UNIVERSIDAD ESTATAL DE BOLÍVAR

FACULTAD DE CIENCIAS DE LA SALUD Y EL SER HUMANO

CARRERA DE INGENIERÍA EN RIESGOS DE DESASTRES

TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICUALR
PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE INGENIERO EN RIESGOS DE DESASTRES

PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

TEMA:

"Análisis de la amenaza de desbordamiento del río Cristal y sus afectaciones en el funcionamiento del complejo turístico Josefina Barba, cantón San Miguel en el periodo septiembre – diciembre 2024"

AUTOR(A) (ES):

Mayra Yulissa Aldaz Montoya
Klever Jonnathan Rojas Tandapilco

DIRECTOR(A)
Ing. José Abelardo Paucar Camacho, Ph.D

PARES ACADÉMICOS
Ing. Maria Transito Vallejo Illijama
Ing. Numa Inain Gaibor Velasco

GUARANDA – ECUADOR
2025

TEMA DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

"ANÁLISIS DE LA AMENAZA DE DESBORDAMIENTO DEL RIO CRISTAL Y SUS AFECTACIONES EN EL FUNCIONAMIENTO DEL COMPLEJO TURÍSTICO JOSEFINA BARBA, CANTÓN SAN MIGUEL EN EL PERIODO SEPTIEMBRE – DICIEMBRE 2024"

AGRADECIMIENTO

Al finalizar esta etapa expreso mi profundo agradecimiento a quienes, con dedicación y sacrificio, inculcaron en mí el amor por el estudio y la ciencia.

Todo lo que soy y llevo de esta prestigiosa institución, lo debo al selecto cuerpo de docentes, quienes me han guiado por el camino de la verdad y la superación, formando en mi persona el sentido de responsabilidad y justicia en todos los actos.

El recuerdo y el agradecimiento siempre estarán presentes en mi hacia los gestores de mi formación y orientación, quienes me han convertido en un elemento útil para la sociedad y la patria. Particularmente, agradezco al Dr. Abelardo Paucar, quien, con sus conocimientos y experiencia, hizo posible la realización del presente trabajo.

Mayra Aldaz

Al finalizar este importante capítulo de mi vida, quiero expresar mi más profundo agradecimiento a quienes han sido fundamentales en mi desarrollo personal y académico.

A mi madre, que con sacrificio y dedicación hizo posible mi formación profesional; su apoyo incondicional y fortaleza me han impulsado a seguir adelante. A mis hermanos, por ser mis compañeros de vida y brindarme su cariño y respaldo inquebrantable.

A mi destacado director, el Dr. Abelardo Páucar, que, con su guía y compromiso, me ayudó a la realización de este trabajo. A los docentes que, en diferentes momentos, me ofrecieron su valiosa ayuda y apoyo.

A la empresa Delta Express, por darme la oportunidad de trabajar con un horario flexible que me permitió continuar mis estudios, convirtiéndose en un pilar económico fundamental durante esta etapa.

A todos ustedes, gracias de todo corazón.

Klever Rojas

DEDICATORIA

Dedico este trabajo con amor y gratitud a mis padres, Nelly y Cleber, quienes siempre han sido un pilar fundamental en mi vida, apoyándome en cada paso y motivándome a alcanzar mis metas. Su sacrificio y dedicación han sido fuente constante de inspiración para mí.

De manera especial, extiendo esta dedicatoria a mis abuelos, Luis y Rosa, quienes dejaron en mí un legado invaluable. Ellos no solo me brindaron su apoyo incondicional, sino que también sembraron en mi corazón los valores de responsabilidad, esfuerzo y el anhelo de superación.

Gracias a ellos, he podido construir los cimientos de mis logros y enfrentar los desafíos con confianza y determinación. Este trabajo es un reflejo del amor, las enseñanzas y el respaldo que he recibido de ustedes. Siempre llevaré en mi corazón su ejemplo y sus palabras de aliento.

Mayra Aldaz

A Dios por darme la oportunidad de vivir y por estar conmigo en cada paso que doy, por fortalecer mi corazón y guiar mi camino, por haber puesto a aquellas personas que han sido mi soporte y compañía durante todo el periodo de estudio.

A mi madre, por darme la vida, quererme mucho, creer en mí este trabajo está dedicado a la persona que ha sido mi guía, mi apoyo y mi inspiración en cada paso de mi vida. Desde mis primeros días, la que me ha alentado a soñar en grande. Todo lo que soy y lo que he logrado se lo debo a ella. Este logro no es solo mío, sino también suyo, porque detrás de cada página de esta tesis está su esfuerzo, su fe y su infinito amor.

Klever Rojas

FORMATO DE CUMPLIMIENTO DE TRABAJO Y APROBACIÓN DE ASIGNATURA TRABAJO DE TITULACIÓN II

Guaranda, 16 de diciembre de 2024.

El proyecto de investigación titulado: "ANALISIS DE LA AMENAZA DE DESBORDAMIENTO DEL RIO CRISTAL Y SUS AFECTACIONES EN EL FUNCIONAMIENTO DEL COMPLEJO TURISTICO JOSEFINA BARBA, CANTON SAN MIGUEL EN EL PERIODO SEPTIEMBRE – DICIEMBRE 2024"; realizado por los señores **Aldaz Montoya Mayra Yulissa y Rojas Tandapilco Klever Jonnathan,** durante el período académico septiembre 2024 – diciembre 2024, ha sido revisado durante las asesorías; en tal virtud, autorizo que el trabajo pase a la siguiente fase.

Calificaciones

Aldaz Montoya Mayra Yulissa (10/10) (diez sobre diez)

Rojas Tandapilco Klever Jonnathan (10/10) (diez sobre diez)

Ing. José Abelardo Paucar Camacho, PhD.

DIRECTOR DE TRABAJO DE TITULACIÓN IRD/UEB

Escaneado con CamScanner

DERECHOS DE AUTOR

Nosotros Mayra Yulissa Aldaz Montoya y Klever Jonnathan Rojas Tandapilco portador/res de la Cédula de Identidad No 0250033636 y 0250120177 en calidad de autor/res y titular/es de los derechos morales y patrimoniales del Trabajo de Titulación:
"Análisis de la Amenaza de Desbordamiento del Río Cristal y sus Afectaciones en el Funcionamiento del Complejo Turístico Josefina Barba. Cantón San Miguel en el periodo septiembre – diciembre 2024", modalidad, proyecto de investigación, de conformidad con el Art. 114 del CÓDIGO ORGÁNICO DE LA ECONOMÍA SOCIAL DE LOS CONOCIMIENTOS, CREATIVIDAD E INNOVACIÓN, concedemos a favor de la Universidad Estatal de Bolívar, una licencia gratuita, intransferible y no exclusiva para el uso no comercial de la obra, con fines estrictamente académicos. Conservamos a nuestro favor todos los derechos de autor sobre la obra, establecidos en la normativa citada.

Así mismo, autorizamos a la Universidad Estatal de Bolívar, para que realice la digitalización y publicación de este trabajo de titulación en el Repositorio Digital, de conformidad a lo dispuesto en el Art. 144 de la Ley Orgánica de Educación Superior.

Los autores declaran que la obra objeto de la presente autorización es original en su forma de expresión y no infringe el derecho de autor de terceros, asumiendo la responsabilidad por cualquier reclamación que pudiera presentarse por esta causa y liberando a la Universidad de toda responsabilidad.

Mayra Yulissa Aldaz Montoya

Klever Jonnathan Rojas Tandapilco

Mayra Aldaz
0250033636

Klever Rojas
0250120177

Escaneado con CamScanner

ÍNDICE DE CONTENIDO

Resumen 1

Introducción 3

CAPÍTULO I. 5

1.1. Planteamiento del Problema 5

1.2. Formulación del Problema 6

1.3. Justificación 6

1.4. Objetivos 8

1.4.1. General 8

1.4.2. Objetivos Específicos 8

1.5. Hipótesis 8

1.6. Variables de Estudio 8

1.6.1. Operacionalización de variables 9

CAPÍTULO II. 11

2.1. Marco Referencial 11

2.2. Antecedentes 15

2.3. Bases Teóricas 18

2.4. Marco Legal 26

2.5. Marco Conceptual 28

CAPITULO III. 35

3.1. Enfoque de la investigación 35

3.2. Diseño de la investigación 35

3.3. Métodos de investigación 36

3.4. Universo, población y muestra 37

3.5. Técnicas e instrumentos de recopilación de datos y procesamiento de datos 38

CAPITULO IV. 42

4.1. Resultado del Objetivo 1. Caracterizar la amenaza de inundación del río Cristal en el complejo turístico Josefina Barba, mediante modelamiento hidrológico e hidráulico. 42

4.1.1. Caracterización de la micro cuenca.....42

4.1.2. Modelamiento Hidrológico 49

4.1.3. Modelamiento Hidráulico 56

4.2. Resultado Objetivo 2: Determinar la zonificación de la amenaza de desbordamiento del río, para la identificación de una posible afectación al complejo turístico. 63

4.2.1. Zonificación de la amenaza de inundación 63

4.2.2. zonas y niveles de inundación con TR 50 y 100 años en el rio Cristal.....66

4.2.3. Exposición del complejo turísticos “Josefina Barba” 67

4.3. Resultado Objetivo 3: Establecer medidas estructurales y no estructurales para la reducción del impacto por el desbordamiento del río. 72

4.3.1. Medidas de reducción ante la amenaza de inundación en el complejo turístico "Josefina Barba" 72

CAPITULO V. 76

CONCLUSIONES 76

RECOMENDACIONES 78

Bibliografía 79

ANEXOS.....88

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Variable independiente: factores de desbordamiento del río. 9

Tabla 2: Variable dependiente: afectaciones en el funcionamiento del complejo. 10

Tabla 3: Niveles de Amenaza 39

Tabla 4: Características de la microcuenca 44

Tabla 5: Tabla hipsométrica de la microcuenca del río Cristal 47

Tabla 6: Método del bloque alterno para TR de 50 y 100 años 52

Tabla 7: Lag-Time 53

Tabla 8: Resumen de cálculo de caudales máximos por método HEC-HMS para el río Cristal. 56

Tabla 9: Zonas expuestas del complejo turístico Josefina Barba 69

Tabla 10: Medidas estructurales 73

Tabla 11: Medidas no estructurales 75

ÍNDICE DE FIGURAS/GRÁFICAS/IMÁGENES

Ilustración 1: Mapa de ubicación del área de estudio, cantón San Miguel, parroquia Balsapamba. 13

Ilustración 2: Mapa de localización del área de estudio 43

Ilustración 3: Curva Hipsométrica 48

Ilustración 4: Frecuencia de Altitudes 49

Ilustración 5: Aplicación del modelo HEC - HMS para cálculo de caudales del río Cristal 51

Ilustración 6: Área de Estudio 58

Ilustración 7: Mallado 59

Ilustración 8: Condiciones de Caudal 60

Ilustración 9: Modelación TR 50 años (Calado) 61

Ilustración 10: Modelación TR 50 años (Velocidades) 61

Ilustración 11: Modelación TR 100 años (calado) 62

Ilustración 12: Modelación TR 100 años (Velocidades) 62

Ilustración 13: Mapa de inundación con TR50 años en el río Cristal 64

Ilustración 14: Mapa de inundación con TR100 años en el río Cristal 65

Ilustración 15: Mapa de infraestructura del complejo turístico Josefina Barba 71

Resumen

El presente proyecto denominado Análisis de la Amenaza de Desbordamiento del Río Cristal y sus Afectaciones en el Funcionamiento del Complejo Turístico Josefina Barba. cantón San Miguel en el periodo septiembre – diciembre 2024 tiene como objetivo evaluar la amenaza de desbordamiento del río Cristal y sus impactos en el funcionamiento del complejo turístico Josefina Barba, ubicado en el cantón San Miguel. Debido a que, en Ecuador, las fuertes lluvias han generado serios problemas económicos, sociales y ambientales, lo que resalta la importancia de este análisis. Esta investigación usa métodos cualitativos y cuantitativos para identificar zonas vulnerables y proponer acciones de mitigación para disminuir el impacto del evento. Para esto se emplearon algunos softwares como HEC-HMS e IBER para realizar modelamientos hidrológicos e hidráulicos, gracias a esto se pudo analizar caudales máximos con periodos de retorno de 50 y 100 años. A partir de estos datos, se generaron mapas donde se detallan las áreas en riesgo, clasificándolas según el nivel de amenaza: alta, media o baja. Este estudio consideró características clave como el área afectada, el nivel de amenaza, la altura del calado y la velocidad del flujo (m/s). Y los resultados permitieron proponer diferentes medidas estructurales, como muros de gaviones, áreas de drenaje, entre otros y no estructurales, como capacitaciones al personal, señalización, planes de emergencia simulacros, etc., con el fin de mitigar riesgos y salvaguardar la seguridad de los turistas y colaboradores. Estas acciones buscan fomentar una cultura de prevención y sostenibilidad dentro del complejo turístico y su entorno.

Palabras clave: Complejo turístico, Modelo hidrológico, inundación, afectación.

Abstract

The present project called Analysis of the Cristal River Overflow Threat and its Effects on the Operation of the Josefina Barba Tourist Complex. Canton San Miguel in the period September - December 2024 aims to evaluate the threat of overflowing of the Cristal River and its impacts on the operation of the Josefina Barba tourist complex, located in the canton of San Miguel. Due to the fact that, in Ecuador, heavy rains have generated serious economic, social and environmental problems, which highlights the importance of this analysis. This research uses qualitative and quantitative methods to identify vulnerable areas and propose mitigation actions to reduce the impact of the event. For this purpose, some software such as HEC-HMS and IBER were used to perform hydrological and hydraulic modeling, thanks to which it was possible to analyze maximum flows with return periods of 50 and 100 years. From this data, maps were generated detailing the areas at risk, classifying them according to the level of threat: high, medium or low. This study considered key characteristics such as the affected area, the level of threat, the height of the draft and the flow velocity (m/s). The results made it possible to propose different structural measures, such as gabion walls, drainage areas, among others, and non-structural measures, such as personnel training, signage, emergency plans, drills, etc., in order to mitigate risks and save lives.

Key words: Tourist complex, hydrological model, flooding, affectation.

Introducción

Los desbordamientos de ríos es uno de los fenómenos naturales más complejos y destructores a nivel global, que afectan no solo a los ecosistemas locales, sino también a la seguridad, la economía y el desarrollo de muchas comunidades. En el caso de Ecuador, los ríos juegan un papel importante en la localidad, pero también representa una fuerte amenaza, especialmente en tiempos de lluvias intensas, el río Cristal, se encuentra ubicado en el cantón San Miguel de la provincia Bolívar, y representa una amenaza significativa para el funcionamiento del complejo turístico Josefina Barba. Este lugar, es un importante atractivo de Balsapamba, que ofrece varios servicios recreativos como piscinas con olas, toboganes y espacios de relajación, que contribuyen significativamente al turismo local y regional.

El principal problema de los desbordamientos del río se agrava durante la temporada de lluvias, que son entre noviembre a mayo, donde el caudal del río aumenta debido a precipitaciones intensas. Esto no solo pone en riesgo las instalaciones del complejo turístico, sino también la seguridad de sus visitantes y trabajadores. En años anteriores, eventos similares han causado importantes daños en áreas cercanas, por este motivo es fundamental realizar un análisis riguroso para tomar medidas preventivas para mitigar estos riesgos.

Según (Rodriguez, 2015) un complejo turístico es un modelo importante para el turismo y el crecimiento local en el cantón San Miguel. Su ubicación y su entorno natural lo convierten en un destino atractivo para visitantes nacionales e internacionales. Este espacio no solo fortalece el crecimiento económico a través de la generación de empleo, sino que también promueve el desarrollo sostenible. Además, fomenta la cultura local, al ofrecer a los turistas experiencias únicas que destacan las tradiciones de la región. La afluencia de visitantes contribuye al fortalecimiento de los negocios locales, como restaurantes, artesanías y servicios. Su desarrollo adecuado permite a la zona potenciar la economía y mejorar la calidad de vida de la población.

Este análisis pone en perspectiva la magnitud y complejidad del problema del desbordamiento del río Cristal y resalta la necesidad de una acción coordinada para preservar tanto los recursos naturales como el entorno de quienes dependen de ellos.

El complejo turístico Josefina Barba está expuesto a inundaciones debido a su proximidad al río Cristal y a la insuficiencia de medidas preventivas. La falta de barreras estructurales, drenajes eficientes y planificación para mitigar el impacto del desbordamiento lo hace vulnerable, que compromete la seguridad de los visitantes y las instalaciones.

Este proyecto tiene varios puntos clave el primero detalla el contexto del problema, centrándose en cómo los desbordamientos del río Cristal impactan la infraestructura y operación del complejo. Se identifica la falta de medidas de prevención como un factor clave. Además, se plantean una justificación que alinea el estudio con la línea de investigación sobre gestión de riesgos y sostenibilidad ambiental. Los objetivos incluyen diseñar estrategias para reducir la vulnerabilidad del complejo y garantizar su funcionamiento seguro. También se define el contexto georreferencial y se revisan antecedentes sobre eventos similares en áreas turísticas. También se fundamenta en teorías de gestión de riesgos y normativas legales ecuatorianas, como la Constitución y los lineamientos de la Secretaría de Gestión de Riesgos.

Se empleó una investigación descriptiva con enfoque mixto, donde se integró técnicas de recopilación de datos como el análisis de mapas de riesgo. El análisis proporcionará recomendaciones para mitigar los riesgos, como la instalación de sistemas de drenaje eficientes y la implementación de protocolos de emergencia para salvaguardar el complejo turístico Josefina Barba y sus visitantes.

CAPÍTULO I.

EL PROBLEMA

1.1.Planteamiento del Problema

En el Código del Medio Ambiente de Francia de 2016, se señalan tres criterios acumulativos para caracterizar un río: la presencia y permanencia de un lecho natural, un flujo suficiente la mayor parte del año y la alimentación por una fuente. Otros adicionales permiten caracterizarlo: la presencia de bancos o un sustrato específico y la presencia de la fauna y la flora acuática. En función de estos se da una definición legal: un río es un flujo de agua corriente en un lecho natural originalmente alimentado por una fuente y que presenta un caudal suficiente durante la mayor parte del año. El caudal puede no ser permanente dadas las condiciones hidrológicas y geológicas locales. (Hernandez N. , 2018)

El río Cristal se encuentra ubicado en la provincia de Bolívar, en el cantón San Miguel, dentro de la parroquia Balsapamba. Esto representa una amenaza significativa de desbordamiento que podría afectar directamente al complejo turístico Josefina Barba. A medida que el cambio climático altera sus patrones meteorológicos, aumenta la frecuencia y la intensidad de fenómenos climáticos, como las fuertes lluvias y tormentas, el incremento del caudal, eleva el riesgo de inundación en la zona cercana al río, lo que causa daños materiales, pérdida de ingresos y afectaciones a la infraestructura turística, además de representar un riesgo alto para la seguridad de visitantes y residentes.

Actualmente, no se dispone de estudios de evaluación detallada de la amenaza de desbordamiento del río Cristal y sus posibles impactos al complejo turístico Josefina Barba. De ahí nace la necesidad del presente estudio, en el cual se analizó la amenaza de desbordamiento del río Cristal y se evaluó sus posibles consecuencias en términos de daños materiales, impactos económico y riesgos para la seguridad humana.

En esta investigación se emplearon metodologías avanzadas para evaluar el riesgo de desbordamiento del río Cristal, donde se consideraron los efectos del uso inadecuado del suelo y la alteración de la cuenca. Se priorizó la identificación de áreas vulnerables y la implementación de estrategias de reducción del riesgo a inundaciones.

Con un enfoque integrado de hidrología y gestión del riesgo, se busca garantizar la seguridad del complejo y sus turistas, para promover un desarrollo resiliente. Estas medidas fortalecerán la capacidad de respuesta ante eventos climáticos extremos, que aseguren un futuro más estable para los turistas y trabajadores del complejo turístico.

1.2.Formulación del Problema

¿Cuáles son las consecuencias y efectos en la amenaza de desbordamiento del río Cristal en el funcionamiento del complejo turístico Josefina Barba, en el cantón San Miguel durante el periodo septiembre- diciembre del año 2024?

1.3.Justificación

Durante los últimos años, las fuertes lluvias en Ecuador han tenido varios efectos negativos en diferentes aspectos, como en la economía, la infraestructura y viviendas. Estos eventos han impactado especialmente en el sector agropecuario y en la salud publica lo que resalta la necesidad de un proceso para evaluar el impacto económico y social. Desde el año 1970 se han registrado 4705 eventos de inundación en Ecuador que han provocado grandes pérdidas y daños, las inundaciones representan el mayor número de eventos de amenaza reportados y son la principal causa de muerte por amenazas hidrometeorológicas, y la tercera causa de todas las muertes relacionadas con amenazas en el país (UNU - EHS, 2021).

El Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial (PDOT, 2023), señala que en relación con la susceptibilidad de inundaciones del cantón especialmente en la zona baja del río Cristal, afecta principalmente los poblados de: El Limón, Las Peñas, y Chaupicayu, especialmente durante las temporadas de altas precipitaciones que es donde ocasionan

crecidas de los cuerpos de agua. La interacción de factores geológicos, climáticos y el manejo inadecuado del suelo intensifica el riesgo de desbordamientos, que resalta la importancia de establecer estrategias de mitigación que pueden ayudar a reducir los efectos de fenómenos naturales.

Esta investigación se enfocó en analizar la amenaza de desbordamiento del río Cristal y sus posibles afectaciones en el funcionamiento del complejo turístico. Se aplicó parámetros cualitativos y cuantitativos que permitan determinar el grado de amenaza y así poder prevenir y mitigar las pérdidas humanas, materiales, económicas y ambientales, así como las situaciones de emergencia y desastres provocados por esta amenaza. De este modo, se determinó las áreas de mayor afectación y se propondrán acciones adecuadas para salvaguardar las vidas humanas y la infraestructura.

El propósito de la investigación es realizar una evaluación de las afectaciones por consecuencia del desbordamiento del río. El alcance del trabajo se centró en el aspecto social ya que los resultados obtenidos proporcionan información crucial para que las entidades gubernamentales pueden implementar medidas de prevención basadas en el análisis del comportamiento del desbordamiento del río. Esto incluye la capacitación del personal para que se encuentre debidamente instruido sobre el proceder en caso de que ocurra un evento adverso. Asimismo, se propone la identificación de puntos seguros y la instalación de un sistema de señalética de evacuación, ya que los beneficiarios directos son los visitantes y turistas que frecuentan el lugar.

1.4.Objetivos

1.4.1. General

Evaluar la amenaza de desbordamiento del río Cristal y sus afectaciones en el funcionamiento del complejo turístico Josefina Barba, Cantón San Miguel.

1.4.2. Objetivos Específicos

- Caracterizar la amenaza de inundación del río Cristal en el complejo turístico Josefina Barba, mediante modelamiento hidrológico e hidráulico.
- Determinar la zonificación de la amenaza de desbordamiento del río, para la identificación de una posible afectación al complejo turístico.
- Establecer medidas estructurales y no estructurales para la reducción del impacto por el desbordamiento del río.

1.5.Hipótesis

El desbordamiento del río Cristal que generara afectaciones significativas en el funcionamiento del Complejo Turístico Josefina Barba, y sus afectaciones incluyen daños estructurales, interrupciones en el servicio y pérdida de ingresos económicos lo cual impacta negativamente la operatividad y a la tranquilidad de los visitantes.

