-Km	565.20	0.29	163.91
23	Subbase clase 3 con arena (Sin transporte)	m3	7.54	10.89	82.11
24	Transporte de material granular sub-base	m3-Km	188.40	0.29	54.64
25	Hormigón, f'c= 180 Kg/cm2 replantillo	m3	2.82	148.34	418.32
26	Hormigón, f'c= 280 Kg/cm2	m3	22.48	286.41	6,438.50
27	Hormigón, f'c= 210 kg/cm2	m3	5.28	253.41	1,338.00
28	Acero de refuerzo en barras fy = 4200 kg/cm2	Kg	2,221.02	2.08	4,619.72

Diseño de encauzamiento de esteros: caso estancia vieja adentro, Portoviejo

	OBRA DE ARTE MENOR 1 (D=1200mm)				5,840.95
29	Replanteo y nivelación para obras de drenaje	m2	5.00	0.71	3.55
	Estructura				
30	Excavación y relleno para estructuras menores	m3	59.92	5.56	333.16
31	Piedra bola bajo cimiento (Sin transporte)	m3	3.11	20.58	63.90
32	Transporte de piedra bola	m3-Km	77.63	0.29	22.51
33	Tubería de H.A. diámetro 1200mm para alcantarillas	u	10.00	326.47	3,264.70
34	Hormigón, f'c= 180 Kg/cm2 replantillo	m3	0.78	148.34	115.71
35	Hormigón, f'c= 210 kg/cm2	m3	8.04	253.41	2,037.42
	OBRA DE ARTE MENOR 2 (D=1500mm)				7,069.31
36	Replanteo y nivelación para obras de drenaje	m2	6.25	0.71	4.44
	Estructura				
37	Excavación y relleno para estructuras menores	m3	74.90	5.56	416.44
38	Piedra bola bajo cimiento (Sin transporte)	m3	3.88	20.58	79.85
39	Transporte de piedra bola	m3-Km	97.03	0.29	28.14
40	Tubería de H.A. diámetro 1200mm para alcantarillas	u	10.00	384.83	3,848.30
41	Hormigón, f'c= 180 Kg/cm2 replantillo	m3	0.98	148.34	145.37
42	Hormigón, f'c= 210 kg/cm2	m3	10.05	253.41	2,546.77
	COMPONENTE SOCIOAMBIENTAL				1,907.77

Diseño de encauzamiento de esteros: caso estancia vieja adentro, Portoviejo

43	Implementación de medidas de prevención y mitigación de impactos ambientales	u	1.00	1,451.77	1,451.77
44	Charla de concientización	u	2.00	228.00	456.00
				TOTAL:	123,819.0
					1

GESTIÓN

Para mitigar la vulnerabilidad del sector frente a las intensas precipitaciones, es esencial implementar un enfoque integral de gestión que aborde tanto la prevención como la protección de los habitantes. Una de las principales medidas es la construcción de estructuras de control hídrico, tales como diques, canalizaciones y sistemas de drenaje, diseñados para regular el flujo de agua y reducir el riesgo de desbordamientos. Estas infraestructuras deben ser diseñadas y mantenidas bajo criterios técnicos rigurosos para garantizar su eficacia a largo plazo.

Además de las soluciones estructurales, es crucial llevar a cabo una gestión activa del conocimiento y la concienciación comunitaria. Informar a los habitantes sobre los riesgos de vivir en una zona considerada de alto riesgo por inundaciones es fundamental para fomentar una cultura de prevención. Esto incluye campañas de sensibilización que expliquen los peligros y las medidas que pueden adoptar para protegerse, así como la promoción de prácticas sostenibles, como la reforestación de la microcuenca hidrográfica. La reforestación no solo ayuda a estabilizar los suelos y reducir la erosión, sino que también actúa como un amortiguador natural que mitiga el impacto de las lluvias intensas. Otra acción indispensable es educar a la población sobre la importancia de no arrojar basura al cauce del estero, ya que la acumulación de desechos puede obstruir el flujo de agua, incrementando el riesgo de inundaciones. Esta iniciativa debe ir acompañada de programas de capacitación en medidas de seguridad y respuesta ante emergencias, equipando a los habitantes con el conocimiento y las habilidades necesarias para actuar rápidamente en caso de un evento extremo.

