



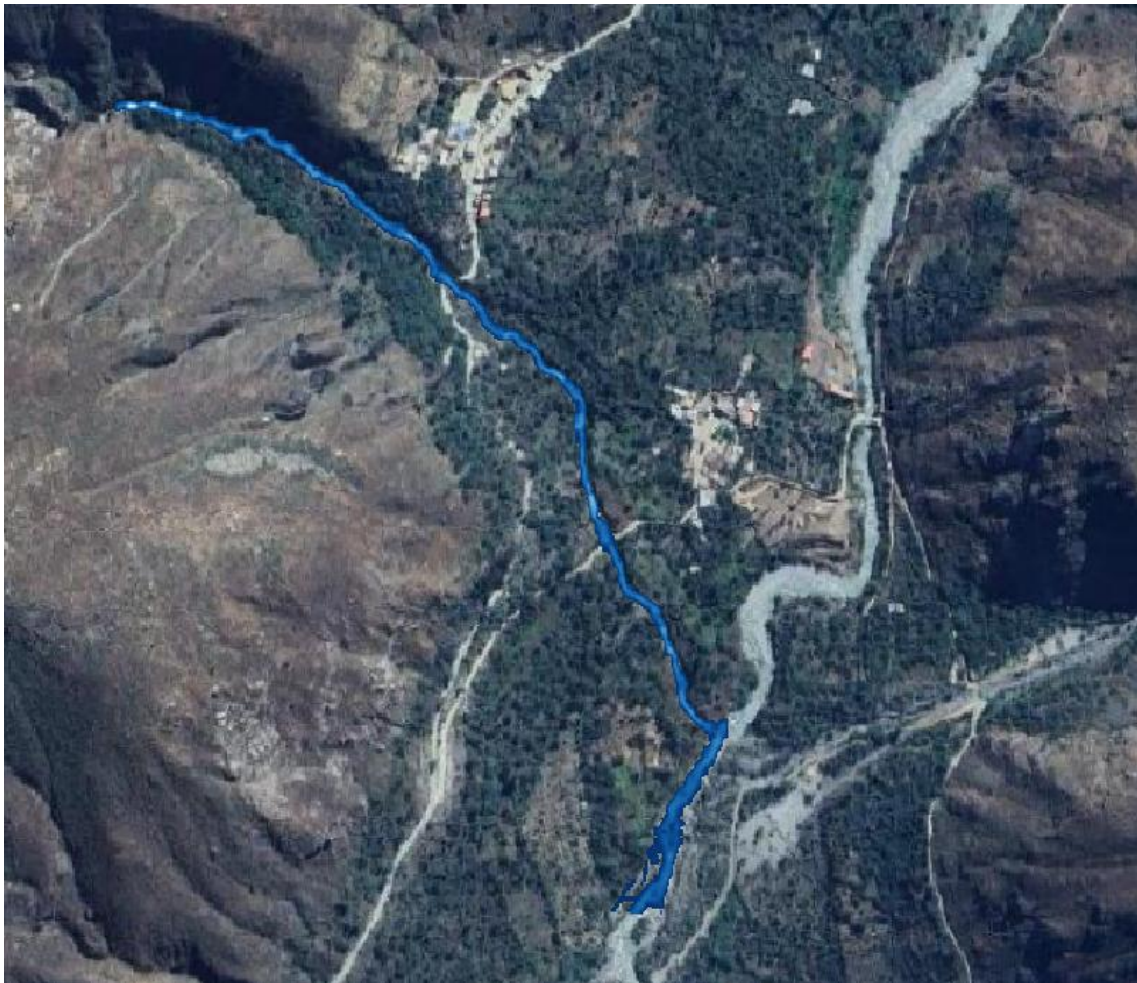
PERÚ

Ministerio
de Desarrollo Agrario
y Riego



“Decenio de la Igualdad de Oportunidades para Mujeres y Hombres”
“Año de la Esperanza y el Fortalecimiento de la Democracia”

«ESTUDIO DE DELIMITACIÓN DE FAJA MARGINAL DE LA QUEBRADA LÚCUMA, TRIBUTARIO AL RÍO SANTA EULALIA – MARGEN DERECHA (0,98 KM)»



METODOLOGÍA : Modelamiento Hidráulico
UBICACIÓN : Distrito : Santa Eulalia
Provincia : Huarochirí
Región : Lima



CONTENIDO

1. GENERALIDADES	4
1.1. Introducción.....	4
1.2. Antecedentes	4
1.3. Justificación.....	5
1.4. Objetivos.....	5
1.4.1. Objetivo general.....	5
1.4.2. Objetivo específico.	5
1.5. Metas	5
2. ANÁLISIS	5
2.1. Ubicación política	5
2.2. Ubicación Hidrográfica.	6
2.3. Descripción del tramo de estudio	6
2.4. Análisis de Máximas Avenidas	6
2.5. Topografía.	7
2.5.1. Modelo Digital de Terreno	7
2.5.2. Eje del cauce	8
2.5.3. Pendiente del cauce	8
2.5.4. Identificación de zona crítica	9
2.6. Simulación Hidráulica 2D.....	9
2.6.1. Descripción del modelo.	9
2.6.2. Configuración del modelo.	10
2.6.3. Coeficiente de rugosidad.	10
2.6.4. Condiciones de frontera externa (Aguas arriba y abajo)	11
2.6.5. Tiempo de cómputo.....	13
2.6.6. Resultados Generales.	14
2.6. Análisis multitemporal.	15
2.7. Alternativa de tratamiento y encauzamiento del cauce.....	17
2.8. Factor Sociocultural.	18
3. DELIMITACIÓN DE LA FAJA MARGINAL.....	18
3.1. Dimensionamiento de la faja marginal.	19
3.2. Verificación Técnica de Campo	20
3.3. Límites de la faja marginal de la quebrada Lúcumá	20
4. CONCLUSIONES	21
5. RECOMENDACIONES.....	23



“Decenio de la Igualdad de Oportunidades para Mujeres y Hombres”
“Año de la Esperanza y el Fortalecimiento de la Democracia”