1.6.Variables de Estudio

Variable Independiente

Desbordamiento de río

Variable Dependiente

Afectaciones en el funcionamiento del complejo turístico Josefina Barba

1.6.1. Operacionalización de variables

Tabla 1: *Variable independiente: factores de desbordamiento del río.*

Variable	Definición	Dimensión	Indicador	Escala	Instrumento
Desbordamiento de río	El desbordamiento de río se da cuando el caudal del agua supera la capacidad del cauce, e inunda áreas circundantes. Este fenómeno puede ser causado por fuetes lluvias, deshielo rápido o bloqueos en el cauce, que provoca daños en infraestructuras, desplazamiento de personas y pérdidas económicas significativas.	Extensión	Área afectada por el desbordamiento.	Alto: 0.0313 km² Medio: 0.01917km² Bajo: 0.0088km²	ArcGIS
		Caudal	Volumen de agua por unidad de tiempo.	Proyectados a 50 años: Min: 27.9 m³/s; Max: 145.1 m³/s Proyectados a 100 años: Min: 35.7 m³/s; Max: 182.8 m³/s	Modelamiento software HEC-HMS
		Calado	Profundidad del agua en el río.	Proyectados a 50 años: Min: 0,01m; Max 2.16m Proyectados a 100 años: Min: 0,01m; Max 2.51m	Software Iber
		Velocidad	Velocidad del flujo de agua.	Proyectados a 50 años: Min: 0,001m/s; Max 8.35m/s Proyectados a 100 años: Min: 0.0009m/s; Max 8.84m/s	Software Iber

Elaborado por: *Aldaz, M. y Rojas, K., 2024*

Tabla 2:*Variable dependiente: afectaciones en el funcionamiento del complejo.*

Variable	Definición	Dimensión	Indicador	Escala	Instrumento
Afectaciones en el funcionamiento del Complejo	Las afectaciones en el funcionamiento del complejo se refieren a interrupciones o deterioros en sus operaciones normales debido a daños en la infraestructura, servicios colapsados, empleados afectados, pérdidas económicas y personas impactadas. Estas alteraciones pueden provocar una reducción significativa en la capacidad operativa y la eficiencia del complejo.	Daños estructurales	Tipo de daños en infraestructura	Estructural y no estructural	Plano de ubicación del complejo turístico
		Impacto en servicios	Tipo de servicios colapsados, agua, luz	Nominal	Registros de servicios
		Afectación Económica	Coste económico de los daños.	Afecta: 1 SBU	Entrevista

Elaborado por: *Aldaz, M. y Rojas, K., 2024*

CAPÍTULO II.

MARCO TEÓRICO

2.1. Marco Referencial

Ubicación

La microcuenca del río Cristal que se encuentra ubicado en la parroquia de Balsapamba, en la zona oeste de la misma con una superficie de 12. Km. Este río cuenta con importantes afluentes como el río Angas, la quebrada Las Juntas, El Salto, y el río El Vergel, además de otras corrientes menores. La parroquia destaca por su abundante riqueza natural, tanto en flora como en fauna. A lo largo de sus laderas fluye con rapidez el río Cristal, lo que da lugar a una variada vegetación de árboles y matorrales, entre los que se encuentran especies como quebracha, caoba, guayacán, fernán sánchez, alobillo, balsa, matapalo, guabo, tagua y la famosa cascarilla, utilizada para tratar algunas enfermedades como la malaria y el paludismo (PDOT, 2014).

Flora y Fauna

Balsapamba, es una región conocida por sus paisajes andinos y su rica producción agrícola, que incluyo guineo, banano, limeño, plátano y cítricos como naranjas, limones y mandarinas, además de plantaciones mixtas de cacao, café naranja y plátano, la fauna así como la flora adquiere características naturales mediante la decisiva influencia del clima, la fauna en la franja tropical que avanza aproximadamente hasta los 1500 metros de altura está representada por una variedad de especies animales: infinidad de insectos como el mosquito, los temibles ofidios como la culebra equis, la rabo de hueso las boas, mata caballo y la coral. En los reductos de la selva virgen aun aumentan los tigrillos, armadillos, guatusas, guantas, zorrillos, tigres, puercos zainos, venados entre otros., en los pastizales se alimenta las vacas, caballos y mulares; junto a la habitación del hombre se observan abundancia de gallinas, pavos, patos, cabras mientras que en los corrales se engorda a los chanchos con plátanos y yuca (Viajandox, 2024).

Esta parroquia a tan solo 68 kilómetros de Guaranda y a 20 kilómetros de Babahoyo. Según el censo del 2022, su población es de 2,470 personas, de las cuales 1,178 son hombres y 1,292 son mujeres (INEC, 2022).

Clima

La temperatura promedio anual de la parroquia Balsapamba Fluctúa entre los 22° - 30° C y su precipitación oscila entre los 1000 mm en la parte alta y los 3000 mm en la parte baja. Balsapamba se encuentra a una altitud de 708 m.s.n.m y tiene un clima templado subandino con humedad constante (Forero Madero & Gavilanes Valle, 2009).

Límites de la Parroquia

Está localizada en las estribaciones de la cordillera occidental,

NORTE: Telimbela.

SUR: Regulo de Mora.

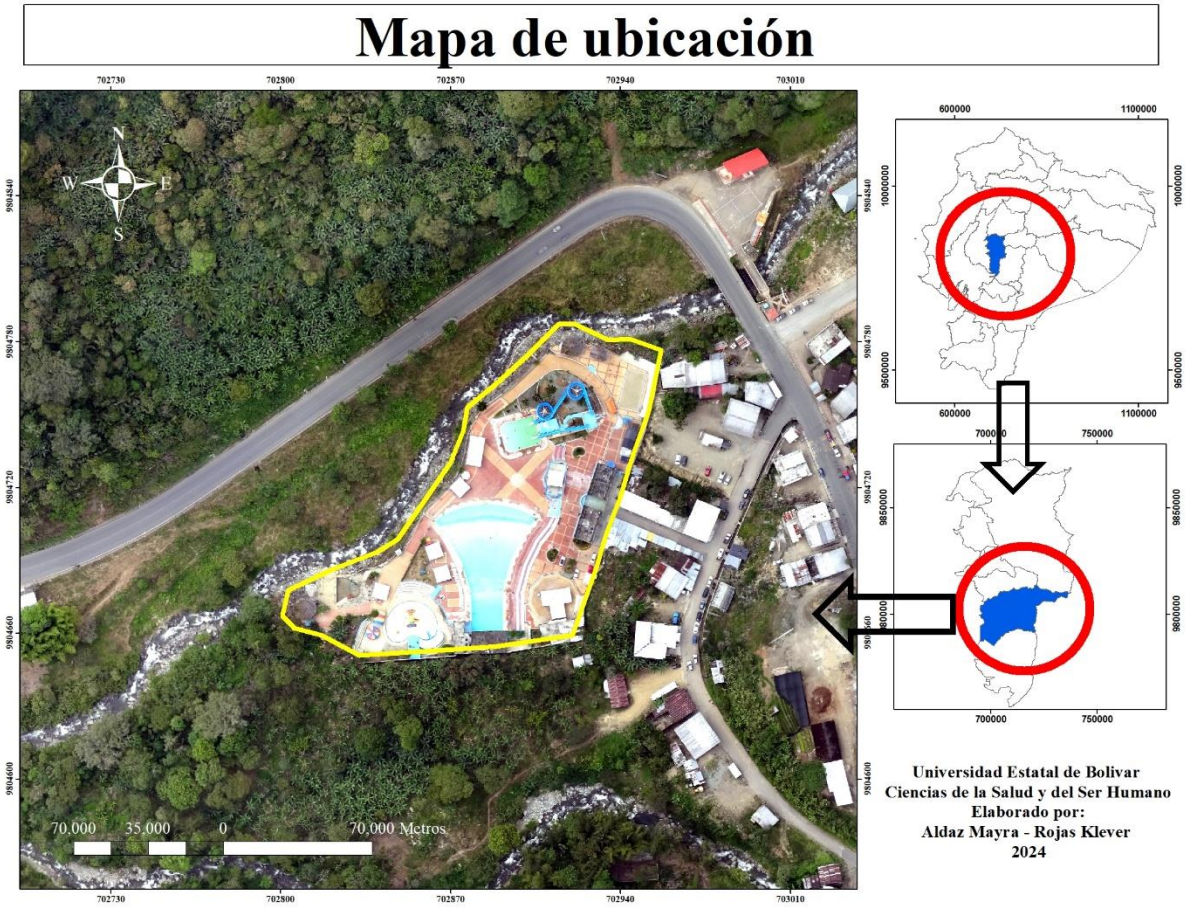
ESTE: Bilovan y San Pablo de Atenas

OESTE: Montalvo.

Mapa de Ubicación

A continuación, se representa el mapa de la parroquia de Balsapamba, en donde se muestra la localización exacta de la zona de estudio:

Ilustración 1:*Mapa de ubicación del área de estudio, cantón San Miguel, parroquia Balsapamba.*



Mapa: *Ubicación de la zona de estudio*
Elaborado por*: Aldaz, M. y Rojas, K., 2024*

Económico Productivo

Balsapamba, debido a su clima y tierras fértiles, se caracteriza por la producción de diversas especies ya que se encuentra en la franja tropical; sobre los 1500 metros de altura también, se producen otras especies como maíz, naranjilla, frejol, plantas forrajeas para el cuidado del ganado vacuno, caballar y equino.

La parroquia también sustenta su economía en la elaboración de artesanías como bebidas y platos típico de la zona los cuales son comercializados en locales al lado de la vía principal, sin

embargo, el eje central de toda actividad económica producida en Balsapamba es el turismo para esto existen dos temporadas turísticas claramente diferenciadas: La alta que va desde diciembre hasta abril y la baja de mayo a noviembre.

Los visitantes de la parroquia en su gran mayoría vienen de las ciudades como Guayaquil, Babahoyo, Montalvo, San Miguel, entre otros. Los turistas prefieren la tranquilidad del lugar y a amabilidad de su gente, aunque en ciertas épocas del año como carnaval, fiestas de la parroquia o año nuevo desena ser partícipes de su intensa actividad diurna y nocturna (Forero & Gavilanez , 2008).

Hidrografía

La hoya de Balsapamba tiene como más notable sistema fluvial al río Cristal, que dada la pureza de sus aguas lleva justamente este nombre: (Alarcon, 2024)

- El río cristal tiene tres afluentes principales:
- El río de las Juntas nace en las estribaciones de Cerro Grande y Arrayan Loma
- El Alcacer, que nace del cerro Padre- Urco y engrosa su caudal al recibir las aguas de pequeñas vertientes de la cordillera Mangashpa
- El río Jorge que nace de las faldas de Aluzana y en gas se une con el arroyo de Sigtchango.

Topografía

El territorio de Balsapamba es muy accidentado y desigual; su relieve presenta grietas profundas y alturas elevadas, como Cerro Grande, Chuche, Aluzana, etc.., cuya topografía es bastante admirada por los viajeros que por primera vez pasan por los caminos de esta jurisdicción.

2.2. Antecedentes

Modelo para la articulación de la gestión del riesgo en el proceso de ordenamiento territorial de la ciudad de Guaranda / Ecuador

Esta investigación busco abordar uno de los desafíos más apremiantes de las ciudades en desarrollo. Para enfrentar este desafío, el objetivo del trabajo fue desarrollar un modelo y una metodología para evaluar el riesgo de la ocurrencia de desastres como sismos, deslizamientos e inundaciones, que considera factores de amenaza, vulnerabilidad y exposición a escala local. Además, se propuso diseñar una estrategia que fortalezca la gestión del riesgo y el ordenamiento territorial en Guaranda.

La metodología utilizada incluye el componente hidrológico, donde se emplean métodos hidrometereológicos como el Racional y el software libre HEC-HMS para calcular el caudal máximo (Qmax) con tiempos de retorno de 50, 100 y 500 años. Estos periodos de retorno permitieron categorizar los eventos de inundación desde alta probabilidad hasta escenarios extremos, en concordancia con la ordenanza local del "Plan Regulador y de Ordenamiento Territorial Urbano-PROTU", aprobado en 2013. La modelación hidráulica se basó en los resultados hidrológicos, donde se aplicó un modelo de flujo unifasico unidimensional variado para obtener las velocidades y los calados del agua.

Los resultados obtenidos representados en mapas de amenaza de inundación, categorizado en área de estudio del rio Guaranda en cuatro zonas de amenaza. Estas zonas se definieron según criterios específicos y se asignaron valores ponderados: alto (1,0), medio (0,66) y sin amenaza (0,33). El Índice Ponderado de Amenaza Urbana para Inundaciones (IPAUI) se calculó con el de sectores urbanos de Guaranda. Estos resultados permiten una mayor

comprensión y gestión del riesgo de inundaciones, que contrubiye significativamente al ordenamiento territorial de la población urbana (Paucar-Camacho J.-A. , 2016)**.**

Evaluación de la vulnerabilidad físico estructural y socioeconómico en áreas susceptibles a inundaciones del Río Camarón, en el recinto San José de Camarón, cantón Echeandía, durante el periodo mayo- agosto de 2017

Este estudio se centró en identificar y analizar las posibles amenazas que estas inundaciones representan para la población local. Se utilizó una metodología basada en las propuestas de la Secretaria Nacional de Gestión de Riesgos y el Programa de Naciones Unidas para el Desarrollo, se asignaron valores específicos para calcular la vulnerabilidad de las edificaciones en la zona de estudio.

Los resultados obtenidos incluyeron modelamientos hidráulicos del río Camarón, realizados durante el software ArcGIS (10.2) y el software HEC- RAS 5.0.3, los cuales permitieron identificar las áreas de inundación, los niveles de calado y velocidad del aguapara distintos tiempos de retorno. Estos modelamientos revelaron las zonas más vulnerables y expuestas a las crecidas del río, que afectó a personas, cultivos, edificaciones, infraestructuras y otros elementos esenciales para la vida diaria y el desarrollo de la localidad. Los calados definidos como las alturas que alcanzan los niveles de agua y representan un peligro para la población, así como las velocidades del agua desde aguas arriba hasta aguas abajo, fueron representados en mapas y tablas. Este estudio integral permitió una comprensión detallada de las inundaciones y la exposición de los habitantes del recinto San José de Camarón, que proporcionó información crucial para la planificación y gestión de riesgos en la zona de estudio (Chimbo Yauqui & Caceres Valencia, 2017)**.**

Estudio de amenaza de inundación del río Culaga, sector Puente pr+500 en la vía Toledo – Labateca, departamento norte de Santander

El principal objetivo de este estudio es delimitar las zonas de inundación del río Culaga en el sector del puente (Abscisa PR2+5009, que abarcó una longitud de 500 metros tanto aguas arriba como aguas abajo. Esto se realiza para los periodos de retorno de 2 hasta 500 años, donde se utilizó herramientas de Sistemas de Información Geográfica (SIG) con el fin de identificar visualmente las posibles áreas inundables. Además, se evaluará la sección hidráulica del puente existente para los caudales determinados mediante el programa HECRAS. Para el desarrollo de la metodología, de realizo una modelación hidrología, la cual pretende determinar los caudales característicos del río Calaga en el sector del puente, correspondientes a diferentes probabilidades de excedencia o periodos de retorno. Se utilizaron diferentes métodos para la estimación de los caudales, desde el método estadístico basado en ajustes sobre registros históricos, hasta modelos lluvia-escorrentía de diversa complejidad. Debido al tamaño de la cuenca (221,17km^2) y la disponibilidad de información, se aplicó el modelo hidrológico del número de curvas implementado por el Soil Conservation Service, donde se utilizó el software HEC-HMS. En este proceso se consideraron las características morfológicas de la cuenca, los usos de suelo, los coeficientes de resistencia al flujo y la información meteorológica más cercana.

La delimitación de la cuenca se realizó a partir de la topografía del terreno, representada mediante un Modelo de Elevación de Terreno (MET) con una resolución de 12,5 metros, generado con la información del proyecto RTC de Alaska Satellite Facility. Luego de procesar la información para generar una superficie hidráulica correcta, se delimito y calculo el área de

drenaje y se utilizó funciones típicas de los SIG, determinándose un área de drenaje de 221,17 km² (Díaz Ramírez & Ibarra Jaime, 2020).

2.3. Bases Teóricas

2.3.1. Desbordamiento de río

El desbordamiento de los ríos ocurre cuando se excede la capacidad de los canales para conducir el agua y por lo tanto se desbordan los márgenes del río, que causo severos problemas sociales, ambientales y económicos (Peralta, Desbordamiento de río, 2011).

2.3.2 Aguas Pluviales

La definición de aguas pluviales es muy simple, debido a que son aguas precipitadas que caen al suelo y no son absorbidas por el mismo. Por tanto, las aguas pluviales son aquellas que discurren libremente por el suelo y terminan siendo absorbidas por el sistema de recolección de agua (De Castelar, 2022).

2.3.3 Inundaciones

Las inundaciones se producen cuando el agua invade áreas normales secas debido a un crecimiento repentino del caudal que supera la capacidad de drenaje. Una inundación se da cuando el agua ocupa espacios que usualmente están secos, como resultado de un aporte inusual y repentino de una cantidad de agua que no puede manejar el cauce del río (Farza, 2020).

> “Las inundaciones son fenómenos naturales y puede esperarse que ocurran a intervalos irregulares de tiempo en todos los cursos de agua. El establecimiento humano en un área cercana a planicies de inundación es una de las mayores causas de daños causados por inundaciones” (Peralta, 2011).

2.3.4 Tipos de inundación

Existen varios tipos de inundaciones, por ejemplo:

2.3.4.1 Inundación pluvial: Estas situaciones ocurren debido a la precipitación. Se manifiestan cuando el suelo está saturado y el exceso de agua de lluvia comienza a acumularse durante varios días, hasta que el agua se evapore y el terreno recupere su capacidad para absorber más agua (SSPC, 2018).

2.3.4.2 Inundaciones fluviales: son inundaciones ocasionadas por el desborde de los ríos, bien sea por problemas asociados a la calidad del terreno de sus riberas o por un aumento considerable del caudal.

2.3.4.3 Inundaciones súbitas: las inundaciones repentinas se producen debido a precipitaciones intensas y súbitas en áreas determinadas. Estas lluvias pueden convertirse en pequeños arroyos en rápidos torrentes en cuestión de minutos, capaces de provocar graves daños. Usualmente, estas inundaciones están vinculadas a terrenos con pendientes pronunciadas (SSPC, 2018).

2.3.4.4 Inundaciones lentas: Cuando se produce una lluvia intensa que puede saturar un terreno relativamente llano, es decir, cuando el suelo ya no puede absorber más agua, el exceso de lluvia fluye hacia los ríos y arroyos o se desplaza sobre la superficie de un terreno (SSPC, 2018).

2.3.5 Causas de las inundaciones

Las inundaciones pueden tener varias causas a continuación describimos algunas:

2.3.5.1 Causas naturales: tiene que ver con eventos naturales que ocurren sin la intervención humana, tales como:

Lluvias: Generan una saturación de agua en el terreno que, al no drenar rápidamente, ocasionan inundaciones.

Deshielo: La condensación del hielo hace que el agua llegue a los ríos y aumente su cauce, y provoque un desbordamiento.

Tormentas, huracanes, tifones o tsunamis: Generan olas de gran intensidad que pueden derribar barreras naturales o artificiales, y faciliten la entrada de agua en tierra firme a gran velocidad e inunde todo a su paso

2.3.5.2 Causas no naturales: Son elementos que se encuentran relacionados con ciertas actividades humanas que tienen un impacto directo en los cuerpos de agua o en la disminución de la calidad del terreno, como, por ejemplo:

Erosión del terreno: Las obras urbanísticas el exceso de cultivos o la contaminación disminuyen la calidad del terreno, aumenta su permeabilidad, lo que lo hace susceptible a saturarse con mayor rapidez.

Fallas hidráulicas: Ruptura de presas o diques que liberan gran cantidad de agua en muy poco tiempo, y satura el terreno o los cuerpos de agua cercanos que provoca inundaciones.

Contaminación del agua: Las aguas servidas y residuos sólidos pueden obstruir las causas de los cuerpos de agua que propicia su elevación y posterior desbordamiento.

2.3.5.3 Consecuencias de las inundaciones

Las inundaciones generan un impacto en múltiples niveles que afectan no solo al medo ambiente, sino también las economías locales y nacionales:

Consecuencias ambientales: Estas pueden generar modificaciones ligeras, moderadas o severas en la topografía afectada, estos cambios puede ser parte de dinámicas naturales como

lluvias monzónicas o de la actividad humana, y pueden afectar los ecosistemas locales (Enciclopedia Significados, 2023).

Consecuencias sociales: En casos más graves, las inundaciones pueden generar pérdidas humanas o heridos de gravedad. Además, este tipo de eventos puede inducir a desplazamientos poblacionales forzados, como una forma de solucionar la perdida de viviendas, o fuentes de trabajo (Enciclopedia Significados, 2023).

Consecuencias sanitarias: Las inundaciones puede generar focos de enfermedades como el dengue, enfermedades infecciosas, dermatológicas, trastornos digestivos, entre otros (Enciclopedia Significados, 2023).

2.3.5.4 Clasificación de las inundaciones

Son el tipo de desastre natural más común y no todas son iguales a continuación su clasificación:

Según el impacto: este tipo es la más utilizada cuando se quieren hacer estudios de inundaciones históricas y se considera lo siguiente:

Inundación o avenida ordinaria: Son aquellas que producen pocos daños y en las cuales el agua no supera los límites del cauce del río.

Inundación extraordinaria: en esta categoría el agua si se desborda respecto al cauce habitual y provoca algunos daños importantes.

Inundación Catastrófica: En este tipo de inundaciones los daños son muy grandes, y deja a edificios o puentes parcial o completamente destruidos y algunos de los servicios básicos tienen cortes más extensos.

Según su duración, intensidad e impacto

En esta clasificación se han incorporado los factores a tener en cuenta en las inundaciones que diferencia varios tipos como:

Inundaciones muy rápidas por lluvias muy intensas y localizadas: Ocurre cuando hay lluvias muy intensas, pero de corta duración. Se caracterizan por producirse en un corto espacio de tiempo.

Inundaciones por lluvias muy intensas y continuadas: En este caso las lluvias pueden ser de intensidad alta o moderada y durar entre 1 y 4 días.

Inundaciones producidas por fusión de nieve: pueden estar vinculadas con lluvia, como serían las inundaciones por lluvias continuas, o bien producidas exclusivamente por la fusión de nieve acumulada durante el invierno (Marca, 2023).

2.3.6. Zonificación

Como parte de la evaluación de la amenaza de inundación, se realiza una zonificación que permite identificar si la amenaza es alta, media o baja. A continuación, explicaremos en que consiste esta zonificación:

Zonificación de la amenaza: La zonificación de la amenaza se realiza en tres fases principales: definición de un modelo geológico-geotécnico, planteamiento de escenarios de amenaza y zonificación de la amenaza (Stralen Iguaran, 2015).

La zonificación de la amenaza de inundaciones es una herramienta crucial para comprender el riesgo de desastres y avanzar en la planificación territorial. Las zonificaciones de amenaza o peligrosidad son importantes para reducir los daños estructurales y enfrentar las inundaciones, aunque no son el único método necesario para la gestión de riesgos (Sevillano Rodriguez , 2020).

2.3.7. Métodos para la evaluación de inundaciones

Como parte de la zonificación de la amenaza existen algunos métodos de evaluación de inundación como, por ejemplo:

Modelo Hidrológico: Este modelo utilizado en la planificación de desarrollo de los recursos es el más adecuada para este propósito. No existe un modelo ideal para estimar el caudal ecológico.