En resumen, la gestión efectiva para reducir la vulnerabilidad en este sector debe combinar infraestructuras de control, reforestación, concienciación pública, y la promoción de prácticas

sostenibles, creando así una comunidad más resiliente y preparada para enfrentar los desafíos que representan las intensas precipitaciones.

CONCLUSIONES

El sector Estancia Vieja Adentro y sobre todo la zona circundante al estero del sitio, tiene un alto índice de vulnerabilidad y es susceptible a inundaciones en épocas de intensas lluvias, reflejándose en las visitas técnicas al sitio, los antecedentes investigados y la información obtenida por medio de las encuestas realizadas a las familias más afectadas, es por ello que se concluye, que el sector Estancia Vieja Adentro precisa un plan de gestión de riesgos ante la inminencia de próximas inundaciones.

La ecuación obtenida por el INAMHI en base a la estación meteorológica “Portoviejo” con código M0005, brindó información relevante sobre la intensidad y frecuencia de las precipitaciones que se pueden suscitar en la zona de estudio, siendo importante para la toma de decisiones como la implementación de sistemas de gestión o la planificación de estructuras de drenaje, de la misma manera, la utilización de programas informáticos es fundamental para obtener información de suma importancia, como la delimitación de la microcuenca y el uso del suelo que se determinó es en su gran mayoría pasto cultivado y bosque intervenido, siendo una información crucial para conocer las causas que provoca el deslizamiento de lodo y sedimento a los pobladores del sector.

Se deduce que la alcantarilla tubular de hormigón colocada en la vía Pachinche - sector Estancia Vieja Adentro no fue diseñada para tener la capacidad de captar el caudal que llega al estero que se encuentra en el sector, por lo que se considera esencial un rediseño de una estructura de drenaje que permita evacuar la escorrentía producida por las intensas precipitaciones, como también la colocación de una estructura de drenaje en la calle la Mona debido a que no ha habido intervención en esta zona de la microcuenca.

El diseño de encauzamiento es esencial para la mitigación de riesgos a la población, donde el encauzamiento del estero que se encuentra en el sector Estancia Vieja adentro permite reducir la erosión del suelo que conforma el cauce y dar un mejor dimensionamiento para evacuar el caudal que

llega aguas arribas de la microcuenca y a su vez protege la estructura de drenaje propuesta en este estudio.

RECOMENDACIONES

Se recomienda un plan de reubicación de viviendas con el propósito de resguardar la integridad de afectaciones posibles por el desborde de los cauces y permitir que el estero drene esos caudales libremente hasta entregar sus aguas al río. También establecer recomendaciones para los respectivos mantenimientos de las obras hidráulicas presentes en el sector que no han sido inspeccionadas con regularidad por las autoridades correspondientes.

Hacer un adecuado plan de mantenimiento y preservación de bosques, puesto que la reforestación de la microcuenca se considera un punto clave para que haya una mejor infiltración y se reduzca en un gran porcentaje la escorrentía y coordinar con las instituciones correspondientes para el manejo de la microcuenca; las medidas de revegetación también contribuyen al control de la erosión del suelo.

Concientizar a la población mediante seminarios o talleres para el manejo de estos problemas de causas naturales, procurando tomar en cuenta la no contaminación del medio ambiente con productos agroquímicos no recomendados.