TABLA

Tabla N°1. Ubicación política de la cuenca de la quebrada Lúcumá	5
Tabla N°2. Codificación Pfafstetter en la que se encuentra la quebrada Lúcumá.....	6
Tabla N°3. Parámetros principales de la quebrada Lúcumá	6
Tabla N°4. Caudal máximo recomendado para delimitación de faja marginal.	7
Tabla N°5. Caudal total (líquido + sólido) para Tr 100 años.....	7
Tabla N°6. Eje de cauce en la quebrada Lúcumá.	8
Tabla N°7. Pendiente cauce – Quebrada Lúcumá	9
Tabla N°8. Valores del coeficiente de rugosidad de Manning asignados a los usos del suelo del SIOSE y CLC2000	11
Tabla N°9. Valores del coeficiente de rugosidad de Manning para colchones Reno, Gaviones y Geomantas	11
Tabla N°10. Años descargados para análisis multitemporal	15
Tabla N°11. Ancho mínimo de la faja marginal de acuerdo con el tipo de fuente	19
Tabla N°12. Hitos de la faja marginal de la quebrada Lucuma (0,98 Km) - Margen derecha	21
Tabla N°13. Hitos de la faja marginal de la quebrada Lucuma (0,98 Km) - Margen izquierda.....	21

IMAGENES

Figura 1: Modelo Digital de Elevación de la quebrada Lúcumá	7
Figura 2: Eje de cauce principal de la quebrada Lúcumá (0,98 Km).....	8
Figura 3: Perfiles longitudinales del cauce principal	9
Figura 4: Vista de SIGRID	9
Figura 5: Tamaño de malla Quebrada Lúcumá: HEC RAS 6.3.1	10
Figura 6: Tamaño de malla refinada.....	10
Figura 7: Rugosidad en el modelo hidráulico.....	11
Figura 8: Ingreso de las condiciones de contorno	12
Figura 9: Ingreso del flujo no permanente.....	12
Figura 10: Hidrogramas de entrada ingresados en el software HEC-RAS – TR 100 años	13
Figura 11: <i>Tiempo de simulación</i>	14
Figura 12: <i>Configuración de cálculo</i>	14
Figura 13: Tirantes máximos: TR 100 años cauce principal.....	14
Figura 14: Velocidades máximos: TR 100 – Cauce principal.....	15
Figura 15: Comparación de imágenes 2003 – 2023 parte baja	15
Figura 16: Comparación de imágenes 2003 – 2023 parte media	16
Figura 17: Vista de zonas arqueológicas	18
Figura 18: Ubicación de inicio de delimitación de Faja marginal de la quebrada Lucuma	20



“Decenio de la Igualdad de Oportunidades para Mujeres y Hombres”
“Año de la Esperanza y el Fortalecimiento de la Democracia”

1. GENERALIDADES

1.1. Introducción

La informalidad presentada en la ocupación de los espacios en márgenes del cauce de ríos y cuencas (activas) por diferentes motivos es una preocupación latente para las autoridades, ya que generan barreras artificiales sin ningún criterio técnico que no permite el continuo desarrollo de los cauces naturales hasta lograr su equilibrio por lo contrario son las causas de la exposición del alto riesgo. Siendo hidráulicamente cauces denominados “Cuencas secas” las que también generaron grandes inundaciones por desborde. Esta situación ocasiona pérdidas materiales e incluso humanas.

De acuerdo con lo establecido por el artículo N°74 de la Ley de Recursos Hídricos, en los terrenos aledaños a los cauces naturales o artificiales, se mantiene una faja marginal de terreno necesario para la protección, el uso primario de agua, el libre tránsito, la pesca, camino de vigilancia u otros servicios.

Artículo N°112 del reglamento de la Ley de Recursos Hídricos, determina que las fajas marginales son bienes de dominio público hidráulico, están conformados por las áreas inmediatas superiores a las riberas de las fuentes de agua, naturales o artificiales, las dimensiones en una o ambas márgenes de un cuerpo de agua son fijados por la Autoridad Administrativa de Agua; de acuerdo con los criterios establecidos por el reglamento, respetando los usos y costumbres.

Artículo N°114 del reglamento de la Ley de Recursos Hídricos, se determinan los criterios para la delimitación de las riberas y faja marginal respectivamente, b) Espacio necesario para la construcción, conservación y protección de las defensas ribereñas de los cauces y c) El espacio necesario para los usos públicos que se requieran.

1.2. Antecedentes

Ley de Recursos Hídricos N°29338 y su reglamento, establece que el estado dentro de la gestión prospectiva de riesgos delega a la Autoridad Nacional del Agua (ANA), fomentar programas integrales de control de avenidas, desastres naturales o artificiales y prevención de daños por inundaciones o por otros impactos de agua y sus bienes asociados, promoviendo la coordinación de acciones estructurales, institucionales y operativas necesarias.

Mediante Resolución Jefatural N°332-2016-ANA, de fecha 28 de diciembre del 2016, La Autoridad Nacional del Agua, aprueba el reglamento de la delimitación y mantenimiento de fajas marginales en cursos fluviales y cuerpos de agua naturales y artificiales.

Decreto legislativo N°1354, modifica la ley N°30556, “Ley que aprueba disposiciones de carácter extraordinario para las intervenciones del gobierno nacional frente a desastres y que dispone la creación de la autoridad para la reconstrucción con cambios” donde se incorpora el enfoque de desarrollo urbano sostenible y saludable,



“Decenio de la Igualdad de Oportunidades para Mujeres y Hombres”
“Año de la Esperanza y el Fortalecimiento de la Democracia”

donde se considera el uso del criterio de la gestión de riesgos frente al cambio climático.

En el año 2023, la presencia del Ciclón Yaku generó fuertes precipitaciones en la costa del Perú, generando caudales máximos instantáneos que provocaron la activación de la quebrada, ocasionando inundaciones en zonas vulnerables, como asentamientos poblacionales y campos agrícolas.

Por ello, a través de la Autoridad Administrativa del Agua Cañete – Fortaleza, ha previsto realizar un estudio que comprende la delimitación de faja marginal de la quebrada Lúcumá, con la finalidad de contar con un documento técnico que sustenté el espacio que ocupará la faja marginal para la protección, el uso primario del agua, el libre tránsito, caminos de vigilancia u otro servicio.