Pero existe una variedad de métodos para determinar el caudal ecológico, donde cada uno de ellos tienen sus objetivos y criterios de evaluación. El método hidrológico es el más empleado para calcular el caudal ecológico debido a que es el más práctico, económico y sencillo. Y es el primer método para estimar caudales ecológicos y el más utilizado mundialmente. Los métodos hidrológicos basan su cálculo en información registrada de un régimen hidrológico fluvial (registros de datos hidrométricos de caudales naturales) y sus resultados representan a un flujo que garantiza un nivel de protección de los ecosistemas fluviales. La norma mexicana indica que para poder estimar el caudal ecológico se debe de contar con una base de datos mayores a 20 años (Alvarez & Huamán, 2022).

Clasificación de los modelos hidrológicos: De acuerdo a la conceptualización de los procesos básicos; pueden ser empíricos, conceptuales o basados en procesos De acuerdo a la naturaleza de los algoritmos básicos; pueden ser determinísticos o estocásticos de acuerdo a su representación espacial; pueden ser agrupados o distribuidos (Cabrera, 2018).

Modelo Hidráulico: Los modelos hidráulicos describen matemáticamente el flujo en canales abiertos, ríos, humedales, lagos, estuarios y zonas costeras. También podemos utilizar modelos hidráulicos para describir el flujo sobre las planicies de inundación, o a través de estructuras hidráulicas como vertederos, compuertas, alcantarillas, puentes, embalses, diques,

etc. Con estas herramientas de modelación se puede hacer cálculos hidráulicos que de lo contrario será demasiado complejo realizar (CERSA, 2023).

2.3.8. Medidas de Mitigación

Medidas Estructurales: Cualquier construcción física para reducir o evitar los posibles impactos de las amenazas, o la aplicación de técnicas de ingeniería para lograr la resistencia y la resiliencia de las estructuras o de los sistemas frente a las amenazas. (Pazos, 2012)

Las medidas estructurales comunes para la reducción del riesgo de desastres incluyen las represas, los diques para evitar inundaciones, las barreras contra las olas oceánicas, las construcciones antisísmicas y los albergues en casos de evacuación.

Medidas no Estructurales: Cualquier medida que no suponga una construcción física y que utiliza el conocimiento, las prácticas o los acuerdos existentes para reducir el riesgo y sus impactos, especialmente a través de políticas y leyes, una mayor concientización pública, la capacitación y la educación. (Pazos, 2012)

Entre las medidas no estructurales se incluyen los códigos de construcción, legislación sobre el ordenamiento territorial y su cumplimiento, investigaciones y evaluaciones, recursos informativos y programas de consonantización pública.

2.3.9. Escenario de Afectación: Luego de haber dado a conocer la zonificación de las áreas afectadas, donde podemos identificar el grado de afectación mediante los modelamientos daremos a conocer que son las afectaciones:

Son fragmentos o campos delimitados de las condiciones de riesgo del territorio presentes o futuras, que facilitan tanto la comprensión y priorización de los problemas como la formulación y ejecución de las acciones de intervención requeridas. Un escenario de riesgo se representa por medio de la caracterización y/o análisis de los factores de riesgo, sus causas, la relación entre las

causas, los actores causales, el tipo y nivel de daños que se pueden presentar, la identificación de los principales factores que requieren intervención, así como las medidas posibles a aplicar y los actores públicos y privados que deben intervenir en la planeación, ejecución y control de las líneas de acción. (UNDRR, 2019)

2.3.10 Instalaciones Turísticas

Las instalaciones son infraestructuras de pequeña escala, las cuales facilitan las prácticas netamente turísticas y que son imprescindibles para que una actividad pueda desarrollarse.

Infraestructura Turística

Es la dotación de bienes y servicios básicos con que cuenta un país o un territorio, que contribuyen al uso y/o permiten el acceso a los atractivos o destinos turísticos. Se puede clasificar en Red de transportes (red ferroviaria y vial), Terminales terrestres (aeropuertos, terminales de buses, puertos, etc.), Redes de servicios básicos (agua potable, electricidad, etc.), Redes de comunicaciones (correo, teléfonos fijos, equipos celulares, fax, Internet, etc.), entre otros. (SERNATUR, 2022)

Complejo turístico

Un complejo turístico es un conjunto de instalaciones y servicios para la realización de actividades turísticas. Es un lugar per permite una gran cantidad de actividades de ocio, e incluye servicios de hotelería y gastronomía. Estos lugares se caracterizan por tratar de satisfacer la mayoría de las necesidades de los turistas, como alimentos, debidas, alojamiento, entretenimiento. (CEUPE, 2024)

2.3.11. Exposición

La exposición se refiere a las personas, bienes, sistemas u otros elementos que se encuentran presentes en las zonas donde existen amenazas y, por consiguiente, están expuestos a

experimentar pérdidas potenciales. Tal como se indica en el glosario de la UNISDR, las medidas del grado de exposición pueden incluir la cantidad de personas o los tipos de bienes en una zona. Estos pueden combinarse con la vulnerabilidad específica de los elementos expuestos a una amenaza en particular con el fin de calcular de manera cuantitativa los riesgos relacionados con esa amenaza en la zona bajo estudio (UN Spider, 2024).

2.3.12. Cuenca Hidrográfica

Una cuenca hidrográfica es un recorte territorial especifico en que se entretejen procesos de índole natural (el funcionamiento del sistema hídrico) y procesos sociales (localización de población y actividades productivas, infraestructura, etc.) es también un territorio sobre el que se plantean conflictos diversos que requieren diferentes tipos de intervención (Gonzalez & Natenzon , 2018).

2.4. Marco Legal

En el presente capítulo se analiza el marco legal para la gestión del riesgo y el ordenamiento territorial desde el contexto internacional, nacional y local.

2.4.1. La Constitución de la República del Ecuador.

art 389 y 390, señala que: El Estado protegerá a las personas, las colectividades y la naturaleza frente a los efectos negativos de los desastres, la mitigación de desastres, la recuperación y mejoramiento de las condiciones sociales, económicas y ambientales, además de que los riesgos se gestionarán bajo el principio de descentralización subsidiaria, que implicara la responsabilidad directa de las instituciones dentro de su ámbito geográfico. Cuando sus capacidades sean insuficientes, las instancias de mayor ámbito territorial y mayor capacidad técnica brindan el apoyo sin relevarlos de su responsabilidad gestionaran bajo el principio de descentralización subsidiaria (SGR, 2019).

2.4.2. El Código Orgánico de Organización Territorial, Autonomía y Descentralización (COOTAD).

art 140 promueve que la gestión de riesgos que incluye las acciones de prevención, reacción mitigación reconstrucción y transferencia, para enfrentar todas las amenazas de origen natural o antrópico, donde los gobiernos autónomos descentralizados municipales adoptaran obligatoriamente normas técnicas para la prevención y gestión de riesgos sísmicos con el propósito de proteger las personas, colectividades y la naturaleza (SGR, 2019).

2.4.3. Código Orgánico de Planificación y Finanzas Públicas, (COPLAFIP)

Preeminencia de la producción nacional e incorporación de enfoques ambientales y de gestión de riesgo. - En el diseño e implementación de los programas y proyectos de inversión pública, se promoverá la incorporación de acciones favorables al ecosistema, mitigación, adaptación al cambio climático y a la gestión de vulnerabilidades y riesgos antrópicos y naturales. (Ministerio de Finanzas de Ecuador, 2019).

2.4.4. Ley orgánica de recursos hídricos, usos y aprovechamiento del agua.

En el artículo 411 dispone que el Estado garantizará la conservación, recuperación y manejo integral de los recursos hídricos, cuencas hidrográficas y caudales ecológicos asociados al ciclo hidrológico y que regulará toda actividad que pueda afectar la calidad y cantidad de agua, y el equilibrio de los ecosistemas, especialmente en las fuentes y zonas de recarga (Ministerio del Ambiente Agua y Transicion Ecologica, 2018).

2.4.5. Ley Orgánica para el Fortalecimiento de las Actividades Turísticas en Ecuador.

artículo 5 señala que: Se consideran actividades turísticas las desarrolladas por personas naturales o jurídicas que se dediquen a la prestación remunerada de una o más de las siguientes actividades: 1. Alojamiento; 2. Alimentos, bebidas y entretenimiento; 3. Agenciamiento turístico; 4. Transporte turístico; 5. Organizadores de eventos, congresos y convenciones, reuniones, incentivos, conferencias, ferias y exhibiciones; 6. Centros de convenciones, salas de recepciones y salas de banquetes: 7. Guianza turística; 8. Centros de turismo comunitario; 9. Parques temáticos y atracciones estables; y, 10. Balnearios, termas y centros de recreación turística. Las actividades turísticas cumplirán con los requisitos exigidos en la normativa ingente. Los prestadores de servicios turísticos que ejerzan una o más de estas actividades, están obligados a obtener el debido Registro de Turismo y Licencia Única Anual de Funcionamiento para cada una de las actividades turísticas que realicen; a excepción de la unidad integra de negocios que podrá tener un solo Registro de Turismo y Licencia Única Anual de Funcionamiento (Dirección Nacional Jurídica, 2024).

2.5. Marco Conceptual

Afectados: Las personas que resultan perjudicadas, directa o indirectamente, por un suceso peligroso. Se considera directamente afectados a aquellos que han sufrido lesiones, enfermedades u otros efectos en la salud; los que han sido evacuados, desplazados, reubicados o han padecido daños directos en sus medios de vida o sus bienes económicos, físicos, sociales, culturales y ambientales (UNDRR, 2019).

Amenaza: Fenómeno, sustancia, actividad humana o condición peligrosa que puede ocasionar la muerte, lesiones u otros impactos a la salud, al igual que daños a la propiedad, la

pérdida de medios de sustento y de servicios, trastornos sociales y económicos, o daños ambientales. La amenaza se determina en función de la intensidad y la frecuencia (CIIFEN, 2022).

Amenaza Ambiental: Incluye amenazas químicas, naturales y biológicas. Pueden ser creadas por la degradación ambiental o por la contaminación física o química en el aire, el agua y el suelo. Sin embargo, muchos de los procesos y fenómenos que entran en esta categoría pueden calificarse de factores impulsores de amenazas y riesgos, más que de amenazas en sí mismos, como la degradación del suelo, la deforestación, la pérdida de diversidad biológica, la salinización y el aumento del nivel del mar (UNDRR, 2019).

Amenazas Hidrometeorológicas: Son generadas por procesos de origen atmosférico, hidrológico u oceanográfico. Cabe citar como ejemplo los ciclones tropicales (también conocidos como tifones y huracanes); las inundaciones, incluidas las crecidas repentinas; la sequía; las olas de calor y de frío, y las mareas de tormenta en las zonas costeras (UNDRR, 2019).

Análisis de Riesgo: Procedimiento técnico, que permite identificar y caracterizar los peligros, analizar las vulnerabilidades, calcular, controlar, manejar y comunicar los riesgos, para lograr un desarrollo sostenido mediante una adecuada toma de decisiones en la Gestión del Riesgo de Desastres. El Análisis de Riesgo facilita la determinación del nivel del riesgo y la toma de decisiones (UNDRR, 2019).

Área Afectada: La superficie terrestre (cultivada, pastoril o boscosa) dañada o destruida debido a un evento peligroso (unidad: hectárea). También se incluye el agua utilizada para las tareas de pesca y acuicultura (estanques, jaulas, tanques, etc.) que también resultaron afectadas por un evento peligroso (unidad: hectárea o kilómetro cuadrado) (UNISDR, 2017).

Cambio Climático: Importante variación estadística en el estado medio del clima o en su variabilidad, que persiste durante un período prolongado (normalmente decenios o incluso más). El cambio climático se debe a procesos naturales internos o a cambios del forzamiento externo, o bien a cambios persistentes antropogénicos en la composición de la atmósfera o en el uso de las tierras. (Guillermina, 2024)

Calado del río: Amplitud vertical de la parte sumergida del buque, o sea, la distancia entre la parte más baja del barco y la línea de flotación. / Profundidad media de un río navegable, puerto, fondeadero, etc. / Altura que alcanza la superficie del agua sobre el fondo. (Diccionario Nautico, 2024)

Capacidad: Combinación de todas las fortalezas, los atributos y los recursos disponibles dentro de una organización, comunidad o sociedad que pueden utilizarse para gestionar y reducir los riesgos de desastres y reforzar la resiliencia (UNISDR, 2009).

Catástrofe: Desastre donde resultan insuficientes los medios y recursos del país, siendo necesario e indispensable la ayuda internacional para responder a ello (COE, 2017)

Caudal del río: Caudal de agua de un río es una medida que indica la cantidad de agua que circula por un punto específico de su cauce en un lugar concreto y en un determinado período de tiempo (Neurite, 2024).

Cause: Es una acepción geográfica referente al lugar, extensión o área concreta por donde discurren las aguas de las superficies de ríos, arroyos y canales. Lecho o álveo son sinónimos de cauce, pero en los estudios sobre cauces se incluye o enfatiza en la influencia de las aguas subterráneas que circulan en el interior de las cuevas y también las aguas infiltradas en el subsuelo de una cuenca (nivel freático) (Paz, 2022).

Cuenca Alta: Corresponde generalmente a las áreas montañosas o cabeceras de los cerros, limitadas en su parte superior por las divisorias de aguas (GWP, 2011).

Cuenca Media: Donde se juntan las aguas recogidas en las partes altas y en donde el río principal mantiene un cauce definido (GWP, 2011).

Cuenca Baja: Donde el río desemboca a ríos mayores o a zonas bajas tales como estuarios y humedales (GWP, 2011).

Cuenca Hidrográfica: Territorio drenado por un único sistema de drenaje, es delimitada por la línea de las cumbres, también llamada divisoria de aguas. (CELEC EP, 2021).

Cuerpo de Agua: Hace referencia a embalses, ríos, quebradas, vertientes, lagunas, zonas de recargas hídricas y otros (CELEC EP, 2021).

Damnificado: Persona que sufre los impactos directos de un evento peligroso en los servicios básicos, comunitarios o en sus medios de subsistencia, y que no puede continuar con su actividad normal. Todos los damnificados son objeto de asistencia humanitaria (SNGR, 2024).

Emergencia: Es un evento que pone en peligro a las personas, los bienes o la continuidad de los servicios en la comunidad y que requieren una respuesta inmediata y eficaz a través de las entidades locales (COE, 2017).

Erosión Fluvial: Se refiere al desgaste y desprendimiento de material del lecho y laderas de los ríos por la acción de las corrientes de agua, cuando la energía del flujo de agua supera la resistencia del material del lecho y orillas del cauce. Este fenómeno amenazante puede presentarse por desgaste de las laderas del cauce (erosión lateral), por arranque y arrastre de material de lecho (profundización) y/o por la expansión gradual del proceso erosivo aguas arriba (erosión remontante) (UNGR, 2020)**.**

Escenario de afectación: Es un análisis técnico que describe, de manera general, las condiciones probables de daños y pérdidas que puede sufrir la población y sus medios de vida, ante la ocurrencia de eventos de origen natural, socio natural o antrópico donde se tenga en cuenta su intensidad, magnitud y frecuencia, así como las condiciones de vulnerabilidad que incluye la fragilidad, exposición y resiliencia de los elementos que conforman los territorios como: población, infraestructura, actividades económicas, entre otros (SGR, 2018).

Estado de Alerta: Situación o etapa de la amenaza que es declarado exclusivamente por la SGR, con la finalidad de comunicar la probable ocurrencia de una emergencia o desastre, para que los organismos operativos de emergencia activen sus procedimientos de acción preestablecidos (SGR, 2018).

Hidrología: Ciencia que trata de las propiedades mecánicas, físicas y químicas de las aguas marinas (hidrología marina u oceanografía) y continentales (hidrología fluvial o potam ología) (The free dictionary, 2009).

Hidráulico: La hidráulica es una rama de la física que se dedica al análisis del movimiento y del equilibro de los fluidos. Un fluido, a su vez, es un líquido o un gas: una sustancia cuyas moléculas se mantienen unidas mediante una fuerza de cohesión o atracción débil. Esto hace que los fluidos adopten la forma del contenedor donde se encuentran (Porto & Gardey, 2021)

Infraestructura urbana: Es la fuerza esencial por cual la resiliencia urbana puede actuar y responder a futuros desafíos presentados por la urbanización, el crecimiento de la población y el cambio climático. Apoyar un desarrollo sustentable e inclusivo incluye que las personas puedan tener acceso a servicios básicos a través del entendimiento, la operación y las redes del sistema urbano. (MINURVI, 2023)

Impacto del desastre: Es el efecto total de un suceso peligroso o un desastre, incluidos los efectos negativos y positivos, los impactos económicos, humanos y ambientales; puede incluir la muerte, las lesiones, las enfermedades y otros efectos negativos en el bienestar físico, mental y social (UNISDR, 2017).

Medidas Estructurales: Comprende toda construcción material, o la aplicación de técnicas de ingeniería con el objetivo de reducir o evitar el posible impacto de las amenazas y lograr la resistencia y resiliencia en estructuras o sistemas (UNISDR, 2017).

Medidas No Estructurales: Son las que no llevan construcciones materiales y se sirven de conocimientos, prácticas o disposiciones para reducir los riesgos de desastres y sus efectos, en particular mediante políticas y leyes, la concienciación pública, la capacitación y la educación (UNISDR, 2017)**.**

Mitigación: Disminución o reducción al mínimo de los efectos adversos de un suceso peligroso (UNISDR, 2017).

Micro Cuenca: Es un ámbito geográfico, hidrológico, económico, social y ambiental complementario con otros ámbitos. Hacia adentro, se complementa con la finca (familia) y comunidad (estructura social); hacia afuera, se complementa con ámbitos naturales, como la subcuenca y cuenca o ámbitos político-administrativos, como los municipios y departamentos (FAO, 2024)

Mitigación: Disminución o reducción al mínimo de los efectos adversos de un suceso peligroso (UNISDR, 2017).

Reconstrucción: Reedificación a mediano y largo plazo, incluye la restauración sostenible de infraestructuras vitales resilientes, servicios, viviendas, instalaciones y medios de vida necesarios para el pleno funcionamiento de una comunidad o sociedad afectada por un

desastre, siguiendo los principios del desarrollo sostenible y de “reconstruir mejor”, con el fin de evitar o reducir el riesgo de desastres en el futuro (GRD, 2020).

Recuperación: Restablecimiento o mejora de los medios de vida y la salud, así como de los bienes, sistemas y actividades económicas, físicas, sociales, culturales y ambientales de una comunidad o sociedad afectada por un desastre y que siga los principios del desarrollo sostenible y de “reconstruir mejor”, con el fin de evitar o reducir el riesgo de desastres en el futuro (OPS, 2021).

Resiliencia: Capacidad que tiene un sistema, una comunidad o una sociedad expuestos a una amenaza para resistir, absorber, adaptarse, transformarse y recuperarse de sus efectos de manera oportuna y eficiente, en particular mediante la preservación y la restauración de sus estructuras y funciones básicas (Klimsza, 2019).

Riesgo: Se define como la combinación de la probabilidad de que se produzca un evento y sus consecuencias negativas. Los factores que lo componen son la amenaza y la vulnerabilidad (CIIFEN, 2022).

Sub Cuenca: Conjunto de microcuencas que drenan a un solo cauce con caudal fluctuante pero permanente (GWP, 2011).

Víctima: Persona afectada que ha sufrido daño en su salud e integridad física o mental provocado por un evento peligroso, requiere básicamente atención en salud (SGR, 2023)

Vulnerabilidad: Vulnerabilidad son las características y las circunstancias de una comunidad, sistema o bien que los hacen susceptibles a los efectos dañinos de una amenaza. Con los factores mencionados se compone la siguiente fórmula de riesgo. (CIIFEN, 2022)

CAPITULO III.

METODOLOGÍA

3.1. Enfoque de la investigación

Las investigaciones mixtas se refieren a un enfoque que combina métodos cuantitativos y cualitativos en un mismo estudio. En lugar de emplear solo uno de estos métodos, ambos se integran y se usan de manera complementaria para abordar preguntas de investigación complejas y lograr una comprensión más integral del fenómeno en estudio. Los métodos mixtos buscan aprovechar las fortalezas de los enfoques cualitativos y cuantitativos para obtener una comprensión más profunda y completa de un problema de investigación. (Vilchez, 2024)

El proyecto recurrió a una investigación mixta dado que se trabajó con un enfoque cualitativo, para establecer el modelamiento hidrológico para el cálculo de caudales, en el modelamiento hidráulico para estimar calados y velocidades, así como, definir índices para niveles de amenaza de inundación; mientras que, en la parte cuantitativa, para analizar la exposición y posibles afectaciones en el complejo turístico a través de datos numéricos y análisis estadístico para obtener las áreas afectadas

3.2. Diseño de la investigación

No experimental

Según (Hernandez, 2014), las investigaciones no experimentales son “Estudios que se realizan sin la manipulación deliberada de variables y en los que sólo se observan los fenómenos en su ambiente natural para después analizarlos” (p.149).

La investigación no experimental será la metodología seleccionada para este documento, dado que no se intervendrá activamente en la manipulación de variables, sino que se analizará el entorno en su estado natural.

En este caso específico, se centrará en observar y evaluar las condiciones existentes relacionadas con la amenaza de desbordamiento y el impacto en el elemento expuesto. Se investigará detalladamente el grado de exposición al riesgo y la amenaza potencial que representa el desbordamiento, lo cual permitirá obtener un diagnóstico preciso sin alterar o modificar las condiciones naturales del entorno estudiado, que garantice así la objetividad y validez de los resultados.

3.3. Métodos de investigación

Método analítico

Se basa en un estudio científico enfocado en dirección hacia la experimentación directa y la lógica empírica. Mediante este método, se descompone en fragmentos el elemento o fenómeno a analizar para entender los elementos que lo componen. Esta herramienta te permitirá obtener características determinadas de tu objeto de estudio. En definitiva, el método analítico permitió comprender tanto de los errores como de los aciertos sobre la experimentación (Ortega, 2021).

En la presente investigación el método analítico se utilizó para descomponer la variable de la amenaza de inundación, y desintegrar los factores del componente hidrológico e hidráulico para de esta manera entender cuál es la amenaza del fenómeno de inundación, ya que el componente hidrológico nos permitió evaluar caudales, comportamientos y variaciones del río, que facilitó la gestión y planificación del recurso hídrico, también se descompondrá el componente hidráulico para determinar alturas velocidades y áreas susceptibles a inundación.

Método particular por alcance descriptivo

Según (Sampieri & Mendoza, 2021) el estudio por alcance tuvo como objetivo principal especificar las propiedades, características y perfiles de personas o cualquier otro fenómeno sometido a análisis. Este método recolecta datos de la variable de estudio y se miden “En este

tipo de estudio el investigador observa, describe y fundamentan varios aspectos del fenómeno, no existe la manipulación de las variables". (Soussa, Driessnack, & Costa, 2007).

En el presente trabajo se utilizó el método descriptivo, ya que se describió el fenómeno de inundación y los elementos expuestos, específicamente el nivel de exposición de la infraestructura del complejo turístico "Josefina Barba", con el objetivo de plantear estrategias de reducción.

Método transversal o de corte

Los diseños de investigación transeccional o transversal recolectan datos en un solo momento, en un tiempo único. Su propósito es describir variables y analizar su incidencia e interrelación en un momento dado (Hernandez Sampieri , 2014).

Un estudio transversal es un tipo de diseño de investigación observacional que analiza los datos de una población, o de un subconjunto representativo, en un momento determinado. Los estudios transversales se centran en encontrar relaciones y prevalencias dentro de una instantánea predefinida. Este método es especialmente útil para comprender el estado actual de un fenómeno o para identificar asociaciones entre variables sin inferir relaciones causales (Stewart, 2023)

Por consiguiente, el presente estudio es de tipo transversal ya que la investigación se desarrolló durante el periodo de septiembre a diciembre del año 2024.