Referencias

- Burgos, B; Cartaya, S. & Mero, D. (2019). Análisis de la vulnerabilidad a inundaciones de la parroquia Santa Ana de Vuelta Larga, provincia de Manabí, Ecuador. *Revista Investigaciones Geográficas*, (98), 1-14. DOI: <https://doi.org/10.14350/rig.59767>
- Chow, V.; Maidment, D. & Mays, L. (1994). *Hidrología aplicada*. Colombia: Editorial Nomos S.A. <https://www.hidrosm.com/2021/01/libro-hidrologia-aplicada-ven-te-chow.html#>
- Cifuentes, A. & Cote, M. (2022). Influencia de la deforestación y el cambio climático en la formación de los “ríos voladores de la Amazonia” y su impacto en la disponibilidad hídrica de Bogotá y la región circundante. *Revista Colombia Amazónica*, (13), 48-60. https://sinchi.org.co/files/publicaciones/revista/pdf/13/Revista_Amazonia_13.pdf
- CONADIS - Consejo Nacional para la Igualdad de Discapacidades. (2023). Estadísticas de discapacidad. <https://www.consejodiscapacidades.gob.ec/estadisticas-de-discapacidad/>

- COOTAD - Código Orgánico de Organización Territorial, Autonomía y Descentralización. (2010). Ley 0 - Registro Oficial Suplemento 303. https://www.defensa.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2016/01/dic15_CODIGO-ORGANICO-DE-ORGANIZACION-TERRITORIAL-COOTAD.pdf
- Córdova, J. (2022). Diseño hidráulico de una alcantarilla tipo ducto cajón para facilitar el acceso peatonal y vehicular entre las ciudadelas la Fae y Alberto Heredia de la ciudad de Jipijapa (Tesis de grado). Universidad Estatal Del Sur De Manabí, Ecuador. <https://repositorio.unesum.edu.ec/handle/53000/4851>
- Espinoza, H. & González, L. (2023). Análisis de riesgo por inundación del sector Naranjal de la parroquia Abdón Calderón de Portoviejo. Polo del conocimiento, 8(9), 195-217. <https://doi.org/10.23857/pc.v8i9.6009>
- Estupiñán, J. (2020). Encauzamiento de ríos. Procedimientos de cálculo y su análisis. (Tesis de grado). Universidad Católica de Santiago de Guayaquil, Ecuador. <http://repositorio.ucsg.edu.ec/bitstream/3317/15704/1/T-UCSG-PRE-ING-IC-362.pdf>
- Gil, C.; Rodríguez, P.; Torres, J. & Velasco, R. (2019). Obras de infraestructura para el control de inundaciones. Argentina: 2do Congreso Latinoamericano de Ingeniería. <https://acofipapers.org/index.php/eiei/article/view/198/191>
- Giler, A.; Donoso, S.; Arteaga, R. & Zaldumbide, D. (2020). Manejo sostenible de inundaciones, cuencas hidrográficas y riberas en la provincia de Manabí. Revista La Técnica, (23), 55-72. DOI: https://doi.org/10.33936/la_tecnica.v0i23.1442
- INAMHI - Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología. (2019). Determinación de ecuaciones para el cálculo de intensidades máximas de precipitación. https://www.inamhi.gob.ec/Publicaciones/Hidrologia/ESTUDIO_DE_INTENSIDADES_V_FINAL.pdf
- INEC - Instituto Nacional de Estadísticas y Censos. (2023). Censo Ecuador - A escala nacional el acceso a servicios básicos en el Ecuador revela un progreso gradual. <https://www.censoecuador.gob.ec/a-escala-nacional-el-acceso-a-servicios-basicos-en-el-ecuador-revela-un-progreso-gradual/>