1.3. Justificación

Esta delimitación se realiza en cumplimiento de la Ley de Recursos Hídricos (Ley N° 29338), su reglamento (Decreto Supremo N° 001-2010-AG), la Resolución Jefatural N° 332-2016-ANA y la Ley N° 30556 de Reconstrucción con Cambios, con el fin de garantizar la protección del cauce, el uso primario del agua, el libre tránsito y otros servicios públicos, tal como lo establece el Artículo 120 del Reglamento de la Ley de Recursos Hídricos.

1.4. Objetivos

1.4.1. Objetivo general.

Delimitación de la faja marginal del cauce principal de la quebrada Lúcumá, tributario del río Rímac por la margen derecha.

1.4.2. Objetivo específico.

- Determinar el eje de cauce, desde la parte alta hasta la desembocadura.
- Evaluar y emitir informe técnico respecto a la delimitación de la faja marginal de la quebrada Lúcumá realizada mediante el modelamiento hidráulico.
- Evaluar las características hidrológicas de la quebrada Lúcumá.

1.5. Metas

Se establece las coordenadas UTM WGS 84, que conformarán los hitos de la poligonal que define la faja marginal determinada para el estudio, en su cauce principal.

2. ANÁLISIS

2.1. Ubicación política

La quebrada Lúcumá perteneciente a la cuenca Rímac, se encuentra ubicada en el departamento de Lima, en la provincia de Huarochirí, comprende el distrito de Santa Eulalia, tal como se muestra en la Tabla 1.

Tabla N°1. Ubicación política de la cuenca de la quebrada Lúcumá



“Decenio de la Igualdad de Oportunidades para Mujeres y Hombres”
“Año de la Esperanza y el Fortalecimiento de la Democracia”

Cuenca	Departamento	Provincia	Distrito
Río Rímac	Lima	Huarocharí	Santa Eulalia

Fuente: Elaboración propia

2.2. Ubicación Hidrográfica.

La quebrada Lúcumá se encuentra dentro de la cuenca del río Rímac; identificado con código Pfafstetter (nivel 6): UH 137554 (Tabla 2). La cuenca Rímac se encuentra en la vertiente del Pacífico y limita por el Norte con la Unidad Hidrográfica Chillón, por el Este con la Unidad Hidrográfica Mantaro, por el Sur con la Unidad Hidrográfica Lurín, Mala e Intercuenca 1375539 y por el oeste con la Intercuenca 137555.

Tabla N°2. Codificación Pfafstetter en la que se encuentra la quebrada Lúcumá

Unidad Hidrográfica Rímac		
Área		3 503,95 km ²
Nivel	Codificación	Nombre
6	137554	Cuenca Rímac

Fuente: Estudio Hidrológico y Ubicación de la Red de Estaciones Hidrométricas en la Cuenca del Río Rímac

2.3. Descripción del tramo de estudio

La quebrada Lúcumá forma parte de la Cuenca del río Rímac, se encuentra en el distrito de Santa Eulalia, Provincia de Huarocharí, departamento de Lima. El área de estudio abarca 9,26 km² con una longitud de cauce principal de 5,24 km y altitudes que varían entre 1 654 m.s.n.m. y 3 555 m.s.n.m.

2.4. Análisis de Máximas Avenidas

No se ha encontrado información de caudales para la quebrada Lúcumá, sin embargo, se ha realizado la modelación hidrológica usando el software HEC-HMS, tomando como base las precipitaciones máximas para diferentes periodos de retorno de las estaciones tomadas en el «Estudios básicos para la actualización de la delimitación de la faja marginal río Rímac (2019)», elaborado por la Autoridad Administrativa del Agua Cañete - Fortaleza en el año 2019.

Tabla N°3. Parámetros principales de la quebrada Lúcumá

N°	Quebrada	Parámetros de forma de la cuenca						
		Área (km ²)	Perímetro (km)	Long. corriente máxima (km)	Long. corriente máxima desde el centroide (km)	Coefficiente de compacidad	Factor de Forma	
1	Lúcumá	9.26	17.05	5.24	2.61	1.58	0.34	
N°	Quebrada	Parámetros de relieve de la cuenca						
		Elevación máxima de la cuenca (msnm)	Elevación media de la cuenca (msnm)	Elevación mínima de la cuenca (msnm)	Pendiente corriente máxima (m/m)	Pendiente media de la subcuenca (m/m)	Elevación mínima Long Corriente (msnm)	Elevación máxima Long Corriente (msnm)
1	Lúcumá	3555.00	2604.50	1654.00	0.36	0.70	1654.00	3531.00
N°	Quebrada	Parámetros de la red hidrográfica de la cuenca						



“Decenio de la Igualdad de Oportunidades para Mujeres y Hombres”
“Año de la Esperanza y el Fortalecimiento de la Democracia”

		Kirpich (hr)	Met. Kerby (hr)	Kerby-Kirpich (hr)	California Culverts Practice (hr)	Ven te Chow (hr)	Temez (Hr)	Tournon (Hr)	Passini (Hr)	Rango Tc (hr)	Tc (hr)	Tc (minutos)
1	Lúcuma			1.14			1.28	1.24		[1.14 - 1.28]	1.22	73.38

Fuente: Elaboración propia.

Los caudales han sido determinados empleando el modelamiento precipitación-escorrentía con HEC-HMS. Bajo este concepto se han determinado el caudal para el modelo integral del cauce principal.

Bajo las disposiciones establecidas en la normativa vigente en materia de delimitación de fajas marginales y efectuado el estudio hidrológico de máximas avenidas se recomienda considerar los caudales determinados para un periodo de retorno de 100 años, porque existen viviendas y/o poblaciones asentadas próximas y en los mismos cauces de las quebradas en estudio.

Tabla N°4. Caudal máximo recomendado para delimitación de faja marginal.

CUENCA	Caudales máximos para periodo de retorno de 100 años
Lucuma (SB1)	8,64 m ³ /s
(Sink)	8,64 m ³ /s

Fuente: Elaboración propia

Tabla N°5. Caudal total (líquido + sólido) para Tr 100 años.