3.4. Universo, población y muestra

En el trabajo de investigación no se consideró universo, población, ni muestra debido a que la investigación será en una institución turística llamada "Josefina Barba"; por lo tanto, la investigación se denominará unidad de investigación.

3.5. Técnicas e instrumentos de recopilación de datos y procesamiento de datos

Para la elaboración de este estudio se aplica métodos de recolección de datos, para poder cumplir con cada uno de los objetivos planteados:

Para el primer objetivo se utilizará como técnicas de recolección de datos la información secundaria, salidas de campo, levantamiento topográfico y la georreferenciación de datos, esto será procesado mediante el modelo hidrológico donde usaremos el método y software HEC-HMS para determinar o estimar caudales máximos para tiempos de retorno de 50 y 100años.

Además, para el modelo hidráulico se utilizará el software Iber, para obtener resultados calados, velocidades y área de inundación, posteriormente, estos resultados del modelamiento hidráulico serán representados en zonas de amenaza de inundación donde se usará los sistemas de información geográfica, a la vez este mapa será correlacionado con la localización del complejo turístico para determinar su grado de exposición.

Los mapas de inundación para cada período de retorno contendrán las bases de datos de calado, velocidad y calado por velocidad definidas para cada zona y nivel de amenaza. Los niveles de amenaza (alto, medio y bajo) de inundación a efectos del presente estudio constituyen los indicadores para la ponderación de la amenaza. Para determinar los niveles e índices ponderados de los factores de riesgo (amenaza, vulnerabilidad y exposición). Por consiguiente, los valores asignados a los indicadores por nivel de amenaza de inundación para la ponderación son: - Para zonas de nivel bajo su valor es 0,33 - Para zonas de nivel medio su valor es 0,67 - Para zonas de nivel alto su valor es 1,00 (Tabla 3)

Los resultados se muestran en las tablas 4,5, 6, 7, 8 y 9, y mapas de las diferentes zonas de la amenaza de inundación.

La siguiente tabla detalla los criterios para definir las zonas y los niveles de amenaza de inundación en el río Cristal, considerando periodos de retorno de 50 y 100 años. Se establecen tres categorías de amenaza: alta, media y baja, cada una definida por indicadores específicos como la altura de la lámina de agua (calado), la velocidad del flujo y el producto de ambos. Estos criterios permiten evaluar el riesgo potencial para las personas y las infraestructuras, así como las posibles afectaciones en cada nivel de amenaza.

Tabla 3: *Criterios para zonas y niveles de inundación con TR 50 Y 100 años en el rio Cristal.*

Zonas y niveles de amenaza de inundación	Indicadores	Posibles afectaciones
Zona de amenaza alta	Calados (y) = ≥ 1,00 m, velocidades (v) = ≥ 1,00 m/s, producto calado por velocidad (y*v) = ≥ 0,50 m²/s	Riesgo alto para personas y posibles daños graves a las infraestructuras.
Zona de amenaza media	Calados (y) = De 0,41 a 0,99 m, velocidades (v) = De 0,41 a 0,99 m/s, producto calado por velocidad (y*v) = De 0,081 a 0,49 m²/s	Afectaciones a las viviendas, los vehículos pueden perder adherencia, el arrastre objetos que pudieran afectar a la estabilidad y movilidad de las personas medio.
Zona de amenaza baja	Calados (y) = < 0,40 m, velocidades (v) = < 0,40 m/s, producto calado por velocidad (y*v) = < 0,080 m²	Presentaría afectaciones leves para las vidas humanas, podrían presentarse tropiezos, caídas u otras causas de poca importancia

Adaptado de: Paucar, 2016.

Para el segundo objetivo los datos obtenidos serán procesados a través de sistemas de información geográfico (SIG) donde se usará el software ArcGis para dibujar cada sección del complejo turístico y realizar una intersección con el mapa de inundación para calcular el grado de exposición y determinar en qué nivel se encuentra la amenaza (alta, media o baja), esto se representará mediante de tablas y cartografía temática, de la exposición del complejo turístico a una escala de 1,5000.

Para el desarrollo del tercer objetivo se recolecto información mediante revisión bibliográfica y salida de campo una vez realizado el modelamiento hidráulico e hidrológico y caracterizada la amenaza se determina algunas variables críticas que contribuye a la generación de inundaciones en función a los resultados obtenidos del objetivo uno y dos se propondrá estrategias de mitigación y su resultado será presentado en tablas con las medidas respectivas de reducción ya sean estructurales y no estructurales.

Para desarrollar la metodología realizamos una entrevista al administrador del complejo turístico Josefina Barba perteneciente al gobierno provincial de Bolívar, posteriormente se realiza salidas de campo para el reconocimiento del sector, puntos vulnerables, y así poder identificar la cuenca y sus afluentes, luego de esto realizar el cálculo de caudal a través del software HEC HMS, e considera los datos del libro Hidrología aplicada (Chow,1988) para definir las curvas de nivel y pendientes tomando en cuenta el ancho y la longitud del rio y sus afluentes para obtener caudales máximos y mínimos para tiempos de retorno de 50 y 100 años donde se considerara el peor escenario que es de 100 años con estos datos calculados se realiza la modelación en el software Iber donde se ingresa los caudales obtenidos

Con la ortofoto y el dem para poder desarrollar el modelo, identificando la vegetación, la infraestructura y el rio para la simulación donde se añade datos las entradas y salidas, también se

define si es crítico o sub critico la cuenca, definimos el tiempo de simulación añadiendo rugosidad ,mallado, uso de suelo y tiempo, corremos el modelamiento para la simulación con los datos ingresados donde obtendremos calados , velocidades para poder realizar el mapa de inundación en arcgis e identificar los elementos expuestos y zonas vulnerables del complejo Josefina Barba y así definir medidas estructurales y no estructurales, para mitigar el impacto de inundación.

CAPITULO IV.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Resultado del Objetivo 1. Caracterizar la amenaza de inundación del río Cristal en el complejo turístico Josefina Barba, mediante modelamiento hidrológico e hidráulico.

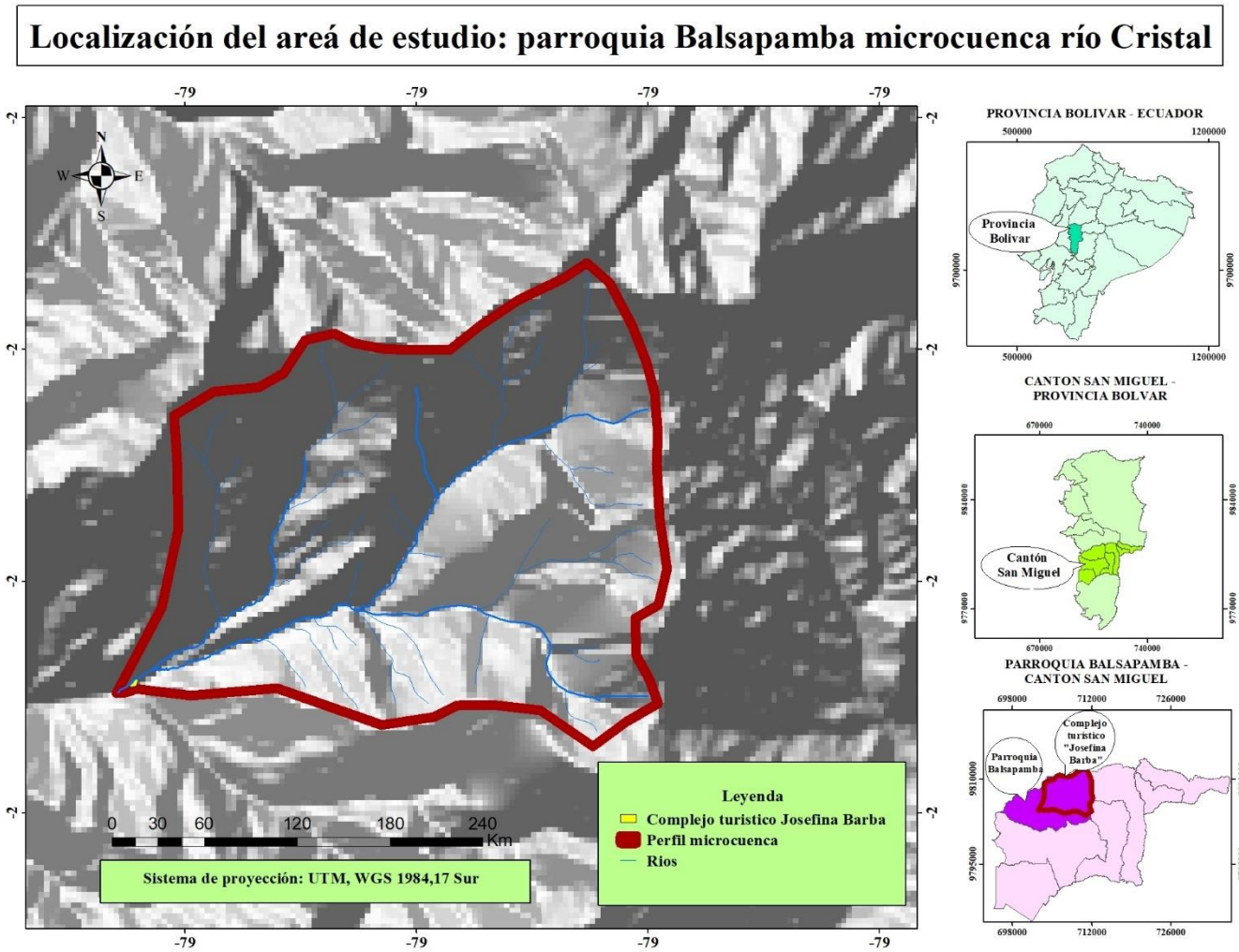
4.1.1. Caracterización de la micro cuenca

El área de estudio se ha desarrollado en la provincia de Bolívar, cantón San Miguel específicamente en la parroquia de Balsapamba, el área de influencia de la microcuenca del río Cristal, con una longitud de 12 km, perteneciente a la subcuenta del río Babahoyo, con aproximadamente 40 km afluente del río Las Juntas, San Pablo y Babahoyo, y continua a la cuenca del río Guayas, que cuenta con una longitud de 60 km.

Las microcuencas son parte de una cuenca hidrográfica que se dividen para mejorar el manejo de los recursos, entiéndase por quebradas, riachuelos que desembocan y alimentan a los ríos secundarios.

A continuación, se presenta la ubicación de la microcuenca del área de estudio:

Ilustración 2: *Mapa de localización del área de estudio*



Elaborado por: *Aldaz, M. y Rojas, K., 2024*

Una vez identificada la ubicación del área de estudio se procedió a realizar un análisis de las características de la cuenca hidrográfica:

Parámetros Morfométricos

El análisis de parámetros morfométricos es fundamental al momento de caracterizar una cuenca hidrográfica, ya que ayuda a determinar su geometría, estructura y comportamiento hidrológico ante diferentes eventos extremos, como en este caso el desbordamiento de río. En este estudio se analizó la evaluación de la microcuenca del río Cristal, con el objetivo de

determinar sus características geométricas y físicas, y establecer su susceptibilidad ante el desbordamiento.

Estos parámetros incluyen varios aspectos como el área y el perímetro de la cuenca, la longitud del cauce principal, el coeficiente de forma, entre otros.

En el caso del río Cristal, los estudios morfométricos se complementan con datos cartográficos, modelos digitales de elevación y análisis geoespaciales. Este trabajo destaca la importancia de integrar herramientas técnicas en la gestión de riesgos naturales, que promueva un enfoque preventivo y sostenible.

Los parámetros morfométricos físicos más importantes se detallan a continuación:

Tabla:

Tabla 4: *Características de la microcuenca*

Características de la microcuenca del río Cristal	**Valores**	**Unidad de medida**
Área de la cuenca (a)	53,753	km^2
Perímetro de la cuenca(p)	31,352	km
Longitud de la cuenca(l)	10,990	km
Longitud del cauce principal(l_p)	10,869	km
Longitud total de causes (l_t)	33,325	km
Cota inicial cauce principal	2800	m.s.n.m
Cota final cauce principal	800	m.s.n.m

Nota: *Parámetros de la microcuenca del río Cristal*
Elaborado por: *Aldaz, M. y Rojas, K., 2024*

El cuadro presentado describe las características geomorfológicas principales de la microcuenca del río Cristal, que ofrece datos clave para su análisis hidrológico, A continuación, se realiza una interpretación detallada de cada variable:

- La cuenca hidrográfica abarca un área total de 53,753 km², este dato refleja el espacio en el que se recolecta el agua proveniente de las precipitaciones, el tamaño del área es esencial para modelar el balance hídrico, prever caudales máximos y demás.
- Cuenta con un perímetro total de 31,352 km este dato se utilizó para calcular índices como el de compacidad, el cual indica la eficiencia de drenaje de la cuenca.

Índice de compacidad (Kc)

$$Kc = \frac{P}{2\sqrt{\pi a}}$$

$$Kc = \frac{31{,}352}{2\sqrt{\pi} * 53{,}753}$$

$$Kc \approx 1{,}35$$

Un índice mayor a 1 indica que una cuenca es más redonda, lo que sugiere un tiempo de respuesta más largo ante precipitaciones. Una cuenca alargada podría implicar menos riesgos de inundaciones repentinas, pero un flujo más sostenido en el tiempo.

- La longitud de esta cuenca es de 10,990km dicha longitud representa la distancia más larga entre el punto más alto y el más bajo de la cuenca. Este dato permite calcular el tiempo de concentración, es decir cuanto tarde el agua de una lluvia en desplazarse desde las zonas más alejadas hasta la salida de la cuenca.

- La longitud del cauce principal es de 10,869km y mide la distancia recorrida por el río desde su punto más alto hasta su desembocadura, es similar a la longitud de la cuenca, lo que sugiere que el río sigue su trayecto central y eficiente dentro de la cuenca.

Longitud total del cauce es de 33,325km donde incluye todos los ríos, arroyos y afluentes de la cuenca este dato es crucial para calcular la densidad de drenaje.

Densidad de drenaje (Dd)

$$Dd = \frac{Long\ total}{Area\ de\ la\ cuenca}$$

$$Dd = \frac{33{,}325}{53{,}753}$$

$$Dd \approx 0{,}62 km/\text{km}^2$$

Una densidad moderada indica un sistema de drenaje relativamente eficiente, con baja susceptibilidad a saturaciones rápidas del terreno.

La microcuenca del río Cristal presenta características que indican una topografía variada con un sistema de drenaje eficiente, su pendiente pronunciada favorece los flujos rápidos, lo que puede ser favorable para algunas actividades.

La tabla presenta datos sobre una distribución espacial dividida en 20 órdenes. Cada orden tiene un rango de cota min y máx., y se le asigna un área parcial y acumulada. Además, se calculan porcentajes del área respecto a una superficie total y el valor de CN.

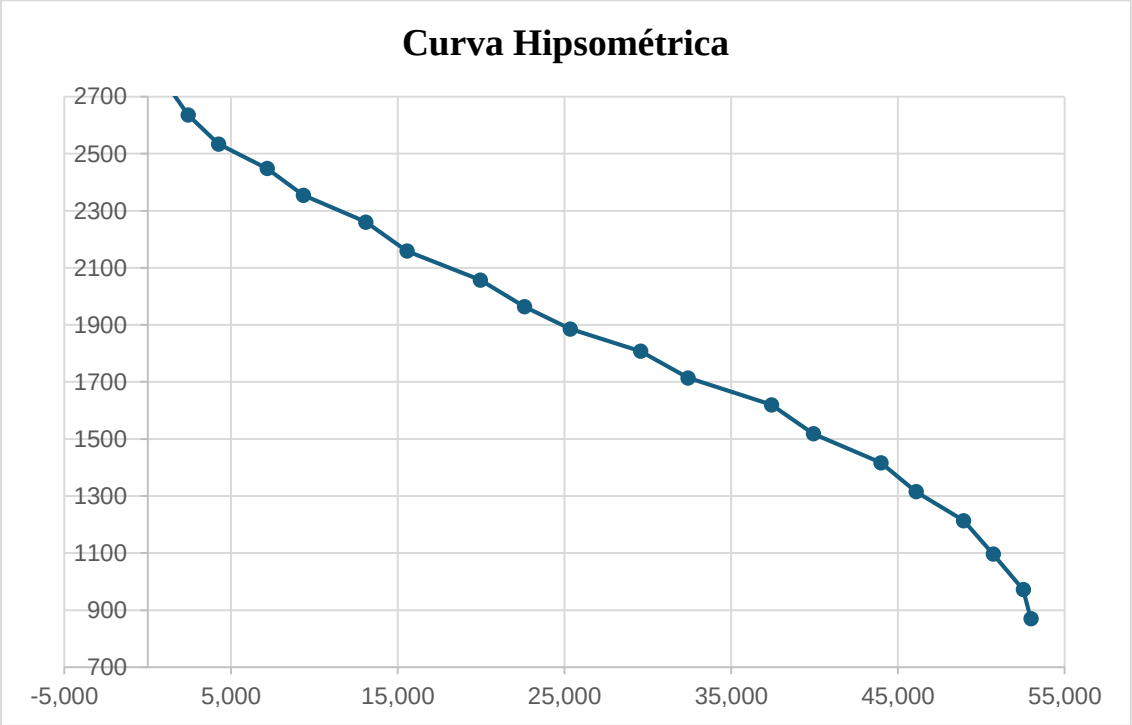
Tabla 5:*Tabla hipsométrica de la microcuenca del río Cristal.*

N orden	cota min	cota Max	área parcial (km2)	área acumulada (km2)	área sobre la superficie (km2)	% de área entre CN	% de área sobre CN
1	800,00	870,29	0,46	0,46	52,98	0,88	100,00
2	870,31	971,87	1,80	2,27	52,51	3,40	99,12
3	971,88	1096,86	1,77	4,04	50,71	3,35	95,72
4	1096,92	1214,05	2,85	6,89	48,94	5,38	92,37
5	1214,06	1315,62	2,11	9,00	46,09	3,99	86,99
6	1315,63	1417,18	4,05	13,05	43,97	7,64	83,01
7	1417,21	1518,74	2,52	15,57	39,92	4,75	75,36
8	1518,75	1620,30	5,00	20,56	37,41	9,43	70,61
9	1620,32	1714,06	2,85	23,42	32,41	5,39	61,18
10	1714,08	1807,79	4,22	27,64	29,56	7,96	55,79
11	1807,81	1885,93	2,74	30,38	25,34	5,17	47,83
12	1885,95	1964,06	2,66	33,03	22,60	5,01	42,66
13	1964,06	2057,80	4,40	37,43	19,94	8,30	37,65
14	2057,83	2159,37	2,46	39,89	15,55	4,65	29,35
15	2159,45	2260,93	3,76	43,65	13,09	7,10	24,70
16	2260,95	2354,69	2,16	45,81	9,33	4,08	17,60
17	2354,69	2448,44	2,92	48,74	7,16	5,52	13,52
18	2448,44	2534,37	1,81	50,55	4,24	3,42	8,00
19	2534,38	2635,91	1,96	52,52	2,43	3,71	4,58
20	2635,97	2800,00	0,46	52,98	0,46	0,87	0,87
Total			**52,97**			**100**	

Elaborado por: *Aldaz, M. y Rojas, K., 2024*

La curva hipsométrica es una representación gráfica que relaciona el área de una cuenca con su elevación. En este caso, la presente curva tiene forma cóncava hacia arriba, lo cual es típico de cuencas jóvenes o de relieve vigoroso, lo que indica que una gran parte del área de la cuenca se concentra en las partes altas del relieve.

Ilustración 3:*Curva Hipsométrica*



Elaborado por*: Aldaz, M. y Rojas, K., 2024*

Basándonos en las características de las curvas, podemos inferir que la microcuenca del río Cristal es una cuenca joven o de relieve juvenil. Ya que las cuencas jóvenes se caracterizan por:

Relieve accidentado: con pendientes pronunciadas y valles estrechos.

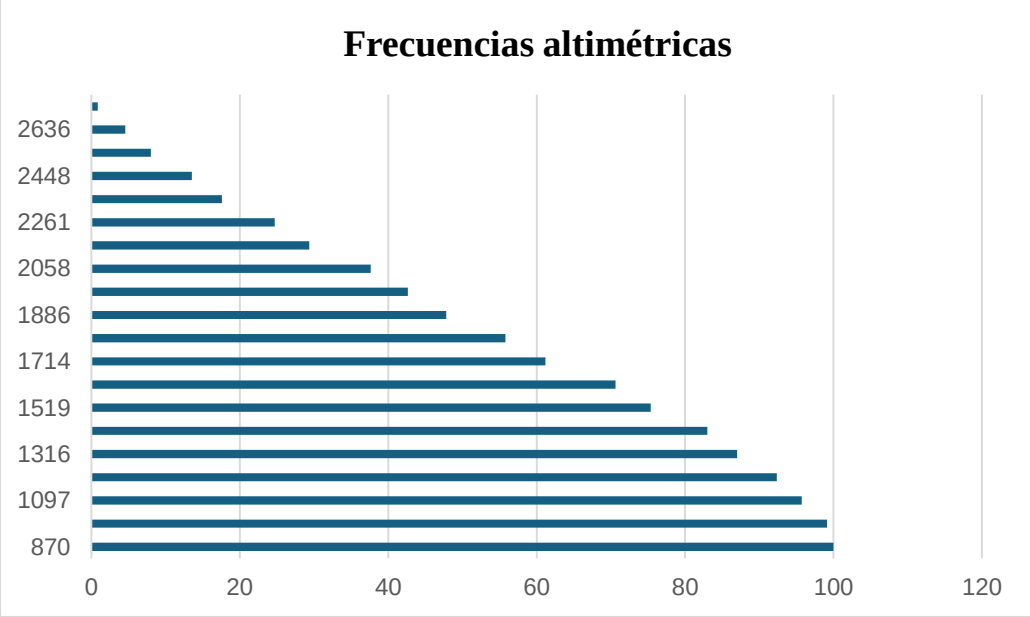
Erosión activa: los procesos erosivos son intensos, lo que da lugar a un relieve dinámico y en constante evolución

Red de drenaje poco desarrollada: los ríos suelen ser cortos y con un patrón de drenaje dendrítico y sub dendrítico.

Las cuencas evolucionan a través de diferentes fases de madurez, desde la juventud hasta la vejez, la cuenca del río Cristal, según las evidencias gráficas, se encuentra en una fase juvenil. En esta fase, la erosión es el proceso dominante y el relieve es muy accidentado.

El histograma de frecuencias altimétricas complementa la información de la curva hipsométrica. Al mostrar la distribución de las altitudes en las cuencas, confirma la predominancia de las áreas elevadas. Las barras más largas se concentran en las cotas más altas, lo que refuerza la idea de una cuenca con un relieve escarpado y una fuerte pendientes.

Ilustración 4: *Frecuencia de Altitudes*



Elaborado por*: Aldaz, M. y Rojas, K., 2024*

4.1.2. Modelamiento Hidrológico

Para realizar la simulación del modelamiento de utilizo principalmente el software HEC HMS ya que permite optimizar la gestión del recurso hídrico mediante análisis preciso.

Modelamiento hidrológico (HEC-HMS)

El modelo HEC (Hydrologic Engineering Center´s) – HMS (Hydrologic Modeling Sistem) es un software libre creado por el Cuerpo de Ingenieros del Ejército de Estados Unidos de Norteamérica que se utiliza para el cálculo de caudales en cuencas hidrográficas. Los

resultados son compatibles con Sistemas de Información Geográfica para representación cartográfica.