- Jiménez, F. & Benegas, L. (2019). Experiencias y contribuciones del CATIE al manejo y gestión de cuencas hidrográficas en América tropical. *Revista de Ciencias Ambientales*, 53(1), 153-170. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=665070591009>
- Knight, G.; Durkee, F. & McCoy, G. (1942). *California Culvert Practice* (2a ed.). Estados Unidos: Universidad de Michigan. <https://babel.hathitrust.org/cgi/pt?id=mdp.39015021041655&seq=1>
- Loor, C.; Valencia, X. & Pacheco, H. (2023). Susceptibilidad a eventos por inundaciones en un sector del área urbana del Cantón Rocafuerte (Manabí-Ecuador): aproximación desde un enfoque. *Polo del conocimiento*, 8(5), 186-210. <https://doi.org/10.23857/pc.v8i5>
- Mejía, J. (10 de Junio de 2023). Inconvenientes que presenta el estero Estancia Vieja Adentro en temporada de invierno (A. Macías & A. Moreira, entrevistadores).
- Mena, M.; Scheffczyk, K.; Urrutia, M.; Huerta, B. & Walz, Y. (2021). Evaluación del riesgo de inundación en Ecuador. https://collections.unu.edu/eserv/UNU:8434/VALE_Flood_Risk_Assesment_Report_Ecuador_SPA_FINAL_META.pdf
- Mora, J.; Hernández, E. & Mora, L. (2023). Mapa de riesgos de inundación en la microcuenca hidrográfica 24 de Junio, Tuxtla Gutiérrez, Chiapas, México. *Revista de Estudios Latinoamericanos sobre Reducción del Riesgo de Desastres*, 7(1), 116-130. DOI: <https://doi.org/10.55467/reder.v7i1.111>
- Navarro, S. (2020). Estudio de soluciones para la defensa frente a las crecidas de la Rambla Salada de Cox, Granja de Rocamora y el polígono industrial de Albaterra (Alicante) (Tesis de grado). Universitat Politècnica de València, España. <https://riunet.upv.es/handle/10251/166293>
- Núñez, L. & Paternina, A. (2022). Estimación de la amenaza de inundación por desbordamiento de los arroyos Chemerrain y Kutanumaná en el municipio de Uribe – Departamento de la Guajira (Tesis de grado). Universidad Católica de Manizales, Colombia. <https://repositorio.ucm.edu.co/handle/10839/4125>
- Reque, D. (2018). Estudio de encauzamiento y diseño de defensas ribereñas en el río Reque - sector ciudad Eten (Tesis de grado). Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo, Perú. <https://repositorio.unprg.edu.pe/handle/20.500.12893/3817>

- Reyna, A.; Moreira, D.; Bonilla, A.; Pisco, J. & Macías, C. (2021). Asentamientos humanos en zonas susceptibles a riesgos por inundación y deslizamiento de la ciudad de Portoviejo. *Revista San Gregorio*, 1(43), 109-123. <https://doi.org/10.36097/rsan.v1i43.1413>
- Santana, M. & Prehn, C. (2023). Plan de contingencia ante el fenómeno de ‘‘El Niño’’ en la ciudad de Chone. *Ingeniería hidráulica y ambiental*, 44(2), 51-62. <https://riha.cujae.edu.cu/index.php/riha/article/view/629>
- SGR - Secretaria Nacional de Gestión de Riesgos. (2023). Resolución Nro. SGR-045-2023-045 - Estándares mínimos de prevención y mitigación de riesgos para el ordenamiento territorial, uso y gestión de suelo y para la edificación. <https://www.gestionderiesgos.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2023/03/Resol.SGR-045-2023.pdf>
- Torres, A.; Puma, M.; Márquez, R. & Merino, R. (2021). Propuesta de diseño del encauzamiento y enrocado del río Huatanay para mitigar el riesgo por inundación en la zona de Huacarpay-Lucre-Quispicanhis-Cusco (Tesis de grado). Universidad San Ignacio de Loyola, Perú. <https://hdl.handle.net/20.500.14005/11582>

Diseño de encauzamiento de esteros: caso estancia vieja adentro, Portoviejo

©2024 por los autores. Este artículo es de acceso abierto y distribuido según los términos y condiciones de la licencia Creative Commons Atribución-NoComercial-CompartirIgual 4.0 Internacional (CC BY-NC-SA 4.0) (<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/>).