Periodo de retorno	Caudal líquido	Concentración volumétrica de sedimentos	Factor de Bulking	Caudal total
	m ³ /s	Cv	BF	m ³ /s
100	8,64	0,35	1,53	13,22

Fuente: Elaboración propia

2.5. Topografía.

2.5.1. Modelo Digital de Terreno

De acuerdo con la información proporcionada por ANIN, se procedió a obtener el modelo digital de terreno a partir de las curvas de nivel.

Para el presente estudio se realizó la modelación hidráulica respectiva a partir de la topografía que fue generada en formato ráster en del tipo TIF para luego ser cargado al programa HEC-RAS a una resolución de píxel de 0,5 m x 0,5 m, que servirá para la delimitación de la faja marginal. Para el presente estudio tomaremos solamente el tramo correspondiente a la quebrada Lúcumá para realizar la modelación hidráulica respectiva, que servirá para la delimitación de la faja marginal.

Figura 1: Modelo Digital de Elevación de la quebrada Lúcumá

“Decenio de la Igualdad de Oportunidades para Mujeres y Hombres”
“Año de la Esperanza y el Fortalecimiento de la Democracia”



Fuente: ANIN

2.5.2. Eje del cauce

La conformación del eje de la quebrada Lúcura se ha determinado a partir de la red topografía de curvas de nivel, convertida en modelo digital de elevación. El tramo trazado principal comprende la siguiente longitud:

Tabla N°6. Eje de cauce en la quebrada Lúcura.

Eje	Longitud (Km)
Principal	0,98

Fuente: Elaboración propia

Figura 2: Eje de cauce principal de la quebrada Lúcura (0,98 Km)



Fuente: Elaboración propia

2.5.3. Pendiente del cauce

Es una de las variables principales que determina la respuesta morfológica del cauce que actúa directamente en la dinámica propia del lecho del torrente. La forma del perfil longitudinal del cauce es el resultado de un número de factores actuantes e independientes, los cuales representan un balance entre la capacidad de transporte del cauce y el tamaño y cantidad de sedimentos disponibles y existentes para finalmente ser transportados a diferentes localizaciones que por esta condición el lecho está en constante cambio.

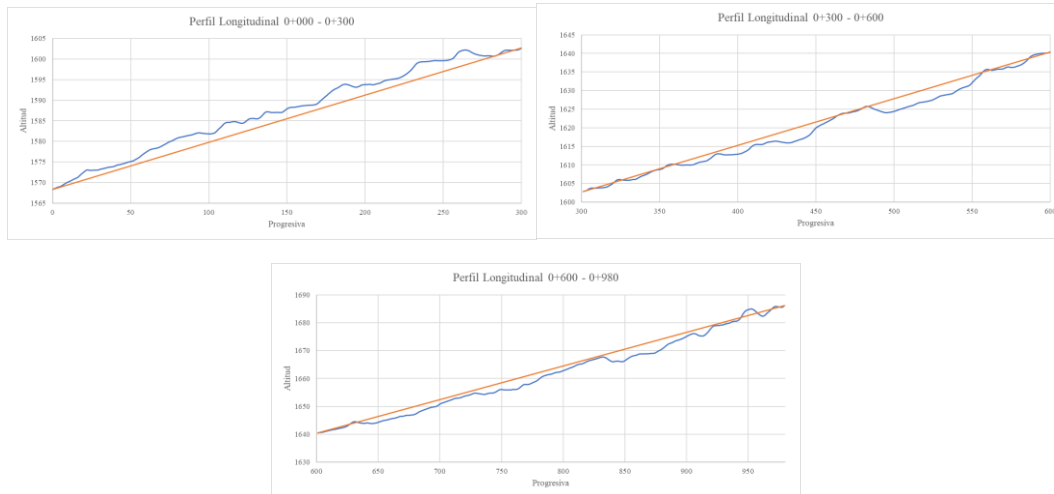
“Decenio de la Igualdad de Oportunidades para Mujeres y Hombres”
“Año de la Esperanza y el Fortalecimiento de la Democracia”

Tabla N°7. Pendiente cauce – Quebrada Lúcumá

Quebrada Lúcumá (Cauce principal)				
TRAMO 1	DIST.	ELEV. DIFF	SLOPE	
0+000 – 0+300	300	34,5	6,54°	11,47%
0+300 – 0+600	300	37,6	7,15°	12,55%
0+600 – 0+980	380	45,64	6,88°	12,06%

Fuente: Elaboración propia

Figura 3: Perfiles longitudinales del cauce principal

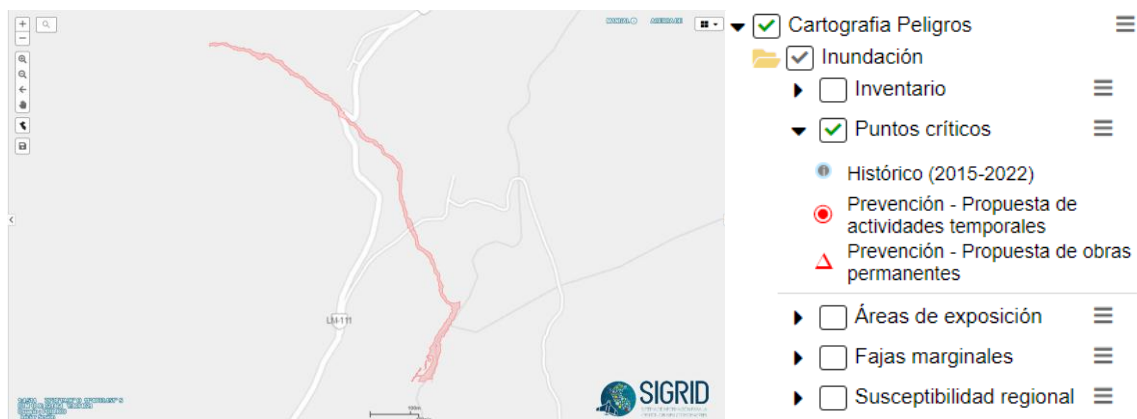


Fuente: Elaboración propia

2.5.4. Identificación de zona crítica

En la plataforma SIGRID de CENEPRED no se cuenta con ficha técnica referencial de identificación de punto crítico en la zona evaluada:

Figura 4: Vista de SIGRID



Fuente: SIGRID – CENEPRED

2.6. Simulación Hidráulica 2D.

2.6.1. Descripción del modelo.

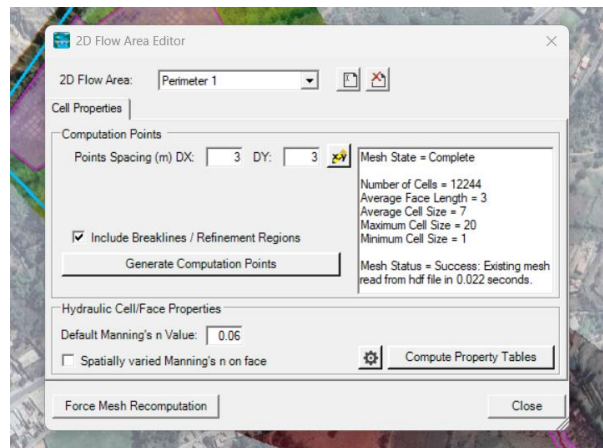
“Decenio de la Igualdad de Oportunidades para Mujeres y Hombres”
“Año de la Esperanza y el Fortalecimiento de la Democracia”

El modelo hidráulico fue realizado con el programa HEC-RAS versión 6.3.1, que consta de un módulo hidrodinámico que permite la simulación bidimensional del cauce, asignando las condiciones de contorno, frontera, propiedades como el coeficiente de rugosidad y la malla no estructurada en la zona del cauce del río, siendo esta discretización del modelo generado a partir de la geometría.

2.6.2. Configuración del modelo.

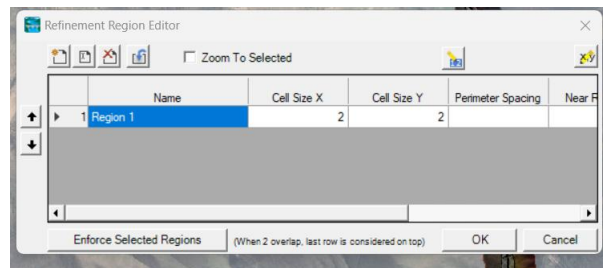
Se realizó el preprocesamiento de datos con la creación, asignando las condiciones de contorno, propiedades y la malla no estructurada de 3 m en las zonas de inundación y 2 m en la zona de refinamiento, siendo esta discretización del modelo generado a partir de la geometría.

Figura 5: Tamaño de malla Quebrada Lúcuma: HEC RAS 6.3.1



Fuente: Elaboración propia

Figura 6: Tamaño de malla refinada



Fuente: Elaboración propia

2.6.3. Coeficiente de rugosidad.

La resistencia al flujo de agua en cauces y llanuras de inundación habitualmente se encuentra modelizado mediante un coeficiente de rugosidad, siendo en hidráulica fluvial generalmente utilizado el coeficiente "n" de Manning.

La definición de la rugosidad del cauce y áreas de flujo se ha realizado en base a buenas prácticas de modelización fluvial aplicando metodologías y estándares nacionales e internacionales, donde usualmente los valores de rugosidad hidráulica

“Decenio de la Igualdad de Oportunidades para Mujeres y Hombres”
 “Año de la Esperanza y el Fortalecimiento de la Democracia”

se encuentran asociados al tipo de material del lecho del cauce del río, a los diferentes tipos de uso y cobertura vegetal por donde discurre el agua, y la morfología del cauce.

Respecto a la quebrada Lúcumá utilizaremos las tablas de suelo de acuerdo a la guía metodología para el desarrollo del sistema nacional de cartografía de zonas inundables, del Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino, del Gobierno de España según SIOSE y CLC2000, así como las tablas de rugosidad de Manning para colchones Reno, Gaviones y Geomantas del Manual Técnico de Revestimiento de canales y cursos de agua de MACCAFERRI.

Tabla N°8. Valores del coeficiente de rugosidad de Manning asignados a los usos del suelo del SIOSE y CLC2000

Clasificación de usos de suelos del suelo del SIOSE			n
Artificial compuesto	Urbano mixto	Casco	0,1
Cobertura artificial	Edificación		
	Otras construcciones		
Cultivos y cobertura vegetal			0,04
Zonas urbanas abiertas			0,02
Suelo desnudo			0,023

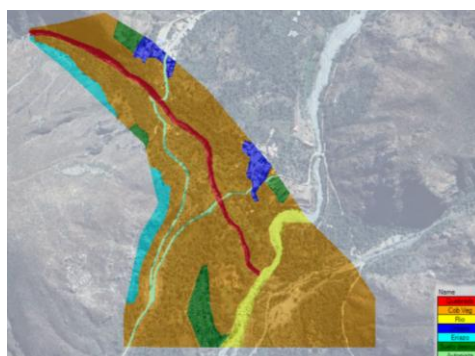
Fuente: Guía Metodológica para el desarrollo del Sistema Nacional de Cartografía de Zonas Inundables

Tabla N°9. Valores del coeficiente de rugosidad de Manning para colchones Reno, Gaviones y Geomantas

Tipo	NATURALEZA DEL CANAL	n
16	Curso de agua naturales con cauce de cantos rodados y movimiento del material del fondo	0,048

Fuente: Manual Técnico - Revestimiento de canales y cursos de agua

Figura 7: Rugosidad en el modelo hidráulico



Fuente: Elaboración propia – Extraída del HecRas

2.6.4. Condiciones de frontera externa (Aguas arriba y abajo)

“Decenio de la Igualdad de Oportunidades para Mujeres y Hombres”
“Año de la Esperanza y el Fortalecimiento de la Democracia”

Se entiende por condiciones de contorno aquellas que definen el comportamiento de un modelo en sus límites.