El manejo del modelo HEC - HMS se emplea para simular la respuesta hidrológica de una cuenca y se utilizó los siguientes componentes: modelos de cuenca, modelos meteorológicos, especificaciones de control y datos de entrada. La simulación calcula la transformación de lluvia a caudal en el modelo de la cuenca. Las especificaciones de control definen el periodo de tiempo durante el cual se realizará la simulación y el intervalo de tiempo a utilizar.

Los componentes de los datos de entrada, tales como las series temporales, tablas y datos por celdas son requeridos como parámetros o condiciones de contorno tanto en el modelo de la cuenca como en el modelo meteorológico. El modelo de la cuenca representa las características físicas y conecta los elementos meteorológicos e hidrológicos.

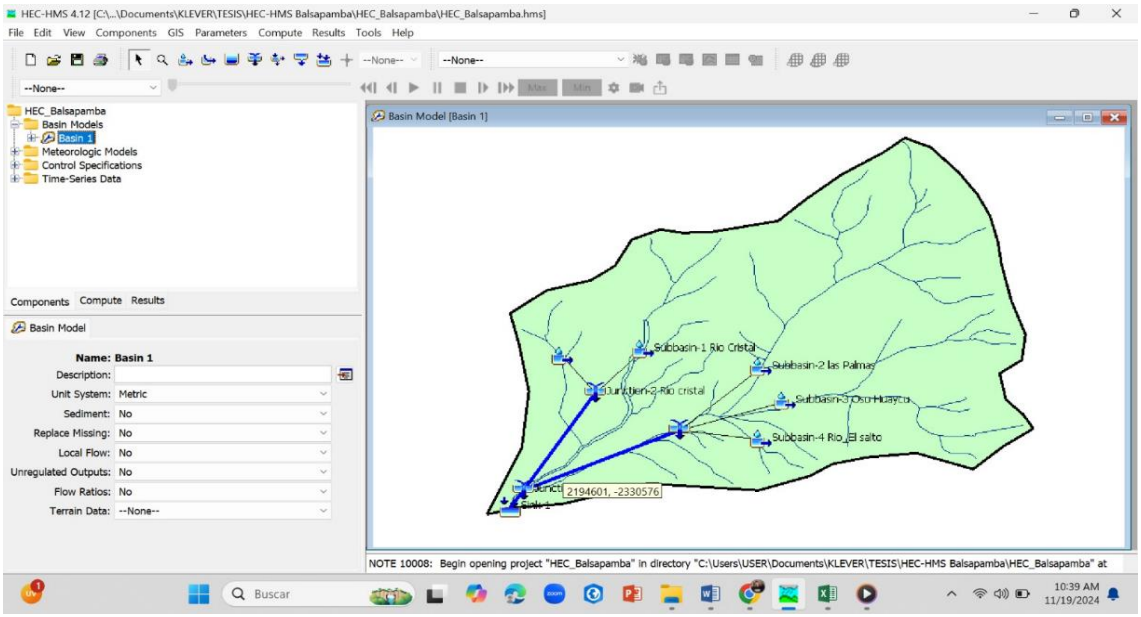
El modelo meteorológico calcula la entrada de precipitación que requiere un elemento de la subcuenca. Mientras que los elementos hidrológicos usan modelos matemáticos para describir los procesos físicos que se producen en la cuenca. (Paucar, y otros, 2014)

Con base a las características físicas de la microcuenca del río Cristal – San Miguel, se procedió a calcular los caudales máximos del río Cristal para los diferentes tiempos de retorno que son de 50 y 100 años en el software HEC – HMS.

El proceso metodológico se describe a continuación:

En el Software HEC-HMS se ingresó el polígono de la microcuenca del Cristal y se definió los afluentes, (Cristal, Las Palmas, Osohuaycu y el Salto) y la zona de interés para el estudio de inundación.

Ilustración 5: *Aplicación del modelo HEC - HMS para cálculo de caudales del río Cristal*



Elaborado por: *Aldaz, M. y Rojas, K., 2024*

Creación de elementos hidrológicos para cálculo de caudal

Una vez definido el mapa del modelo de la cuenca se establecieron los elementos hidrológicos necesarios para el cálculo del caudal máximo y defina las subcuentas para determinar las áreas de cada una e identificar los tramos y uniones al cauce principal, para la aplicación del modelo HEC HMS se consideró los datos del libro Hidrología aplicada (Chow,1988) para definir la curva CN III que fue la siguiente

$$n = \frac{23CN(II)}{10 + 0{,}13\ CN(II)}$$

$$n = \frac{23(80{,}5)}{10 + 0{,}13\ (80{,}5)}$$

Se aplicó el método de Bloques Alternados a partir de la información del INAMHI (2015) sobre las precipitaciones máximas en 24 horas de la estación meteorológica de San Pablo de

Atenas, donde se calcularon las precipitaciones efectivas y se elaboraron los hietogramas con tiempos de retorno de 50 y 100 años. Que se detalla en la siguiente tabla.

Tabla 6: *Método del bloque alterno para TR de 50 y 100 años*

Dur	**Intensidad (mm/h)**		**Prof Acum (mm)**		**Prof Incre (mm)**		**Intervalo de Tiempo**	**Precipitación (mm)**	
Min	Tr 50 años	Tr 100 años	Tr 50 años	Tr 100 años	Tr 50 años	Tr 100 años	min	Tr 50 años	Tr 100 años
15	67,1	75,2	16,8	18,8	16,8	18,8	0-15	2,1	2,4
30	45,4	51,3	22,7	25,6	5,9	6,8	15-30	3,1	3,5
45	34,5	38,9	25,9	29,2	3,1	3,5	30-45	16,8	18,8
60	28,3	32,0	28,3	32,0	2,5	2,8	45-60	5,9	6,8
75	24,4	27,5	30,4	34,4	2,1	2,4	60-75	2,5	2,8
90	21,5	24,3	32,3	36,4	1,8	2,1	75-90	1,8	2,1

Elaborado por: *Aldaz, M. y Rojas, K., 2024*

Se calculó el tiempo de retardo tlag (Lag time) que consiste en la distancia del centro de gravedad del hietograma hasta la caudal punta en cuencas naturales. Es la relación entre el tiempo de desfase en la caudal punta y el tiempo de concentración. Se aplicó la fórmula de Kirpich y los rangos de valores de la tabla 0,6

Tabla 7: *Lag-Time*

	Tc Minutos	**Lag=0,6*tc**
Cristal	90,20	54,12
Las Palmas	82,93	49,76
Oso huaycu	53,45	32,07
El Salto	63,22	37,93
	Lag Máximo	54,12

Elaborado por: *Aldaz, M. y Rojas, K., 2024*

Para el área de estudio se utilizó el valor de 0,6. El tiempo de retorno para la microcuenca El Cristal – Balsapamba = 0,60 * 90,20 = 54,12 minutos. Los valores calculados se introducen en el software de HEC – HMS, como resultado se generan los valores y gráficos de los hietogramas para los tiempos de retorno de 50 y 100 años

Resultados del Modelo HEC- HMS A partir de los resultados calculados en los hietogramas en el software HEC-HMS se genera la simulación y se calcula el caudal máximo para el río Cristal para cada tiempo de retorno (50 y 100 y), los resultados se representan en las siguientes figuras

Para tiempo de retorno de 50 años

Representación de los resultados de caudales máximos para TR 50 años para el río Cristal por el método HEC-HMS

Project: HEC_Balsapamba Simulation Run: Run 2

Start of Run: 11nov.2024, 00:00
End of Run: 11nov.2024, 06:00
Compute Time: DATA CHANGED, RECOMPUTE
Basin Model: Basin 1
Meteorologic Model: Met 1
Control Specifications: Control 1

Show Elements: All Elements | Volume Units: MM / 1000 M3 | Sorting: Watershed Explorer

Hydrologic Element	Drainage Area (KM2)	Peak Discharge (M3/S)	Time of Peak	Volume (MM)
Subbasin-1 Rio Cristal	15.4	27.9	11 November 2024, 01...	10.16
Subbasin-5 Rio cristal	15.4	27.9	11 November 2024, 01...	10.16
Junction-2 Rio cristal	30.7	55.9	11 November 2024, 01...	10.16
Subbasin-2 las Palmas	18.1	31.6	11 November 2024, 01...	9.22
Subbasin-3 Oso Huaycu	13.1	42.1	11 November 2024, 01...	13.49
Subbasin-4 Rio_El salto	6.9	25.8	11 November 2024, 01...	16.65
Junction-1 Rio_EL_Salto	38.0	96.1	11 November 2024, 01...	12.03
Reach-2 El Salto	38.0	95.6	11 November 2024, 01...	12.03
Reach-1 Rio Cristal	30.7	55.2	11 November 2024, 01...	10.16
Junction-3 Rio cristal	68.7	143.6	11 November 2024, 01...	11.19
Reach-3 Rio cristal fin	68.7	145.1	11 November 2024, 01...	11.19
Sink-1	68.7	145.1	11 November 2024, 01...	11.19

Aplicación de modelo HEC-HMS.
Elaborado por: *Aldaz, M. y Rojas, K., 2024*

El caudal máximo para TR 50 años por el método HEC-HMS es: 145,1 m3 /s

Para Tiempo de Retorno de 100 años:

Representación de los resultados de caudales máximos para TR 100 años para el río Cristal por el método HEC-HMS

Project: Project 3 retorono 100 Simulation Run: Run 3 100

Start of Run: 11nov.2024, 00:00 Basin Model: Basin 1
End of Run: 11nov.2024, 06:00 Meteorologic Model: Met 1
Compute Time: DATA CHANGED, RECOMPUTE Control Specifications: Control 1

Show Elements: All Elements Volume Units: MM 1000 M3 Sorting: Watershed Explorer

Hydrologic Element	Drainage Area (KM2)	Peak Discharge (M3/S)	Time of Peak	Volume (MM)
Subbasin-1 Rio Cristal	15.4	35.7	11 November 2024, 01:45	12.98
Subbasin-5 Rio cristal	15.4	35.7	11 November 2024, 01:45	12.98
Junction-2 Rio cristal	30.7	71.5	11 November 2024, 01:45	12.98
Subbasin-2 las Palmas	18.1	40.8	11 November 2024, 01:45	11.90
Subbasin-3 Oso Huaycu	13.1	52.6	11 November 2024, 01:15	16.72
Subbasin-4 Rio_El salto	6.9	31.3	11 November 2024, 01:30	20.20
Junction-1 Rio_EL_Salto	38.0	120.1	11 November 2024, 01:30	15.06
Reach-2 El Salto	38.0	119.7	11 November 2024, 01:30	15.06
Reach-1 Rio Cristal	30.7	70.7	11 November 2024, 01:45	12.98
Junction-3 Rio cristal	68.7	180.9	11 November 2024, 01:45	14.13
Reach-3 Rio cristal fin	68.7	182.8	11 November 2024, 01:45	14.13
Sink-1	68.7	182.8	11 November 2024, 01:45	14.13

Aplicación de modelo HEC-HMS.
Elaborado por: *Aldaz, Rojas,2024*

El caudal máximo para TR 100 años por el método HEC-HMS es: 182,8 m3 /s

Resumen de resultados de cálculo de caudales por el Modelo HEC-HMS en el río Cristal

Los resultados del cálculo de caudales máximos con tiempos de retorno obtenidos mediante el Modelo HEC-HMS para el río Cristal se resumen en la siguiente tabla:

Tabla 8: *Resumen de cálculo de caudales máximos por método HEC-HMS para el río Cristal.*

Tiempo de Retorno TR -(años)	**Caudal máximo Método HMS (Kirpich, tg = 0,6)**
50 años	145,2 m3/s
100 años	182,8 m3/s

Elaborado por: *Aldaz, M. y Rojas, K., 2024*

Al comparar los resultados de la aplicación del método con base al criterio de seguridad y el peor escenario para la evaluación de la amenaza de inundación se consideraron trabajar para el Tiempo de retorno de 100 años caudal máximo calculado por el Método HEC - HMS por tener los valores de caudal más alto. Estos valores serán utilizados para el modelamiento del componente hidráulico. Para más detalles del proceso hidrológico revidar el anexo 1.

4.1.3. Modelamiento Hidráulico

Modelamiento hidráulico (IBER)

Iber es un modelo numérico de simulación de flujo turbulento en lámina libre en régimen no permanente, y de procesos medioambientales en hidráulica fluvial, desarrollado en colaboración por el Grupo de Ingeniería del Agua y del Medio Ambiente, GEAMA (Universidad de A Coruña, UDC) y el Instituto FLUMEN (Universitat Politècnica de Catalunya, UPC, y Centro Internacional de Métodos Numéricos en Ingeniería, CIMNE), en el marco de un Convenio de Colaboración suscrito entre el CEDEX y la Dirección General del Agua.

El modelo Iber surgió inicialmente como respuesta al interés mostrado por el Centro de Estudios Hidrográficos del CEDEX en disponer de una herramienta que facilite la aplicación de

la legislación sectorial vigente en materia de aguas, especialmente en los requerimientos derivados de la Directiva Marco del Agua, la Instrucción de Planificación Hidrológica, la Directiva de Inundaciones o el Plan Nacional de Calidad de las Aguas. (Gomez & Martinez, 2014).

Modelización hidráulica a partir del software IBER en el río Cristal

Luego de seleccionar e importar trazamos el área de estudio donde se definió los parámetros como los límites del suelo y se agregó elementos, como ríos y estructuras, esto asegura una representación clara de la topografía y las características del terreno, donde se identificó las entradas y salidas del caudal.

Ilustración 6: *Área de Estudio*



Elaborado por: *Aldaz, M. y Rojas, K., 2024*

Generación de la malla

Se creó una malla numérica, y se eligió el tipo de suelo triangular o cuadrangular. El tamaño de los elementos se ajustó según la precisión requerida en áreas de mayor interés, como cauces o infraestructuras críticas.

Ilustración 7: *Mallado*

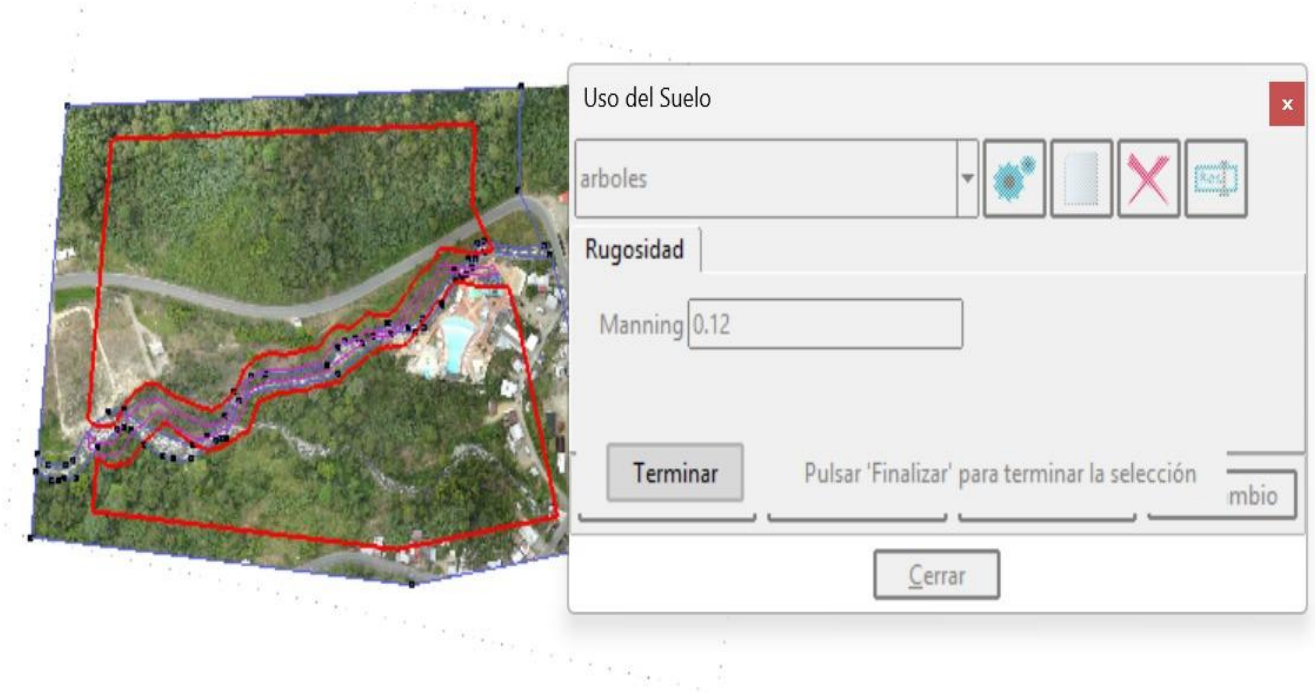


Elaborado por: *Aldaz, Rojas,2024*

Configuración de condiciones

Se definieron las condiciones iniciales, incluyendo el nivel del agua o caudal, así como las condiciones de contorno, como entrada, salida y límites del sistema. Además, se especificaron los parámetros hidráulicos y ambientales relevantes, tales como coeficientes de rugosidad, características del flujo, variaciones en la topografía y posibles efectos externos.

Ilustración 8: *Condiciones de Caudal*

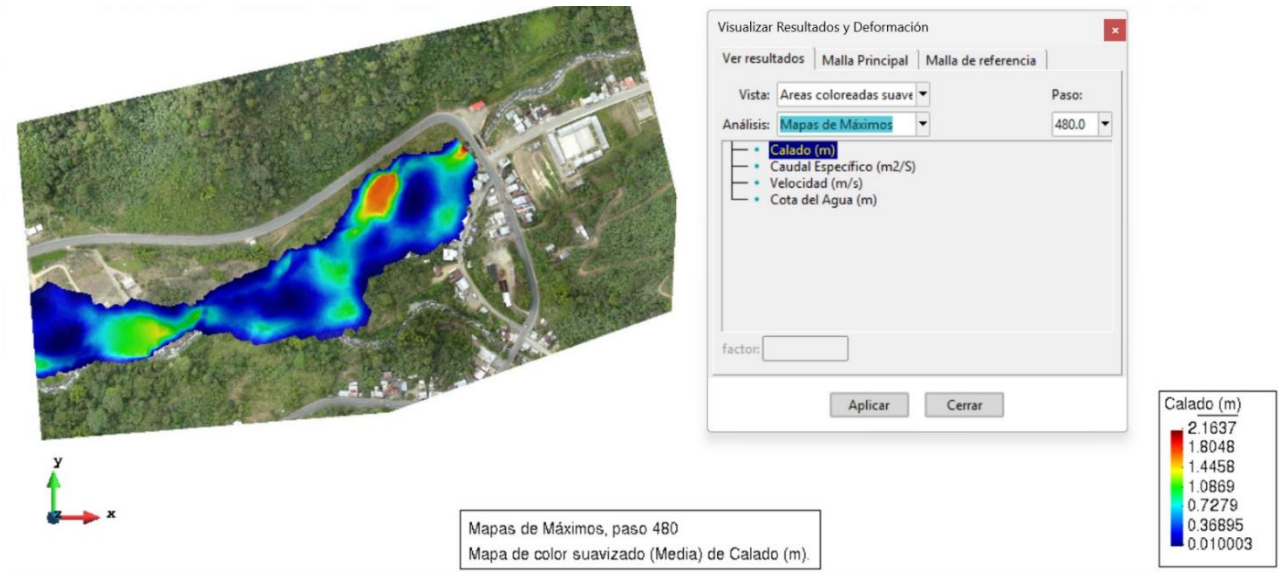


Elaborado por: *Aldaz, Rojas,2024*

Simulación del modelo

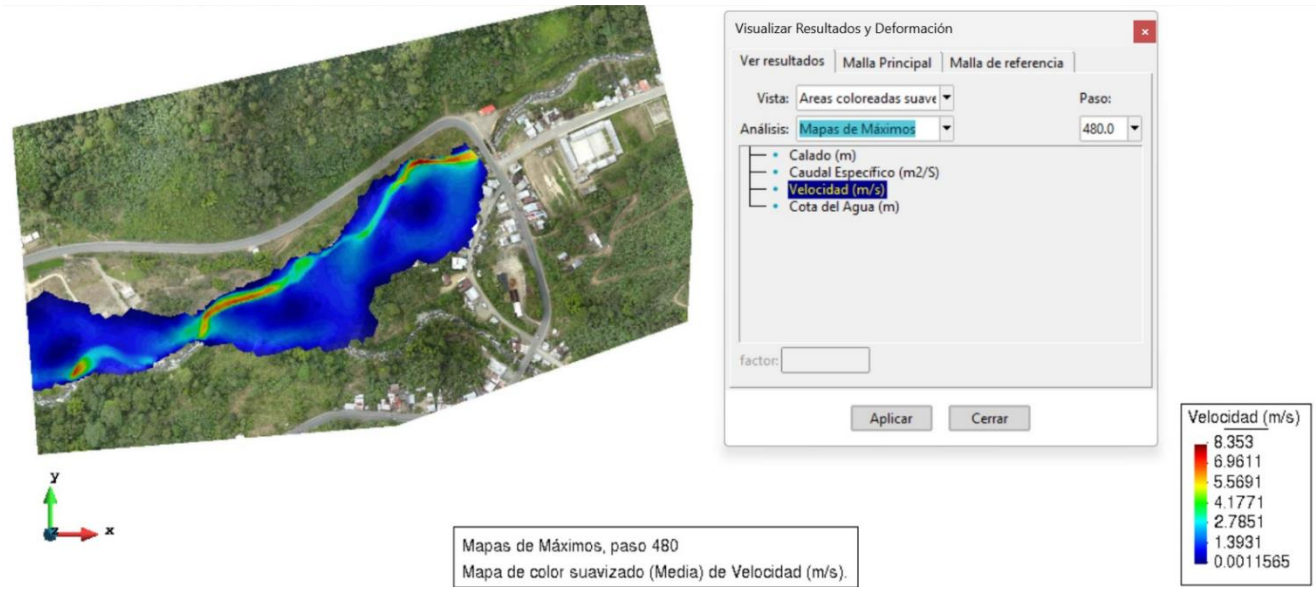
Se seleccionó el tipo de simulación considerando variables como calado y velocidades, y se realizaron ajustes a los parámetros temporales para garantizar su precisión. Posteriormente, se ejecutó el cálculo, asegurando que el modelo convergiera de manera adecuada, permitiendo obtener resultados fiables y representativos de las condiciones hidráulicas analizadas.

Ilustración 9: *Modelación TR 50 años (Calado)*



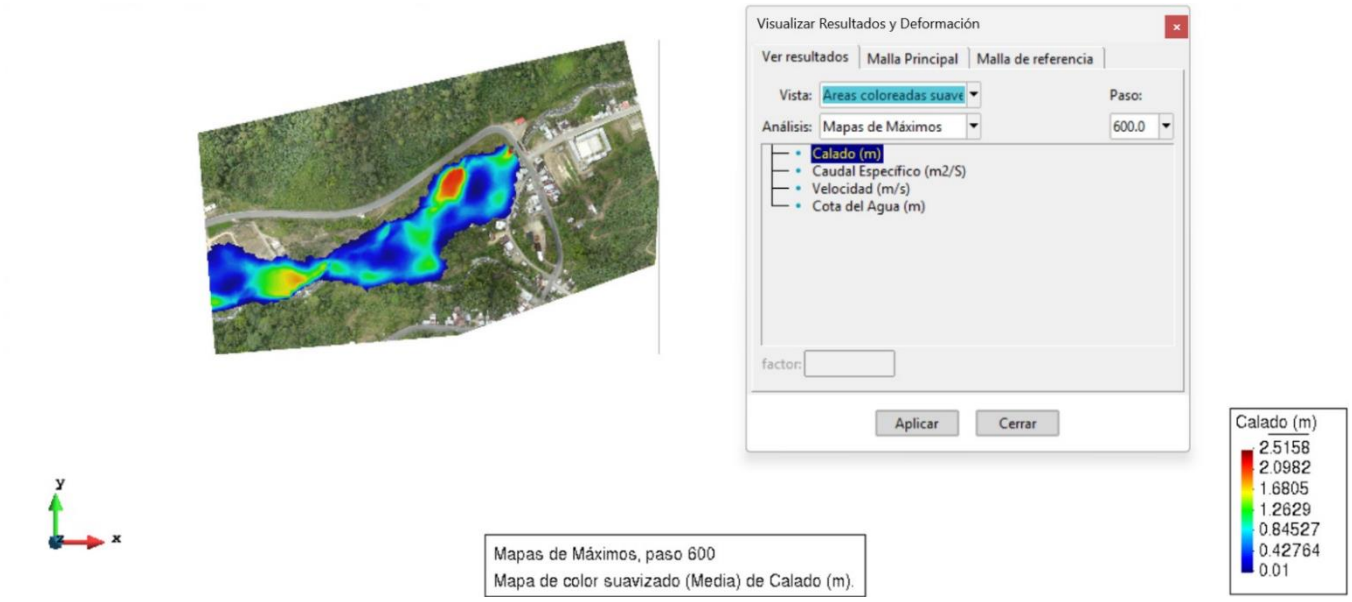
Elaborado por: *Aldaz, M. y Rojas, K., 2024*

Ilustración 10: *Modelación TR 50 años (Velocidades)*



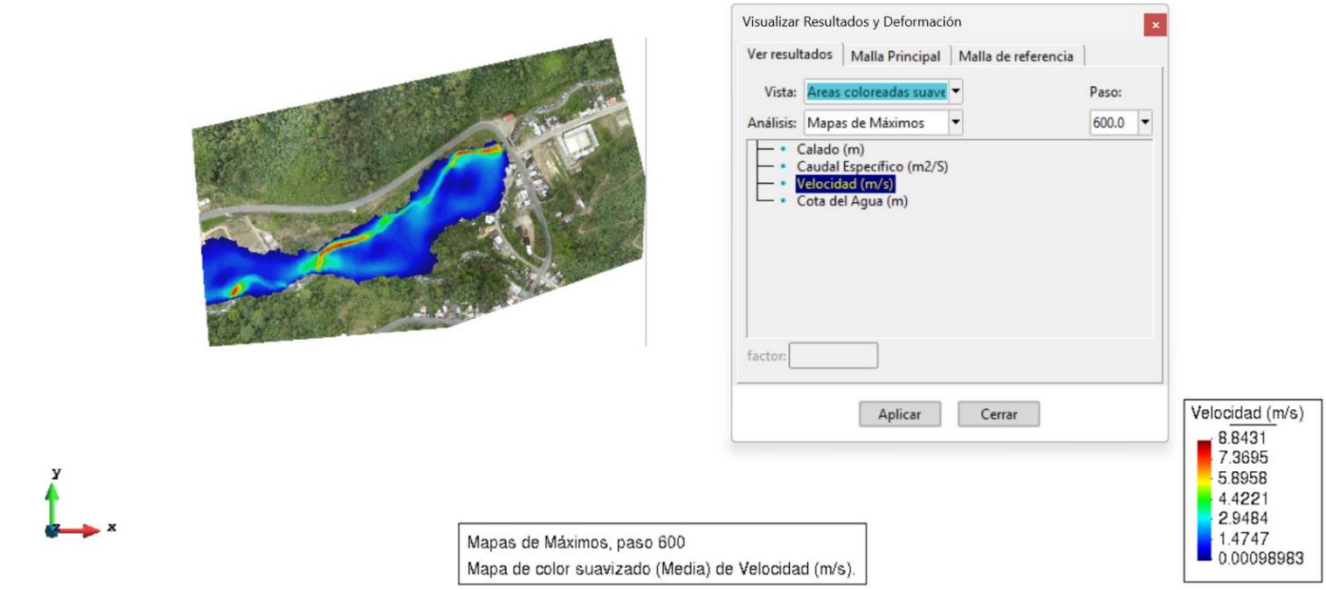
Elaborado por: *Aldaz, M. y Rojas, K., 2024*

Ilustración 11: *Modelación TR 100 años (calado)*



Elaborado por: *Aldaz, M. y Rojas, K., 2024*

Ilustración 12:*Modelación TR 100 años (Velocidades)*



Elaborado por: *Aldaz, M. y Rojas, K., 2024*

4.2. Resultado Objetivo 2: Determinar la zonificación de la amenaza de desbordamiento del río, para la identificación de una posible afectación al complejo turístico.

4.2.1. Zonificación de la amenaza de inundación

El modelamiento hidrológico nos ayuda a realizar un análisis del comportamiento del agua, donde nos proporciona las bases para zonificar la amenaza que detallamos a continuación:

a). amenaza de inundación para TR 50 y 100 años

Luego de obtener la imagen ráster georreferenciada en formato TIF con valores de calados (m) y velocidades (m/s) para los diferentes tiempos de retorno de 50 y 100 años para el área de estudio (río Cristal).

Estos valores se llevaron al software ArcGis donde se multiplico calado por velocidad y se obtuvo el resultado en m^2/s.

Para establecer el índice ponderado de la amenaza de inundación para cada zona se adapto de (Paucar J. , 2016) donde asignó el valor máximo, es decir para la zona de nivel alto un valor de 1,0, a 0,67 para la zona de amenaza media el valor de 0,66, a 0,34 para la zona de nivel bajo el valor 0,33 a 0,00.

Las afectaciones potenciales evidenciadas destacan la importancia de las estrategias de planificación urbana y el uso de tecnología para monitorear los indicadores en tiempo real. Por ejemplo, en zonas de amenaza alta, es fundamental garantizar sistemas de drenaje eficientes y refugios seguros. Mientras tanto, las áreas con amenaza media y baja pueden priorizar estrategias de prevención para evitar que progresen a niveles más altos de riesgo.

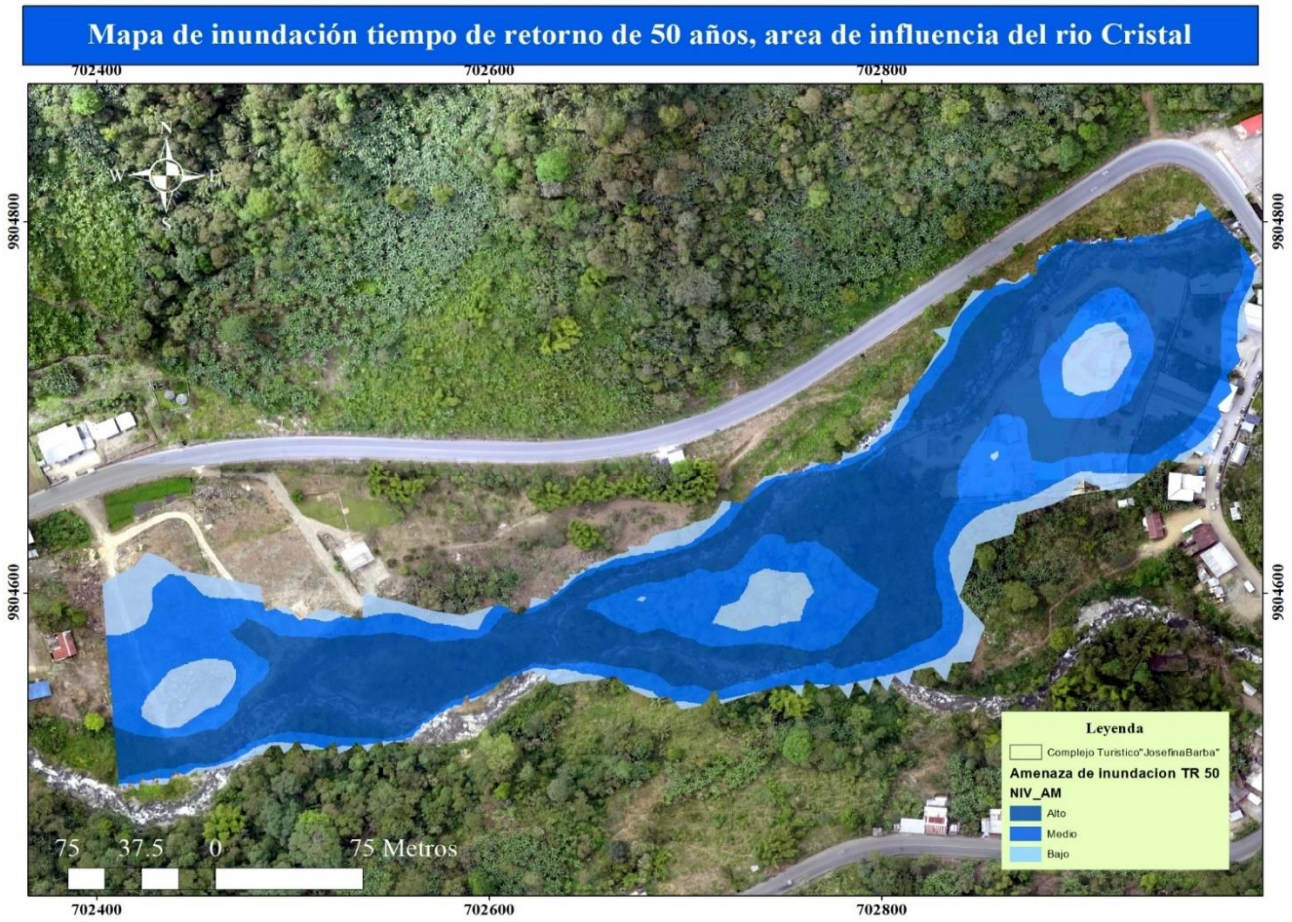
Este análisis enfatiza la importancia de conocer los niveles de amenaza de inundación para proteger tanto a las personas como a la infraestructura.

A continuación, se presentan los resultados de las áreas, índice ponderado, nivel y mapa de amenaza de inundación por tiempos de retorno de 50 y 100 años en el área de estudio.

Los mapas presentados muestran las áreas de inundación para el río Cristal con tiempos de retorno (TR) de 50 y 100 años. Ambos mapas destacan las zonas de riesgo en tres niveles de amenaza: alta, media y baja, representadas en distintos tonos de color azul.

El mapa presentado representa las áreas afectadas por un evento de inundación con un tiempo de retorno de 50 años en la zona de influencia del río Cristal. Este análisis se utiliza para evaluar riesgos de inundación y establecer planes de mitigación y gestión territorial.

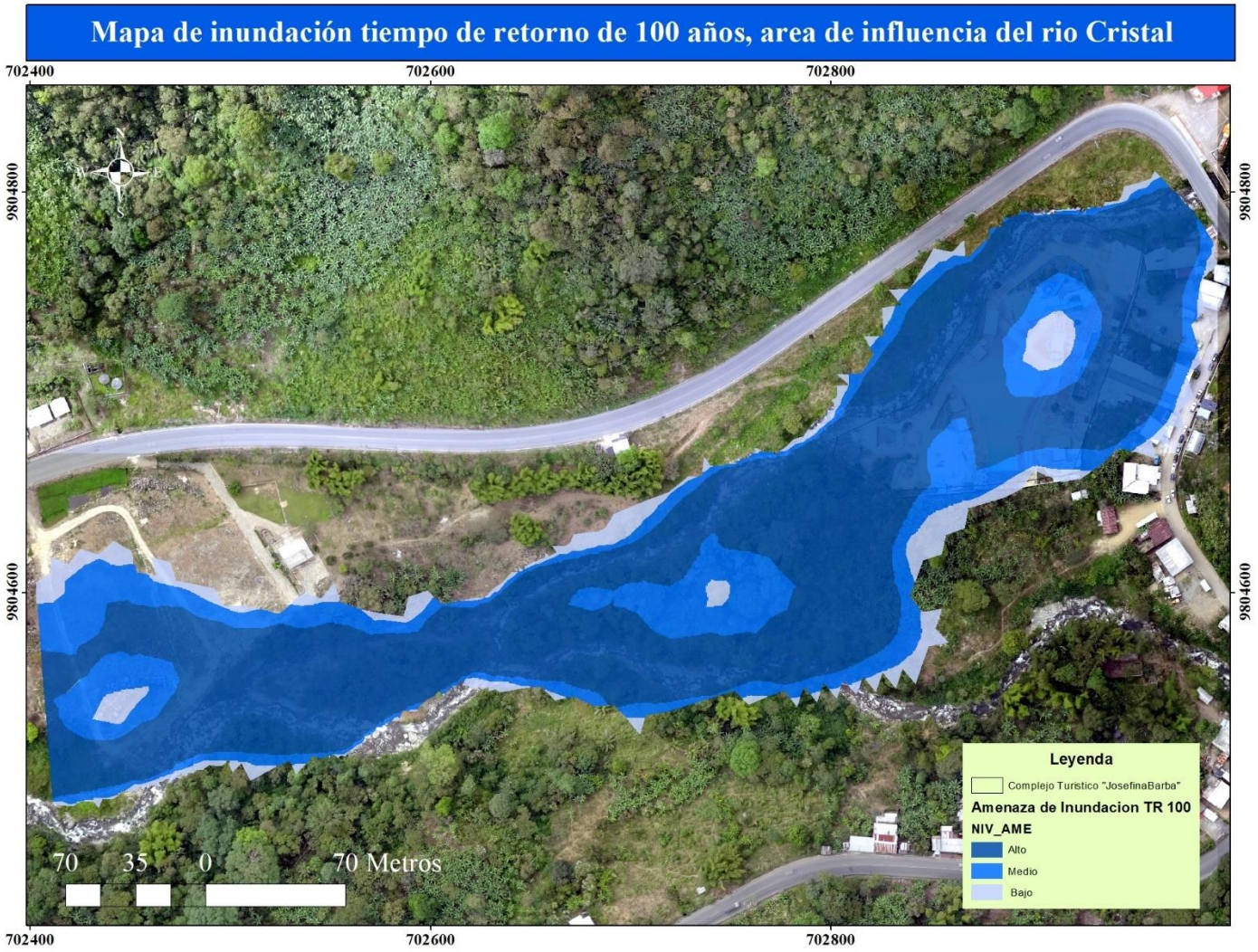
Ilustración 13: *Mapa de inundación con TR50 años en el río Cristal*



Elaborado por: *Aldaz, M. y Rojas, K., 2024*

El mapa presentado representa las áreas afectadas por un evento de inundación con un tiempo de retorno de 100 años en la zona de influencia del río Cristal. Este análisis se utiliza para evaluar riesgos de inundación y establecer planes de mitigación y gestión territorial.

Ilustración 14:*Mapa de inundación con TR100 años en el río Cristal*



Elaborado por: *Aldaz, M. y Rojas, K., 2024*

En cuanto a el área de cobertura de inundación:

El mapa de TR 100 años se trabajó con un caudal máximo de 182,8 m3/s que abarca una mayor extensión de áreas inundables en comparación con el mapa de TR 50 años donde se ingresó el dato de caudal máximo de 145,2 m3/s.

Esto se observa especialmente en las zonas cercanas al cauce principal y áreas planas adyacentes. En el mapa de TR 50 años, las áreas de inundación están más restringidas, y se muestra un menor alcance del agua hacia las zonas altas.

Para la distribución de los niveles de amenaza el mapa de TR 100 años, las zonas de amenaza alta (tonos más oscuros) son más extensas, especialmente en las zonas más cercanas al río y áreas con menor pendiente. Esto indica un mayor riesgo para infraestructuras o comunidades en esas áreas.

El mapa de TR 50 años representa áreas de amenaza como la alta que representa un tramo más reducido, con un predominio de zonas de amenaza media y baja en comparación con el escenario de TR 100 años.

Por lo tanto, las zonas urbanizadas y la carretera mostradas en ambos mapas se ven afectadas en mayor proporción bajo el escenario de TR 100 años. Esto resalta la necesidad de planificación para proteger estas áreas críticas frente a eventos extremos.

4.2.2. zonas y niveles de inundación con TR 50 y 100 años en el rio Cristal

Las zonas y niveles de inundación se presentan a continuación luego de haber obtenido calados, velocidades en el software iber y haber hecho los cálculos en ArcGIS de calados por velocidades, así se determinó el área en ha y en qué porcentaje se encuentra de cada una de las zonas de amenaza inundación.

		TR 50 años		TR 100 años	
Zonas y Niveles de Amenaza de Inundación	**Indicadores**	**Área en km2**	**Porcentaje**	**Área en km2**	**Porcentaje**
Zona de Amenaza Alta	Calados: igual o mayor a 1.00 m, Velocidades: igual o mayor a 1,00 m/s, Producto calado por velocidad: igual o mayor a 0,50 m²/s	0,3137	52,86%	0,0418	67.15%
Zona de Amenaza Media	Calados: De 0,41 a 0,99 m, Velocidades: De 0,41 a 0,99 m/s, Producto calado por velocidad: De 0,081 a 0,49 m²/s	0,1917	32.30%	0,0151	24.25%
Zona de Amenaza Baja	Calados: Igual o menor que 0,40m, Velocidades: igual o menor que 0,40 m/s, Producto calado por velocidad igual o menor que 0,080 m²/s	0,0088	14.84%	0,0053	8.60%
	Total	0,5142	100%	0,0623	100%

4.2.3. Exposición del complejo turísticos "Josefina Barba"

Comparado el mapa de tiempos de retorno de 50 y 100 años no se encontró diferencias grandes por lo que se consideró el peor escenario que sería de tiempos de retorno de 100

Por lo tanto en una inundación dentro del complejo turístico "Josefina Barba", los servicios básicos como el agua potable y la energía eléctrica se verían gravemente afectados. La acumulación de agua y sedimentos podría dañar la infraestructura de abastecimiento de agua, provocando interrupciones en el suministro o contaminación del recurso. De igual manera, el

sistema eléctrico podría sufrir fallas debido a la exposición de cables y equipos a la humedad, lo que aumentaría el riesgo de cortocircuitos y apagones. Estas afectaciones impactarían directamente en la operatividad del complejo, dificultando la prestación de servicios y la seguridad de los visitantes.

Análisis general de las zonas expuestas del complejo turístico "Josefina Barba"

El cuadro presenta un análisis de las zonas expuestas del Complejo Turístico "Josefina Barba", donde indica algunas características específicas como el área afectada, el nivel de amenaza, la altura del calado (profundidad del agua) y la velocidad del flujo (m/s). Este análisis permite evaluar los riesgos asociados con una posible inundación y conocer los probables impactos sobre las instalaciones.

El tamaño de las áreas afectadas varía significativamente, desde pequeñas zonas como las cabañas (11,81 m²) hasta áreas más extensas como la piscina con olas B (874,98 m²). Las áreas más grandes están principalmente en instalaciones recreativas, como espacios abiertos, mientras que las más pequeñas incluyen los baños y las áreas de mantenimiento.

El nivel de amenaza en las instalaciones con mayor riesgo, se encuentran áreas de uso intensivo como las piscinas artificiales, duchas y la cancha de voleibol. Esto implica una vulnerabilidad significativa en zonas clave para las operaciones turísticas.

Mientras que, en zonas como el restaurante y algunos vestidores, predomina un riesgo moderado, y las áreas menos afectadas, son el "Área de la Virgen" y el área de mantenimiento A.

El calado máximo identificado en el Local 3, que indica una acumulación de agua considerable. Este nivel representa un riesgo elevado para la integridad estructural y la seguridad humana, comparado con zonas como el área de mantenimiento A tienen calados bajos, que indica menor afectación.

Sin embargo, algunas de las zonas críticas como las piscinas artificiales (A y B) y áreas como la cancha de voleibol presentan calados altos superiores a 1 metro, lo que sugiere que estas instalaciones serían seriamente afectadas en un evento de inundación.

Las áreas con alto riesgo (calados y velocidades altas) coinciden con instalaciones clave para los visitantes, como las piscinas, cabañas y duchas. Lo que genera pérdidas económicas para el complejo turístico de aproximadamente $ 1,275 semanal teniendo en cuenta que ingresan al centro turístico aproximadamente 350 personas adultas y 150 niños, exceptuando días feriados festividades locales. Por esto surge la necesidad urgente de mitigación en estas zonas para proteger tanto a los usuarios como las estructuras del completo turístico.