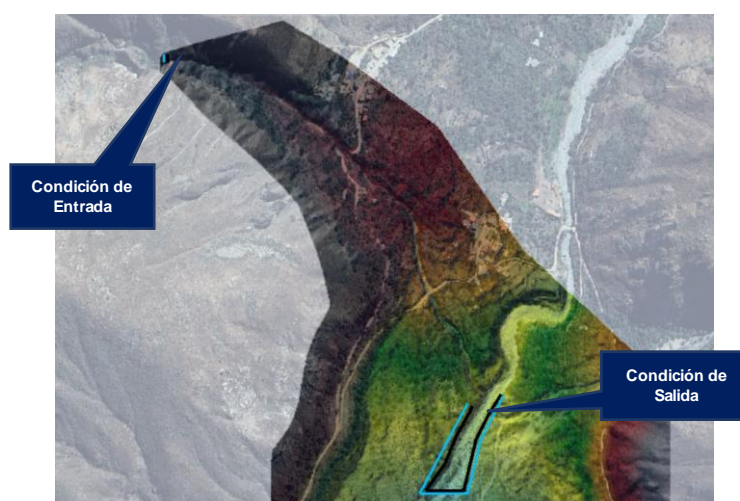
En la condición de borde (Boundary Conditions) tanto para el modelamiento en HECRAS, para las condiciones de ingreso se empleó la condición de “Flow Hydrograph” debido a que es ideal para para el ingreso de un flujo no permanente en donde se presentan cambios de caudal en función del tiempo, dicha condición será empleada para el caudal aportante de la quebrada Lúcumá en análisis para ello se asignó un hidrograma que fue elaborado por el área de hidrología para el periodo de retorno de 100 años.

Para finalizar, para la condición de salida se estableció el tipo “Normal Depth” o pendiente de fondo del cauce a la salida, en donde a partir de la pendiente el modelo cLúcumará las pérdidas a la salida.

Cabe mencionar que, las pendientes de fondo tanto para la condición de ingreso y salida de los modelos hidráulicos, que según la base teórica es paralela a la pendiente de energía, se ingresaron de manera manual utilizando la herramienta de Ras Mapper. Además, independientemente del valor de la pendiente ingresada, el software estabiliza los resultados de las aproximaciones numéricas considerando las condiciones topográficas, caudal y coeficiente de rugosidad de Manning, obteniendo así los mismos resultados en los sectores de interés a pesar de variar el valor de las pendientes.

Para el caso de la propuesta de la faja marginal en la quebrada Lúcumá, solo nos enfocaremos en la condición de la quebrada en sí, ya que desea de conocer el comportamiento de esta además de conocer cuáles serían las zonas afectadas; así mismo la condición de salida será aguas abajo del río Santa Eulalia, con el objetivo de conocer si el flujo que aporta esta quebrada desemboca en el río en mención.

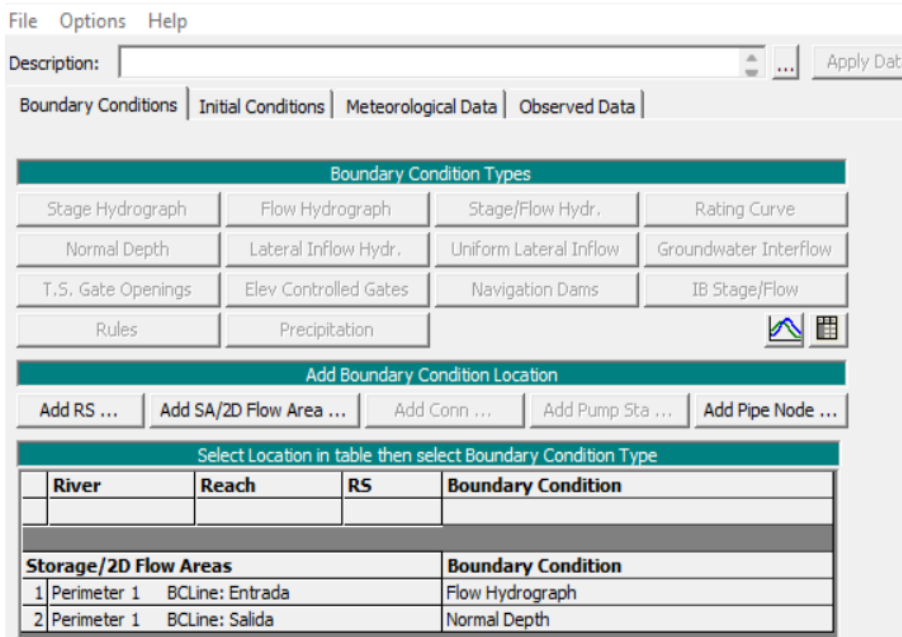
Figura 8: Ingreso de las condiciones de contorno



Fuente: Elaboración propia – Extraída del HecRas

Figura 9: Ingreso del flujo no permanente

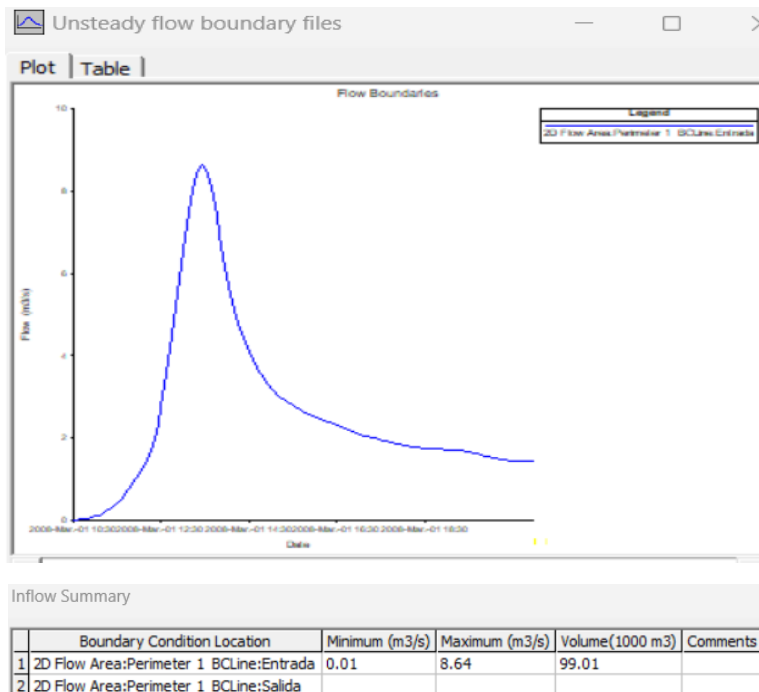
“Decenio de la Igualdad de Oportunidades para Mujeres y Hombres”
 “Año de la Esperanza y el Fortalecimiento de la Democracia”