A continuación, en la tabla se detallan las zonas expuestas:

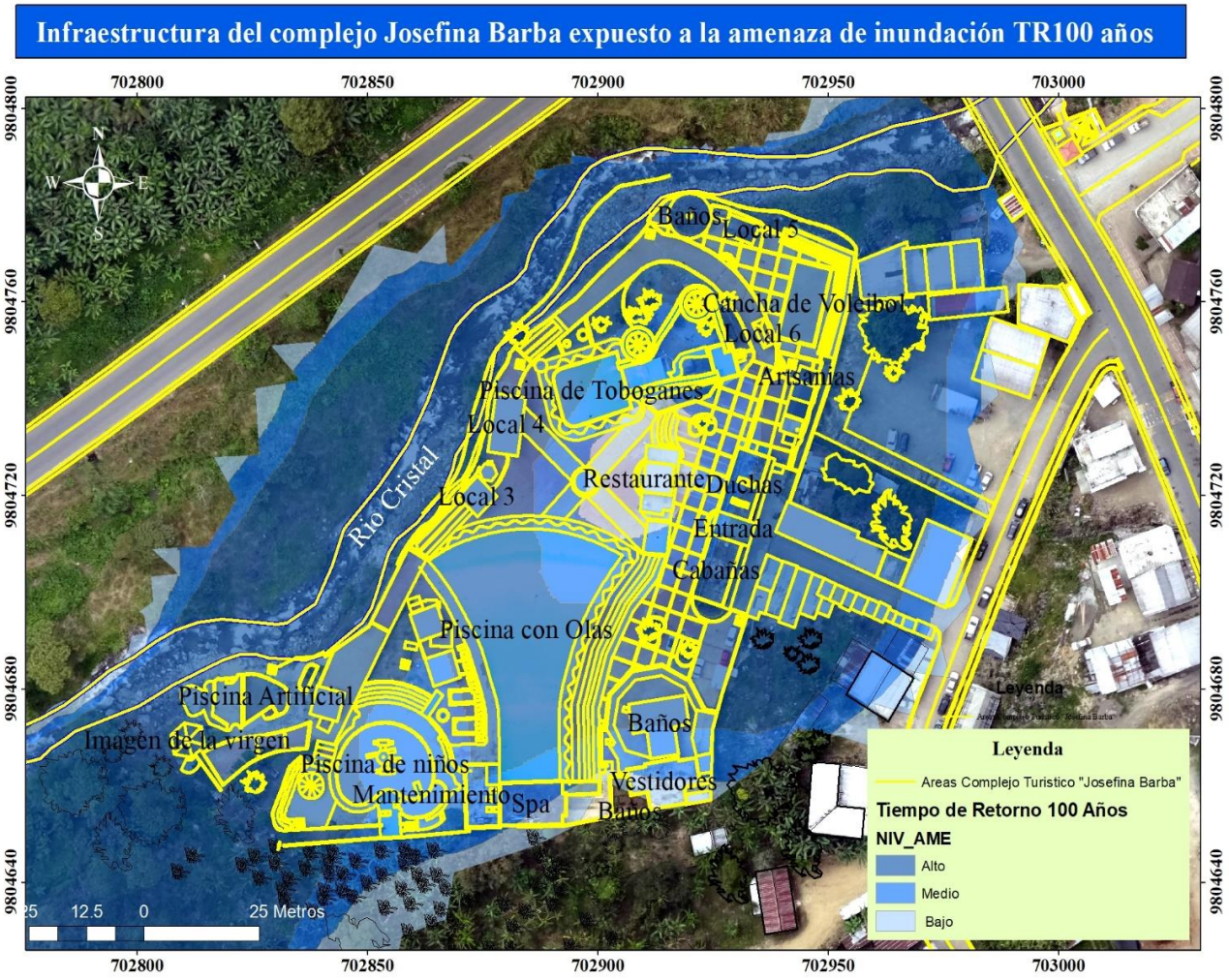
Tabla 9: *Zonas expuestas del complejo turístico Josefina Barba*

Zonas Expuestas del Complejo Turístico "Josefina Barba"	Área (m^2)	Nivel de Amenaza	Altura Calado (m)	Velocidad (m/s)
Área de la Virgen	39,10	Alto	0,8806	2,4790
Área de Mantenimiento A	76,17	Medio	0,3013	1,0600
Área de Mantenimiento B	17,05	Alto	0,4260	1,2528
Baños Principales A	41,10	Medio	0,3348	1,1665
Baños Principales B	68,67	Alto	0,4565	1,5545
Baños secundarios	67,25	Alto	0,8411	3,1449
Bar	39,65	Bajo	0,0334	0,3946
Boletería	29,32	Alto	0,5709	1,2945
Cabañas A	80,90	Alto	0,4897	1,3713
Cabañas B	11,81	Medio	0,3866	1,1664
Cancha de Vóleibol	141,29	Alto	0,8470	2,4033

Piscina Artificial	55,29	Alto	1,1943	2,8842
Duchas A	57,28	Medio	0,3608	1,0465
Duchas B	48,38	Alto	0,4950	1,2394
Entrada	13,02	Medio	0,3854	1,1217
Local 1 A	28,14	Medio	0,3820	1,1214
Local 1 B	8,50	Alto	0,4556	1,1774
Local 2	36,64	Alto	0,7788	1,1317
Local 3	35,72	Alto	1,9649	0,4909
Local 4	79,18	Alto	2,0384	0,7419
Local 5	28,27	Alto	0,8041	2,8056
Local 6	14,80	Alto	0,5485	1,7083
Local de artesanías	14,49	Alto	0,7684	1,7945
Piscina de toboganes A	69,94	Alto	1,0999	1,3303
Piscina de toboganes B	103,87	Medio	0,4571	1,2102
Piscina con olas A	250,09	Medio	0,2348	1,2771
Piscina con olas B	874,98	Alto	0,8186	1,7668
Piscina Pequeña	29,45	Medio	0,2577	1,2783
Piscina de niños A	62,08	Alto	0,4248	1,4193
Piscina de niños B	183,91	Medio	0,3241	1,1534
Spa A	35,45	Bajo	0,1014	0,4609
Spa B	83,41	Medio	0,3051	1,0110
Vestidores A	61,08	Bajo	0,0995	0,4678
Vestidores B	46,36	Medio	0,1819	0,7087

Elaborado por: *Aldaz, M. y Rojas, K., 2024*

Ilustración 15: *Mapa de infraestructura del complejo turístico Josefina Barba*



Elaborado por: *Aldaz, M. y Rojas, K., 2024*

4.3. Resultado Objetivo 3: Establecer medidas estructurales y no estructurales para la reducción del impacto por el desbordamiento del río.

A partir de los resultados del objetivo 1 se pudo determinar que los elementos del complejo turístico Josefina Bárbara en su mayoría se encuentran en el nivel de exposición de amenaza media, alta elementos (media y alta), por diversos factores como por ejemplo una de las variables más críticas son las fuertes precipitaciones ya que excede la capacidad de drenaje natural y en caso del complejo turístico el drenaje artificial.

Por lo tanto, se vio la necesidad de elaborar una propuesta que permitan identificar medidas estructurales y no estructurales con el objetivo de precautelar la seguridad el bienestar de la infraestructura y las personas a continuación en la siguiente tabla se presenta las medidas estructurales con los elementos expuestos y los responsables

Una vez analizadas las medidas estructurales y las necesidades del complejo se planteó las medidas no estructurales para disminuir el impacto del evento natural en este caso el desbordamiento del río.

4.3.1. Medidas de reducción ante la amenaza de inundación en el complejo turístico "Josefina Barba"

Las medidas estructurales son fundamentales para garantizar la seguridad, funcionalidad y durabilidad de las instalaciones, para esto se consideró las normas de construcción y materiales resistentes a la humedad y el desgaste, para minimizar riesgos de accidentes y problemas sanitarios. Las estructuras deben ser diseñadas tomando en cuenta la accesibilidad y comodidad de los usuarios, para obtener un entorno seguro y agradable. Estas medidas también contribuyen a la sostenibilidad y la experiencia general de los visitantes.

Tabla 10:*Medidas estructurales*

Elemento Expuesto	Medidas Estructurales	Responsable
Rio Cristal	Realizar un dragado en el río Cristal para poder disminuir los calados de inundación y las velocidades.	Departamento de obras públicas, Departamento de planificación y catastro del GAD San Miguel, SGR
	Construir muros de gavión en la ribera del río que permita encauzar el caudal.	Prefectura de Bolívar Departamento de obras públicas, GAD San Miguel, SGR
	Sistemas de drenaje pluvial, red de tuberías y zanjas para evacuar el agua de lluvia rápidamente.	Departamento de obras públicas, departamento de planificación y catastro del GAD San Miguel, SGR
	Espacios para almacenar agua durante lluvias intensas como estanques de detención.	Departamento de obras públicas, departamento de planificación y catastro del GAD San Miguel, SGR
Complejo turístico "Josefina Barba"	Construcción de sistemas de drenaje subterráneo para canalizar el agua hacia el río.	Prefectura de Bolívar
	Utilizar herramientas cartográficas para identificar zonas críticas y planificar rutas de evacuación seguras para los turistas y personales.	Prefectura de Bolívar
	Instalación de equipos para drenar el agua rápidamente en las áreas inundadas	Prefectura de Bolívar

	Usar materiales que permitan la infiltración del agua en el suelo, y reducir la acumulación superficial.	Prefectura de Bolívar
	Instalar tecnología para monitorear los niveles del agua y anticipar inundaciones.	Prefectura de Bolívar
	Diseñar espacios elevados y seguros para resguardar a las personas durante emergencias.	Prefectura de Bolívar
	Implementar señalética de Emergencia e identificar zonas Seguras	Prefectura de Bolívar

Elaborado por: Aldaz, M. y Rojas, K., 2024

Las medidas no estructurales son esenciales para garantizar la seguridad y sostenibilidad del espacio. Estas acciones, reducen riesgos y promueven un entorno seguro para los visitantes. Estas medidas complementan las estructuras físicas, que fomenta una gestión integral y prioriza la prevención, la conciencia ambiental y la resiliencia ante eventos adversos, para asegurar una experiencia recreativa responsable y segura.

Tabla 11: *Medidas no estructurales*

Medidas No estructurales	Responsable
Implementar la Reforestación en las zonas altas de la cuenca Hidrográfica Plantar árboles y vegetación en las riberas para estabilizar el suelo, para reducir la erosión y mejorar la absorción de agua.	Ministerio del ambiente (MAE) Prefectura de Bolívar
Elaborar un Plan de Emergencia ante inundaciones.	Prefectura de Bolívar Gerente del complejo y protección civil local.
Capacitar a trabajadores y residentes cercanos sobre la prevención y respuesta a inundaciones.	Administrador del complejo, SGR, UEB
Realizar simulacros de inundación periódicos para garantizar una evacuación ordenada.	Administrador del complejo, SGR, UEB
Prohibir actividades que debiliten el terreno cercano al río como excavaciones.	Prefectura de Bolívar Departamento de obras públicas, GAD San Miguel, SGR
Realizar campañas para garantizar la conservación de áreas verdes entre el río y el complejo.	Prefectura de Bolívar Gerente del complejo
Implementar protocolos de respuesta rápida y crear guías claras para actuar en caso de inundación.	Prefectura de Bolívar, Gerente del complejo con ayuda de la SGR y la UEB
Instalar estaciones meteorológicas para captar datos de precipitación en tiempo real y transmitirlos a una estación central.	INAMHI

Elaborado por: Aldaz, M. y Rojas, K., 2024

CAPITULO V.

PROPUESTA

CONCLUSIONES

1. Se evaluó la amenaza de inundación mediante un modelamiento hidrológico e hidráulico que permitió obtener resultados significativos para el análisis de la amenaza de desbordamiento (inundación) en el área de estudio. En la primera etapa, se realizó el modelamiento hidrológico utilizando el método HEC-HMS, donde arrojó caudales estimados de 145,2 m^3/s para un periodo de retorno de 50 años y de 182,8 m^3/s para un periodo de retorno de 100 años. Estos valores constituyen la base para comprender la magnitud de los eventos hídricos extremos y su impacto en el complejo

Con estos caudales, se procedió a realizar el modelamiento hidráulico utilizando el software Iber, donde se obtuvo las profundidades de inundación, calados y las velocidades del flujo de agua en dos escenarios. Para el caso de un periodo de retorno de 50 años, se identificó un calado máximo de 2.16 m y en cuanto a velocidades de flujo de hasta 8.35 m/s. Por su parte, en el escenario de 100 años, los calados alcanzaron un máximo de 2.51 m, mientras que las velocidades incrementaron hasta 8.84 m/s

2. Se analizó, el peor escenario posible, correspondiente al tiempo de retorno de 100 años, mediante el software de sistemas de información geográfica, se generaron mapas detallados de zonas y niveles de inundación que facilitaron la identificación de las áreas en riesgo dentro del sitio estudiado.

Los resultados revelaron que diferentes áreas del complejo turístico “Josefina Barba” presentan distintos niveles de amenaza; entre los espacios expuestos a la amenaza alta. Se encuentran las áreas de: mantenimiento, los baños, el restaurante, la boletería, las cabañas, la

cancha de vóley, las piscinas pequeñas, las duchas y los locales comerciales. Esto implica que estos espacios podrían enfrentar mayores impactos o daños en caso de materializarse el evento analizado, por otro lado, se identificó que otros espacios, como los locales de artesanías, las piscinas de toboganes, la piscina con olas, la piscina pequeña, la piscina de niños, el spa y los vestidores, están en una categorización de amenaza media. Aunque el riesgo es menos severo en comparación con los elementos de amenaza alta, también requieren consideración en la planificación de acciones preventivas.

3. Se desarrolló estrategias tanto estructurales como no estructurales para abordar las posibles problemáticas del complejo turístico “Josefina Barba” y del río Cristal. Estas acciones tienen como objetivo minimizar el impacto de los riesgos identificados, y garantizar la seguridad de las personas que visitan este centro turístico.

Por un lado, las medidas estructurales incluyen la implementación de obras físicas diseñadas para prevenir o mitigar los riesgos. Algunas mejoras en la infraestructura como muros de gavión, dragado del río entre otros. Por otro lado, las medidas no estructurales se centraron en la planificación, educación y fortalecimiento institucional. Así mismo, se definieron los roles y responsabilidades de las entidades encargadas de la gestión de riesgos.

Este estudio proporciona una base sólida para la toma de decisiones por parte de las autoridades competentes, que permitirá priorizar acciones según el nivel de amenaza identificado, con el fin de proteger las áreas más vulnerables y garantizar la sostenibilidad del lugar a largo plazo. Las estrategias planteadas no solo buscan reducir los riesgos inmediatos, sino también fomentar una cultura de prevención y sostenibilidad con respecto al complejo turístico y el río Cristal.

RECOMENDACIONES

- A los administradores del complejo turístico “Josefina Barba” realizar estudios exhaustivos y detallados para comprender a fondo la interacción del complejo turístico con el riesgo de inundaciones. Estos análisis profundos permitirán identificar las condiciones y características específicas que influyen en la vulnerabilidad del complejo.

- Implementar sistemas de monitoreo y estaciones meteorológicas para anticipar riesgos. Un sistema de alerta temprana enfocado en áreas vulnerables es esencial, junto con planes de capacitación comunitaria. La inversión en infraestructura, priorizando la construcción bajo normativas estrictas, fortalecerá la resiliencia. Estas medidas integrales minimizarán el impacto de desastres, protegiendo vidas y bienes.
- Es crucial asignar un presupuesto específico para la implementación y el ajuste técnico y que los recursos estén disponibles para la implementación de estrategias y medidas preventivas, minimizando el impacto de posibles inundaciones y garantizando la seguridad y continuidad de las operaciones del complejo turístico.

Bibliografía

Alarcon, M. (2024). *Balsapamba*. Recuperado el 2024, de https://es.scribd.com/document/94241325/BALSAPAMBA

Alvarez, I., & Huamán, F. (15 de junio de 2022). *scielo peru*. Obtenido de http://www.scielo.org.pe/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2414-10462022000200201

Cabrera, J. (2018). *Universidad Nacional de San Antonio Abad del Cusco*. Obtenido de https://www.studocu.com/pe/document/universidad-nacional-de-san-antonio-abad-del-cusco/hidrologia-general/modelos-hidrologicos-juan-cabrerainforme-consolidacion-mecanica-de-suelos-uno-y-dos/20184386

CELEC EP. (2021). Recuperado el 2024, de https://www.celec.gob.ec/celecsur/images/LOTAIP/2021/Procedimiento_para_Gestin_Cuenca_Hidrogrfica.pdf

CERSA. (2023). *CERSA*. Obtenido de https://cersa.org.pe/capacitaciones/?q=content/blog/desarrollo-de-modelos-hidr%C3%A1ulicos

CEUPE. (2024). *CEUPE*. Recuperado el 2024, de https://www.ceupe.com/blog/complejo-turistico.html

Chimbo Yauqui, Á. I., & Caceres Valencia, C. P. (2017). Obtenido de https://dspace.ueb.edu.ec/bitstream/123456789/1865/1/PROYECTO%20DE%20INVESTIGACI%c3%93N_RECINTO_CAMAR%c3%93N.pdf

CIIFEN. (2022). Recuperado el 2024, de https://ciifen.org/definicion-de-riesgo/

COE. (2017). Recuperado el 2024, de https://manualcoe.gestionderiesgos.gob.ec/portfolio-item/definiciones-basicas-para-la-respuesta/

De Castelar, I. (16 de JUNIO de 2022). *Todoagua*. Obtenido de https://www.todoagua.es/que-son-aguas-pluviales-uso-ventajas/#:~:text=Tal%20y%20como%20hemos%20referido,entre%20un%20concepto%20u%20otro

Díaz Ramírez, A. G., & Ibarra Jaime, A. C. (2020). Obtenido de Universidad Catolica de Colombia: https://repository.ucatolica.edu.co/server/api/core/bitstreams/9f2b263e-353e-4d56-a7c6-73cefbafe8bd/content

Diccionario Nautico. (2024). Recuperado el 2024, de https://diccionario-nautico.com.ar/calado/

Diccionario Nautico. (2024). *Diccionario Nautico*. Recuperado el 2024, de https://diccionario-nautico.com.ar/calado/

Dirección Nacional Jurídica. (25 de marzo de 2024). Obtenido de file:///F:/BORRAR/LOFATFE_ultima_actualizacion_25042024.pdf

Enciclopedia Significados. (10 de 2023). *significados.com*. Recuperado el 2024, de https://www.significados.com/inundaciones/#:~:text=Las%20inundaciones%20son

FAO. (2024). Recuperado el 2024, de https://www.fao.org/climatechange/30329-07fbead2365b50c707fe5ed283868f23d.pdf

Farza, L. (2020). *iagua*. Recuperado el 2024, de https://www.iagua.es/respuestas/que-es-inundacion

Forero Madero, G., & Gavilanes Valle, J. (Agosto de 2009). Recuperado el 2024, de https://dspace.espol.edu.ec/bitstream/123456789/2443/1/4830.pdf

Forero, G., & Gavilanez , J. (2008). Recuperado el 2024, de https://dspace.espol.edu.ec/bitstream/123456789/2443/1/4830.pdf

Gomez, M., & Martinez, E. (13 de junio de 2014). Obtenido de https://www.researchgate.net/profile/Alberto-Blanco-6/publication/329143958_La_Geomatica_en_el_analisis_de_los_recursos_hidricos_Geomatics_in_water_resources_analysis/links/5bf7c5f3a6fdcc53881439e0/La-Geomatica-en-el-analisis-de-los-recursos-hidricos-Geom

Gonzalez, S., & Natenzon , C. (2018). *Cuenca Hidrografica y Riesgo Ambiental*. Recuperado el 2024, de https://bdigital.uncu.edu.ar/objetos_digitales/10875/09-gonzalez-natezon-dese.pdf

GRD. (2020). Obtenido de https://www.gestionderiesgos.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2020/06/Gu%C3%ADa-de-GRD-para-la-comunidad.pdf

Guillermina, E. (2024). *CONICET*. Recuperado el 2024, de https://bicyt.conicet.gov.ar/fichas/produccion/11560103

GWP. (2011). Recuperado el 2024, de https://www.gwp.org/globalassets/global/gwp-sam_files/publicaciones/varios/cuenca_hidrologica.pdf

Hernandez Sampieri , R. (2014). Metodo transversal. En R. Sampieri, *Metodologia de la Investigacion* (pág. 154). Mexico: McGRAW-HILL.

Hernandez, N. (9 de Abril de 2018). *El rio y su territorio*. Recuperado el 2024, de Gouv.fr: https://www.redalyc.org/journal/721/72157132006/html/

Hernandez, R. (2014). Metodologia de la investigacion. En R. Hernandez , *Metodologia de la investigacion* (pág. 149). McGraw-Hill Interamericana de España S.L.

IBM. (s.f.). Obtenido de https://www.ibm.com/mx-es/topics/risk-management

INEC. (2022). Obtenido de https://app.powerbi.com/view?r=eyJrIjoiNWUzMjQwOWMtZjFhOS00NjczLTk0YTItNj

cwZmRmY2YxMjkyIiwidCI6ImYxNThhMmU4LWNhZWMtNDQwNi1iMGFiLWY1ZTI1OWJkYTExMiJ9

Klimsza, C. (13 de Diciembre de 2019). Obtenido de https://www.cepal.org/sites/default/files/presentations/8-lineamientos-medicion-resiliencia-cepal.pdf

Marca. (2 de febrero de 2023). Obtenido de https://us.marca.com/actualidad/2023/02/02/63dbd0e646163fdc448b4589.html

Ministerio de Finanzas de Ecuador. (SEPTIEMBRE de 2019). Obtenido de https://www.finanzas.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2012/09/CODIGO_PLANIFICACION_FINAZAS.pdf

Ministerio del Ambiente Agua y Transicion Ecologica. (Mayo de 2018). Obtenido de https://www.ambiente.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2018/05/Ley-Organica-Recursos-Hidricos-Usos-y-Aprovechamiento-del-Agua.pdf

MINURVI. (2023). Obtenido de https://plataformaurbana.cepal.org/es/urban-themes/61-infraestructura-urbana-y-servicios-basicos-incluida-la-energia#:~:text=La%20infraestructura%20urbana%20es%20la,poblaci%C3%B3n%20y%20el%20cambio%20clim%C3%A1tico.

Neurite. (10 de Junio de 2024). Recuperado el 2024, de https://neuriteblog.com/2024/06/10/caudal-de-agua-de-un-rio-clasificacion-y-definiciones/#:~:text=Caudal%20de%20agua%20de%20un%20r%C3%ADo%20es%20una%20medida%20que,un%20determinado%20per%C3%ADodo%20de%20tiempo.

OPS. (25 de JUNIO de 2021). Obtenido de https://www.paho.org/es/file/89806/download?token=Q4q7xz7n

Ortega, C. (03 de 08 de 2021). *Tesis y Masters*. Obtenido de https://tesisymasters.cl/metodo-analitico/

Paucar, A., Acosta, E., Gavilanes, E., Martinez, M., Medina, P., & Ocampo, C. (2014). Calculo de caudales de avenida por modelo HEC-HMS. En *Metolodogias para el analisis de riegsos (sismos, deslizamientos e inundaciones) en la cuidad de Guaranda* (págs. 142-155). Guaranda: Imagica Publicidad.

Paucar, J. (2016). Obtenido de https://es.scribd.com/document/630098299/Tesis-Doctoral-Riesgos-y-O-Territorial-Guaranda-A-Paucar-Deposito-pdf

Paucar-Camacho, J. (2016). *Modelo de gestión de riesgo.* Valencia, España: Universidad de Valencia.

Paucar-Camacho, J.-A. (2016). Obtenido de https://es.scribd.com/document/630098299/Tesis-Doctoral-Riesgos-y-O-Territorial-Guaranda-A-Paucar-Deposito-pdf

Paz, F. (Abril de 2022). Recuperado el 2024, de Cauce: https://enciclopedia.banrepcultural.org/index.php?title=Cauce

Pazos, T. (Abril de 2012). Obtenido de https://tatyanapazos.blogspot.com/2012/04/medidas-estructurales-y-no.html

PDOT. (28 de JUNIO de 2014). Recuperado el 2024, de https://issuu.com/amaluza/docs/pdot_cant__n_san_miguel

PDOT. (2023). *Sanmigueldebolivar.gob.ec*. Recuperado el 2024, de https://drive.google.com/file/d/1CS-NmKfcv1Uk3RGq5yWibWAgDWa7tFHI/view

Peralta, V. (18 de junio de 2011). Recuperado el 2024, de https://visionagroecologica.blogspot.com/2011/06/la-lluvia-y-el-desbordamiento-de-los.html

Peralta, V. (18 de junio de 2011). *agroecologia*. Obtenido de visionagroecologica: https://visionagroecologica.blogspot.com/2011/06/la-lluvia-y-el-desbordamiento-de-los.html

Porto, & Gardey. (02 de 11 de 2021). Obtenido de https://definicion.de/hidraulica/

Rodriguez, M. A. (2015). Obtenido de https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2007-07052015000100018#:~:text=El%20turismo%20fomenta%20la%20generaci%C3%B3n,no%20es%20un%20tema%20nuevo.

Sampieri, H., & Mendoza. (mayo de 2021). *educacion.gob.ec*. Obtenido de https://educacion.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2021/05/Anexo-Nro1-Estudio-de-Caso-con-alcance-descriptivo.pdf

SERNATUR. (Noviembre de 2022). *Cambio Climatic y Turismo*. Recuperado el 2024, de https://www.subturismo.gob.cl/wp-content/uploads/2024/01/cambio-climatico-y-turismo-guia-de-adaptacion-y-mitigacion-para-el-turismo-litoral-foledado.pdf

Sevillano Rodriguez , M. (26 de marzo de 2020). *GEOFOCUS*. Obtenido de https://www.geofocus.org/index.php/geofocus/article/view/661/493

SGR. (2018). Obtenido de https://www.gestionderiesgos.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2019/01/GLOSARIO-DE-T%C3%89RMINOS-DE-GESTI%C3%93N-DE-RIESGOS-DE-DESASTRES-GUIA-DE-CONSULTA.pdf

SGR. (2018). Obtenido de https://www.gestionderiesgos.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2019/01/GLOSARIO-DE-T%C3%89RMINOS-DE-GESTI%C3%93N-DE-RIESGOS-DE-DESASTRES-GUIA-DE-

CONSULTA.pdf#:~:text=Exposici%C3%B3n%3A%20Situaci%C3%B3n%20en%20que%20se,de%20desastres%2C%20Asamblea%20Gene

SGR. (2018). *Analisis de Riesgos en el Sistema Educativo*. Recuperado el 2024, de https://www.gestionderiesgos.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2019/01/GLOSARIO-DE-T%C3%89RMINOS-DE-GESTI%C3%93N-DE-RIESGOS-DE-DESASTRES-GUIA-DE-CONSULTA.pdf

SGR. (diciembre de 2019). Recuperado el odigos y articulos, de https://www.gestionderiesgos.gob.ec/wp-content/uploads/2019/12/Resolucion-140-2019-1.pdf

SGR. (Mayo de 2023). Obtenido de https://ecuador.unfpa.org/sites/default/files/pub-pdf/af_vbg_mayo_2023.pdf

SNGR. (Marzo de 2024). Obtenido de https://www.gestionderiesgos.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2024/05/Resol.SNGR-102-2024.pdf

Soussa, Driessnack, & Costa. (junio de 2007). *diseño de investigacion* . Obtenido de https://www.scielo.br/j/rlae/a/7zMf8XypC67vGPrXVrVFGdx/?lang=es

SSPC. (febrero de 2018). Obtenido de https://pcivil.michoacan.gob.mx/wp-content/uploads/2018/02/Folleto_de_Inundaciones.pdf

Stewart, L. (2023). Recuperado el 2024, de https://atlasti.com/es/research-hub/estudio-transversal-investigacion

Stewart, L. (s.f.). *ATLAS.TI*. Obtenido de https://atlasti.com/es/research-hub/estudio-transversal-investigacion

Stralen Iguaran, H. (2015). Obtenido de Subdirección para el Conocimiento del Riesgo: http://repositorio.gestiondelriesgo.gov.co/bitstream/handle/20.500.11762/36839/Metodol

ogias_Zonificacion_MovMasa.pdf?sequence=1&isAllowed=y#:~:text=La%20zonificaci%C3%B3n%20de%20la%20amenaza%20por%20m%C3%A9todos%20estad%C3%ADsticos%20a%20diferencia,pasado

The free dictionary. (2009). Obtenido de https://es.thefreedictionary.com/hidrolog%c3%ada

UN Spider. (2024). *Gestión del Riesgo de Desastres*. Recuperado el 2024, de https://www.un-spider.org/es/riesgos-y-desastres/gestion-del-riesgo-de-desastres

UNDRR. (2019). Obtenido de https://www.undrr.org/sites/default/files/inline-files/Marco-teo%CC%81rico-datos-estadi%CC%81sticas-desastres_0.pdf?startDownload=true

UNDRR. (Agosto de 2019). Recuperado el 2024, de https://www.undrr.org/sites/default/files/inline-files/Marco-teo%CC%81rico-datos-estadi%CC%81sticas-desastres_0.pdf?startDownload=true

UNDRR. (Agosto de 2019). *Unidad Nacional de Gestion de Riesgos*. Obtenido de https://www.undrr.org/sites/default/files/inline-files/Marco-teo%CC%81rico-datos-estadi%CC%81sticas-desastres_0.pdf?startDownload=true

UNFCC. (2018). Obtenido de https://unfccc.int/sites/default/files/resource/NAP_Colombia_2018.pdf

UNGR. (2020). Obtenido de Erosion Fluvial: https://repositorio.gestiondelriesgo.gov.co/bitstream/handle/20.500.11762/32752/Erosion Fluvial_Colombia_Articulo.pdf?sequence=1&isAllowed=y#:~:text=La%20erosi%C3%B3n%20fluvial%20se%20refiere,lecho%20y%20orillas%20del%20cauce.

UNISDR. (2009). Recuperado el 2024, de https://www.unisdr.org/files/7817_UNISDRTerminologySpanish.pdf

UNISDR. (Diciembre de 2017). Recuperado el 2024, de https://www.eird.org/americas/docs/54970_63661guadeorientacintcnica.pdf

UNU - EHS. (2021). *Evaluacion del riesgo de inundacione en Ecuador*. Recuperado el 2024, de https://collections.unu.edu/eserv/UNU:8434/VALE_Flood_Risk_Assesment_Report_Ecuador_SPA_FINAL_META.pdf

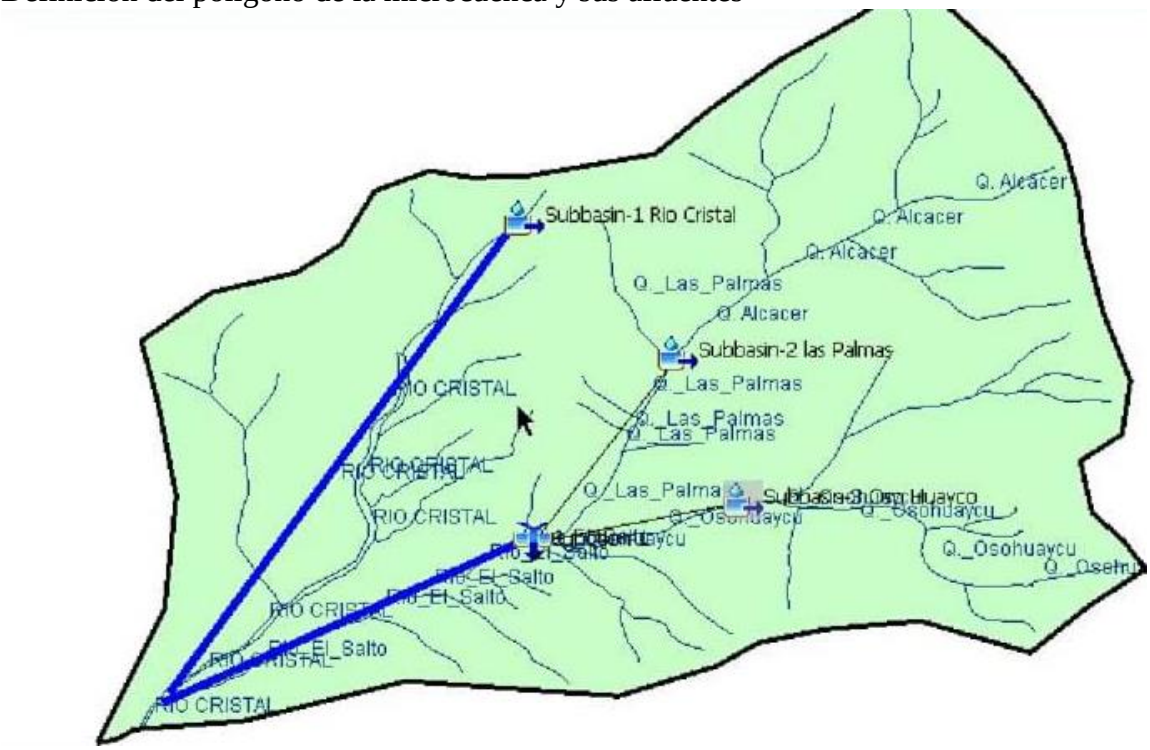
Viajandox. (15 de septiembre de 2024). *Balsapamba*. Obtenido de Viajandox.com: https://ec.viajandox.com/san-miguel/balsapamba-A720

Villa Cedeño, J. L., & Armenta Porras, G. E. (Mayo de 2019). *PLANACC*. Obtenido de Adaptacion al Cambio Climatico: https://adaptacioncc.com/sites/default/files/2021-05/13_PREC_CP_2.png

ANEXOS

Anexo 1. Modelación hidrológica: HEC-HMS

Definición del polígono de la microcuenca y sus afluentes



Cálculo del Número de Curva (CN)

Para calcular el CN se tomaron datos del libro de hidrología aplicada de ven te chow de la tabla 5.5.2 (pág. 150)

Subcuenca	1	Cristal	
GRUPO HIDROLOGICO DE SUELO	Tipo C		
USO DE SUELO	Curva Numero (II)	Área Km o %	Ponderación
Cultivado (sin tratamiento de conservación)	**78**	**10**	**780**
Pastizal (Buen estado)	74	60	4440
Bosque (buena cobertura)	77	30	2310

CN(II)	Promedio	75.3

CN(III)	87.5

Fórmula para cálculo de CN

$$CN(III) = \frac{23CN(II)}{10 + 0.13CN(II)}$$

Cálculo del tiempo de concentración

En el caso de esta investigación el tiempo de concentración se trabajó en minutos

Subcuenca (subbasin)	Longitud del canal (length of channel)							
	L	L	S	COEF	exp n1	exp n2	tc min	tc horas
	m	ft	ft-ft					
Cristal	20945	68717.2	0.132	0.0078	0.77	-0.385	90.20	1.50
Las Palmas	22590	74114.2	0.191	0.0078	0.77	-0.385	82.93	1.38
Oso huayco	16188	53110.2	0.307	0.0078	0.77	-0.385	53.45	0.89
El Salto	14715	48277.6	0.164	0.0078	0.77	-0.385	63.22	1.05

Cálculo de la pendiente

Se calculo la pendiente promedio de cada afluente

Promedio	Ríos	Pendiente Ft/ft	Pendiente m/m	Elev Mayor	Elev menor	longitud		pendiente %
0.132	**Cristal 1**	0.106	0.128	1600	1200	axis	3136	12.8
	Cristal 2	0.158	0.158	2000	800	longitud	7584	15.8
0.191	**Palmas 1**	0.251	0.251	2200	1600	axis	2386	25.1
	Palmas 2	0.130	0.130	2200	1200	longitud	7668	13.0
0.307	**Oso Huaycu 1**	0.378	0.378	2400	1600	axis	2119	37.8
	Oso Huaycu 2	0.237	0.237	2600	1200	longitud	5915	23.7
0.164	**El Salto 1**	0.231	0.231	1200	900	axis	1296	23.1
	El Salto 2	0.097	0.097	1400	800	longitud	6154	9.7

Método del Bloque Alterno

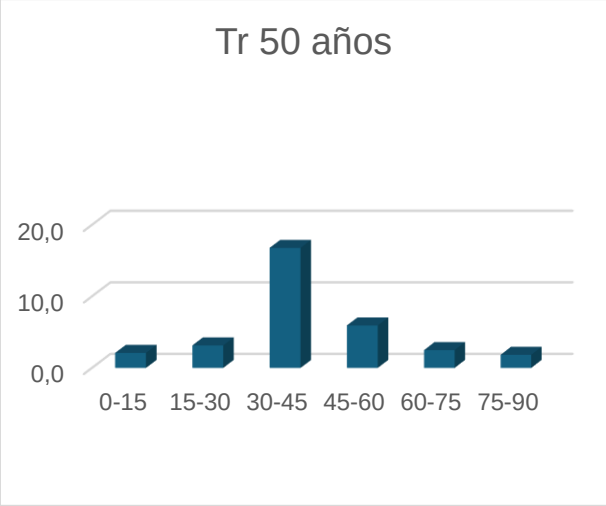
Luego se graficó en el bloque alterno para tiempos de retorno de 50 y 100 años y se realizo un histograma de la lluvia cada 15 minutos

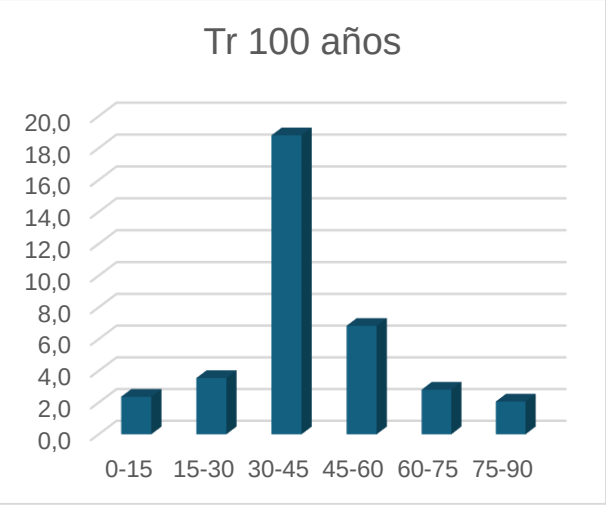
Dur	Intensidad (mm/h)		Prof Acum (mm)		Prof Increm (mm)		Intervalo de Tiempo	Precipitación (mm)	
Min	Tr 50 años	Tr 100 años	Tr 50 años	Tr 100 años	Tr 50 años	Tr 100 años	min	Tr 50 años	Tr 100 años
15	67.1	75.2	16.8	18.8	16.8	18.8	0-15	2.1	2.4
30	45.4	51.3	22.7	25.6	5.9	6.8	15-30	3.1	3.5
45	34.5	38.9	25.9	29.2	3.1	3.5	30-45	16.8	18.8
60	28.3	32.0	28.3	32.0	2.5	2.8	45-60	5.9	6.8
75	24.4	27.5	30.4	34.4	2.1	2.4	60-75	2.5	2.8
90	21.5	24.3	32.3	36.4	1.8	2.1	75-90	1.8	2.1

Usando la estación meteorológica de San Pablo de Atenas y tomando en cuenta la lluvia de un dia X y se dibujo el histograma cada 15 min

ESTACIÓN		INTERVALOS DE TIEMPO (minutos)	ECUACIONES	R	R^2
CÓDIGO	NOMBRE				
M0131	SAN. PABLO ATENAS	5<30	$i = 170.2552 * T^{0.1649} * t^{-0.5823}$	0.9933	0.9866
		30<120	$i = 231.5502 * T^{0.175} * t^{-0.6802}$	0.9953	0.9906
		120<1440	$i = 455.1793 * T^{0.1541} * t^{-0.808}$	0.9985	0.9969

El histograma nos ayuda a ver cómo se comporta la lluvia como inicia y como termina y estos datos nos sirven para ingresar al programa HEC-HMS





Tiempo de Retardo

El tiempo de retardo en hidrología es la diferencia de tiempo entre la precipitación máxima y el pico de descarga. También se le conoce como tiempo de respuesta o lag.

Formula: Lag=0.6*tc

	Tc Minutos	Lag=0.6*tc
Cristal	90.20	54.12
Las Palmas	82.93	49.76
Oso huayco	53.45	32.07
El Salto	63.22	37.93
	Lag Máximo	54.12

Coeficiente de Manning

Es un índice que mide la resistencia que ofrece un canal al paso del agua

	tiempo	**tiempo**	**distancia**	**velocidad**
	Segundos	**min**	**m**	**m/s**
Cristal Reach 1	178.1249	0.04948	2671	14.995
Las Palmas Reach 2	203.8531	0.05663	2954	14.491
Reach 3	143.4497	0.03985	478	3.332

ecuacion de manning			es 1 para el sistem. Inter	coeficiente de rugosidad			Pendiente del tramo
Velocidad	base	altura	fi	n	Relacion	potencia (R,(2/3))	S
m/seg	m	m			m		m/m
15.00	10.8485	2.05	1	0.08	1.49	1.30	0.84731371
14.49	10.8485	2.05	1	0.08	1.49	1.30	0.7912828
3.332	10.8485	2.05	1	0.08	1.49	1.30	0.041841

Luego de haber puesto todos los datos anteriormente calculados en el software HEC-HMS obtuvimos como resultado los caudales máximos para 50 y 100 años

Tiempo de Retorno de 100 años

Project: Project 3 retorono 100 Simulation Run: Run 3 100

Start of Run: 11nov.2024, 00:00 Basin Model: Basin 1
End of Run: 11nov.2024, 06:00 Meteorologic Model: Met 1
Compute Time: DATA CHANGED, RECOMPUTE Control Specifications: Control 1

Show Elements: All Elements Volume Units: MM 1000 M3 Sorting: Watershed Explorer

Hydrologic Element	Drainage Area (KM2)	Peak Discharge (M3/S)	Time of Peak	Volume (MM)
Subbasin-1 Rio Cristal	15.4	35.7	11 November 2024, 01:45	12.98
Subbasin-5 Rio cristal	15.4	35.7	11 November 2024, 01:45	12.98
Junction-2 Rio cristal	30.7	71.5	11 November 2024, 01:45	12.98
Subbasin-2 las Palmas	18.1	40.8	11 November 2024, 01:45	11.90
Subbasin-3 Oso Huaycu	13.1	52.6	11 November 2024, 01:15	16.72
Subbasin-4 Rio_El salto	6.9	31.3	11 November 2024, 01:30	20.20
Junction-1 Rio_EL_Salto	38.0	120.1	11 November 2024, 01:30	15.06
Reach-2 El Salto	38.0	119.7	11 November 2024, 01:30	15.06
Reach-1 Rio Cristal	30.7	70.7	11 November 2024, 01:45	12.98
Junction-3 Rio cristal	68.7	180.9	11 November 2024, 01:45	14.13
Reach-3 Rio cristal fin	68.7	182.8	11 November 2024, 01:45	14.13
Sink-1	68.7	182.8	11 November 2024, 01:45	14.13

Tiempo de Retorno TR -(años)	**Caudal máximo Método HMS (Kirpich, tg = 0,6)**
50 años	145,2 m3/s
100 años	182,8 m3/s

Anexo 2. Memorias fotográficas



Foto 1: Identificación de la zona de estudio.

.



Foto 2: Levantamiento de información

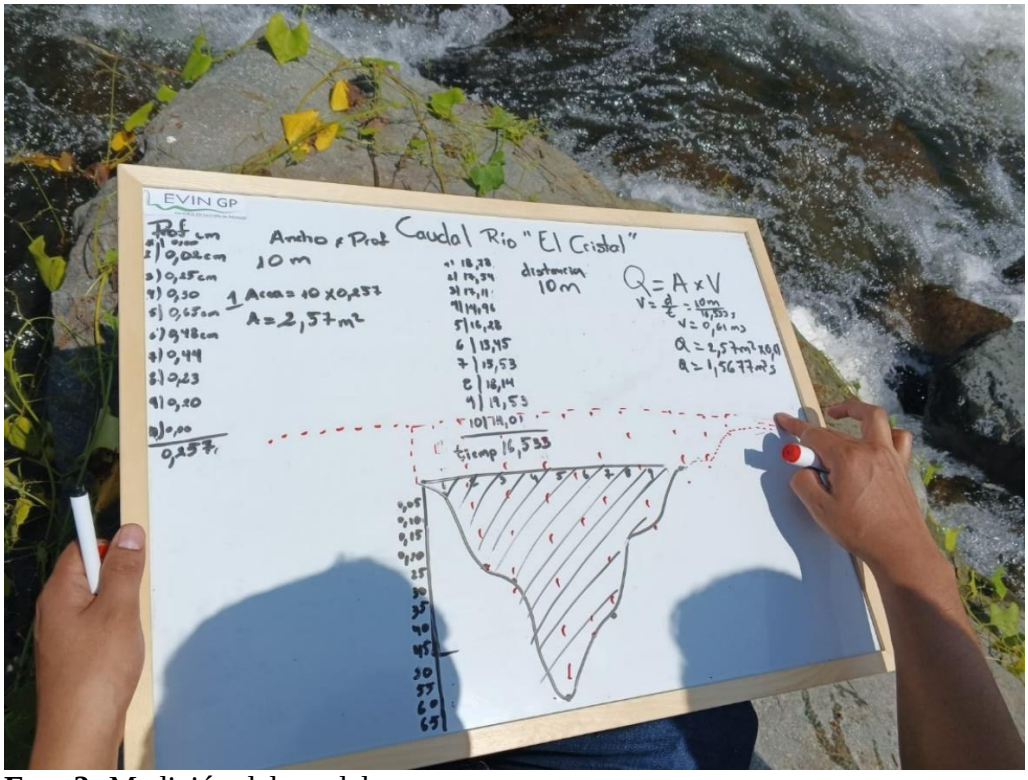
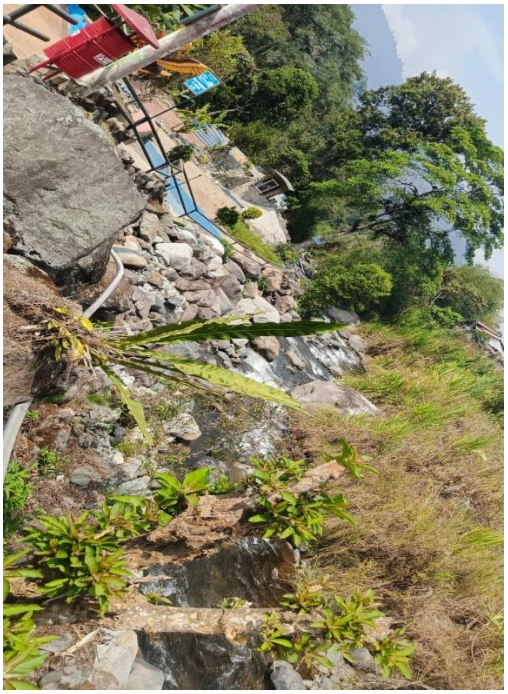


Foto 3: Medición del caudal

Fotos 4 y 5: Daños anteriores

Anexo 3. Solicitud al gobierno provincial para obtener los limites del predio catastral del complejo turístico

Guaranda, 12 de noviembre de 2024

Oficio N° 071-2024-UEB-FCS-CIRdD

Ing. Aníbal Coronel M.
Prefecto de Bolívar
Presente. -

De mis consideraciones.

Luego de expresarle un atento y cordial saludo, solicito de la manera más comedida nos ayude con información acerca del complejo turístico "Josefina Barba" que se encuentra ubicado en la parroquia de Balsapamba, para avanzar con el proyecto de titulación denominado "Análisis de la Amenaza de Desbordamiento del Río Cristal y sus Afectaciones en el Funcionamiento del Complejo Turístico Josefina Barba, Cantón San Miguel", elaborado por los estudiantes de la carrera de Ingeniería en Riesgos de Desastres la Srta. Yulissa Aldaz y Sr. Klever Rojas; el objetivo del proyecto es "evaluar la amenaza de desbordamiento del rio Cristal y las afectaciones en el funcionamiento del complejo turístico para el establecimiento de medidas de reducción".

Para el desarrollo del trabajo de titulación antes mencionado, solicitamos autorice a quien corresponda se nos proporcione la información en formato digital en shapefile (shp) y autocad sobre los límites del predio catastral y el plano de ubicación del complejo turístico "Josefina Barba". Esta información será utilizado estrictamente con fines académicos.

Además, los resultados de la investigación se entregará una copia en formato digital a la Secretaría de Gestión Ambiental y Riesgos Naturales del GAD provincia

Dirección: Av. Ernesto Che Guevara y Gabriel Secaira
Guaranda-Ecuador
Teléfono: (593) 3220 6059
www.ueb.edu.ec

Bolívar, para que se tome las mejores decisiones con el fin de precautelar la vida y la seguridad de los turistas, así como la protección de la infraestructura.

Datos de contacto: mvallejo@ueb.edu.ec, apaucar@ueb.edu.ec

Esperando una favorable acogida le anticipamos nuestros agradecimientos.

Atentamente,

UNIVERSIDAD ESTATAL DE BOLIVAR
CARRERA DE INGENIERIA EN RIESGOS DE DESASTRES

Ing. María Vallejo, Mgtr.
Coordinadora carrera de Ingeniería en Riesgos de Desastres
Universidad Estatal de Bolívar

0250033636
0979406794

GOBIERNO AUTÓNOMO DESCENTRALIZADO DE LA PROVINCIA
RECIBIDO
PREFECTURA
Fecha: 12-11-2024
Hora: 10:14:00
Por: Gloria Cando

Anexo 4 . Cronograma de actividades

Actividades	**Meses (Semanas)**															
	Septiembre				**Octubre**				**Noviembre**				**Diciembre**			
Selección y determinación del tema de tesis																
Elaboración y presentación del Capítulo I-II-III																
Trabajo de campo																
Establecer metodologías																
Tabulación, análisis e interpretación de datos																
Elaboración del capítulo IV																
Elaboración del capítulo V																
Presentación del borrador del informe																
Presentación del documento según las observaciones realizadas por el tutor																
Presentación del informe final																