Fuente: Elaboración propia – Extraída del HecRas

Presentamos un hidrograma que es un parámetro necesario para las condiciones de contorno de ingreso en el modelo HEC-RAS:

Figura 10: Hidrogramas de entrada ingresados en el software HEC-RAS – TR 100 años



Fuente: Elaboración propia – Extraída del HecRas

2.6.5. Tiempo de cómputo

“Decenio de la Igualdad de Oportunidades para Mujeres y Hombres”
“Año de la Esperanza y el Fortalecimiento de la Democracia”

Se ha definido como tiempo de simulación conforme el tiempo de los hidrogramas ingresados en las condiciones de contorno. Se ha establecido las fechas de inicio y fin de la simulación de manera hipotética tal como se aprecia en la siguiente ilustración. Se ha establecido una fecha hipotética.

Figura 11: Tiempo de simulación

Simulation Time Window			
Starting Date:	01MAR2008	Starting Time:	10 10
Ending Date:	01MAR2008	Ending Time:	2000

Fuente: Elaboración propia (Extraído HEC-RAS 6.3.1)

Se definió el intervalo de tiempo salida de mapeo, intervalo de salida del hidrograma e intervalo de salida detallada, dicho paso de tiempo solo nos servirá para mostrar los resultados obtenidos y se tomó en función del paso de tiempo del hidrograma.

Figura 12: Configuración de cálculo

Computation Settings			
Computation Interval:	0.3 Second	Hydrograph Output Interval:	1 Minute
Mapping Output Interval:	1 Minute	Detailed Output Interval:	1 Minute

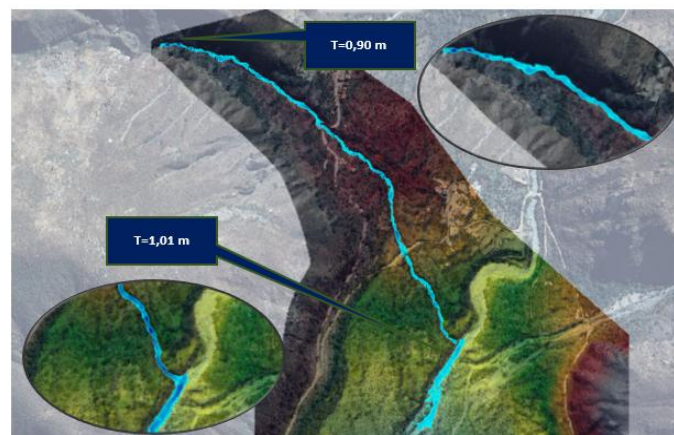
Fuente: Elaboración propia (Extraído HEC-RAS 6.3.1)

2.6.6. Resultados Generales.

Identificación de tirantes cauce principal

En la parte alta de la quebrada Lúcumá, se observa un caudal de entrada de 13,29 m³/s, con tirantes de hasta 0,90 m, para el periodo de retorno de 100 años. Así mismo en la zona baja alcanza un tirante de 1,01 m, con un caudal de salida de 13,34 m³/s, ubicado cerca al centro poblado.

Figura 13: Tirantes máximos: TR 100 años cauce principal



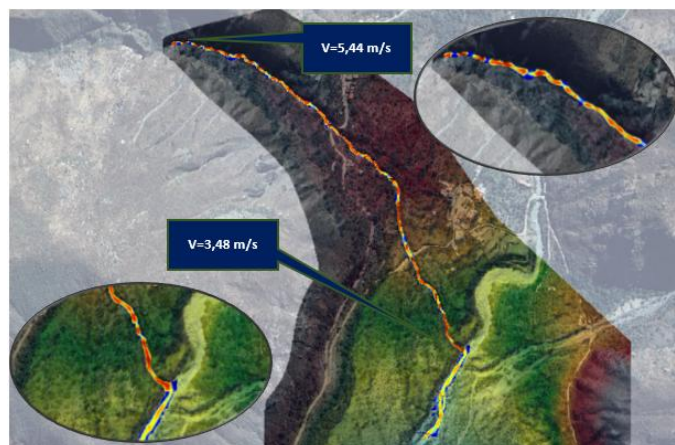
Fuente: Elaboración propia

Identificación de velocidades cauce principal

“Decenio de la Igualdad de Oportunidades para Mujeres y Hombres”
“Año de la Esperanza y el Fortalecimiento de la Democracia”

En la zona alta de la quebrada Lúcumá, se observan velocidades de hasta 5,44 m/s, debido a las altas pendientes que se originan, mientras que, en la zona baja, donde se encuentra el centro poblado, se tiene velocidades de hasta 3,48 m/s, ante una posible activación de la quebrada para el periodo de retorno de 100 años.

Figura 14: Velocidades máximas: TR 100 – Cauce principal



Fuente: *Elaboración propia*

2.6. Análisis multitemporal.

Para realizar el análisis espacio – temporal se descargaron imágenes para cada año de interés. Se trabajó con 02 sectores, identificando los cambios ocurridos tanto en la parte baja como media, ya que en la parte alta no se apreció ningún cambio multitemporal. Para cada año del periodo de estudio (2003 al 2023), se generó una imagen con las mismas coordenadas para una mejor comparación.

Tabla N°10. Años descargados para análisis multitemporal

Año	Fecha
2003	12/08/2003
2010	24/04/2010
2017	24/07/2017
2023	08/09/2023

Fuente: *Elaboración propia*

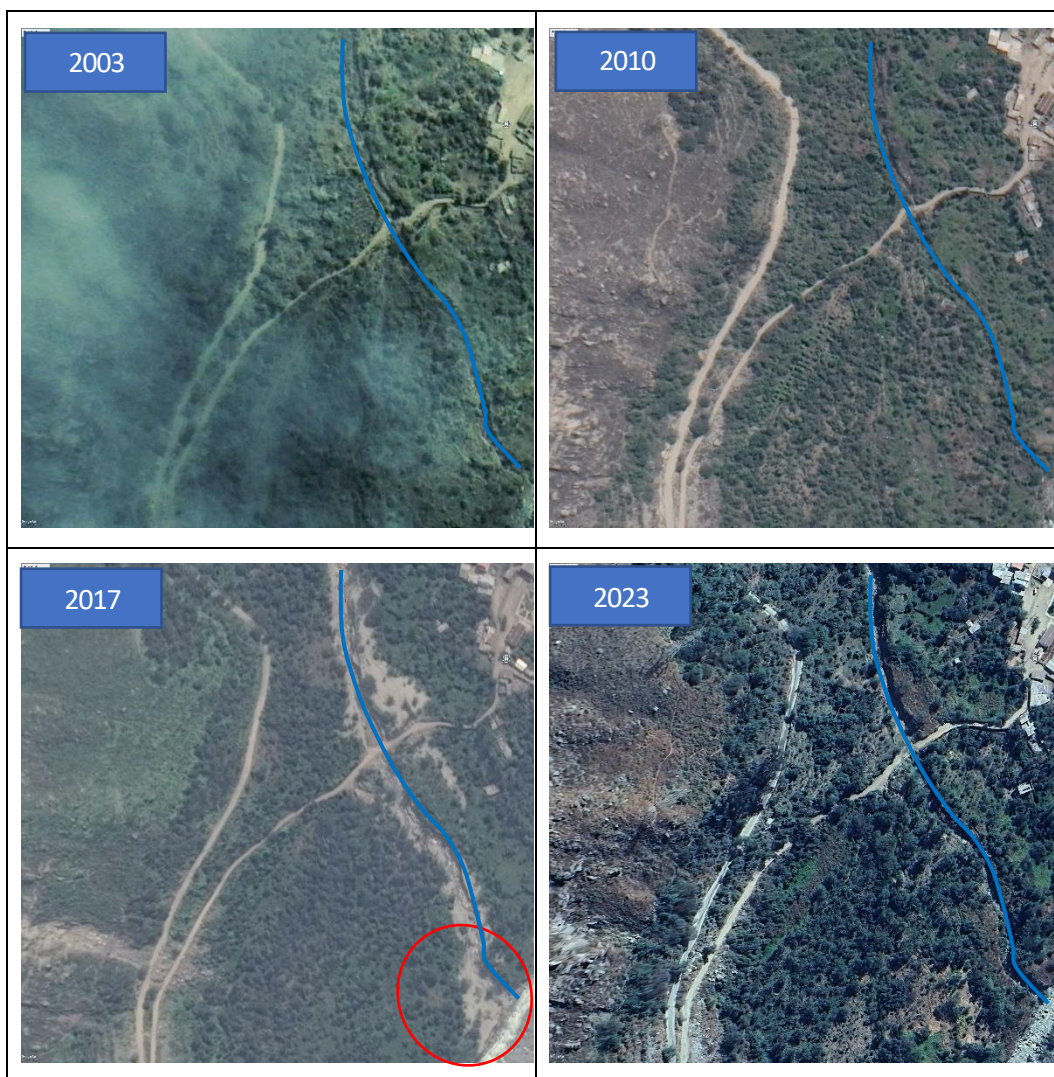
Luego de identificar las zonas a evaluar, se procedió a descargar las imágenes mediante el programa **Google Earth Pro**.

Análisis de imágenes – Zona baja

Desde año 2003 la quebrada Lúcumá muestra en condiciones naturales un cauce definido hasta la salida al río con regular presencia de cobertura vegetal hasta la actualidad en sus márgenes y en el 2017 se aprecia una pequeña socavación en la salida al río. (Figura 15).

Figura 15: Comparación de imágenes 2003 – 2023 parte baja

“Decenio de la Igualdad de Oportunidades para Mujeres y Hombres”
“Año de la Esperanza y el Fortalecimiento de la Democracia”



Fuente: Elaboración propia

Análisis de imágenes – Zona media

En la parte media, se puede apreciar que desde el año 2003 existe presencia de cobertura vegetal de la quebrada Lúcumá, se aprecia un cauce definido en condiciones naturales y zonas eriazas a sus márgenes. (Figura 16).

Figura 16: Comparación de imágenes 2003 – 2023 parte media



“Decenio de la Igualdad de Oportunidades para Mujeres y Hombres”
“Año de la Esperanza y el Fortalecimiento de la Democracia”



Fuente: Elaboración propia

2.7. Alternativa de tratamiento y encauzamiento del cauce.

Las Pautas metodológicas para la incorporación del análisis del riesgo de desastres en los Proyectos de Inversión Pública indica algunas medidas estructurales para mitigar el impacto negativo del peligro, que se describirán a continuación:

a) Carreteras

- Cuando el trazo de la carretera se encuentra en el área de inundación, se debe diseñar obras de defensa ribereña paralelas al trazo de la carretera, con el fin de evitar la erosión del material de la plataforma de la carretera.
- En lo posible, ubicar el trazo de la carretera fuera del área transversal ocupada por los volúmenes críticos alcanzados de materiales sólidos mezclados con el agua.
- Cuando el trazo de la carretera se encuentra en el área afectada, se debe diseñar obras de protección con el fin de evitar la remoción del material de la plataforma de la carretera.

“Decenio de la Igualdad de Oportunidades para Mujeres y Hombres”
“Año de la Esperanza y el Fortalecimiento de la Democracia”

- Cuando el trazo de la carretera corta el cauce de quebradas que evacuan el agua al cauce del río, el diseño de las alcantarillas, para el cruce de la carretera con la quebrada, debe considerar la capacidad necesaria para las avenidas máximas de las quebradas.
- El diseño debe considerar, entre las labores de mantenimiento, la ejecución de la limpieza inmediata (retiro de materiales sólidos), después de la ocurrencia de huaicos, aludes o aluviones, independientemente de la magnitud de estos, con el fin de permitir el tránsito de los eventos que ocurran posteriormente.
- Diseñar obras complementarias de estabilidad de taludes, como el desarrollo de especies vegetales, etc.

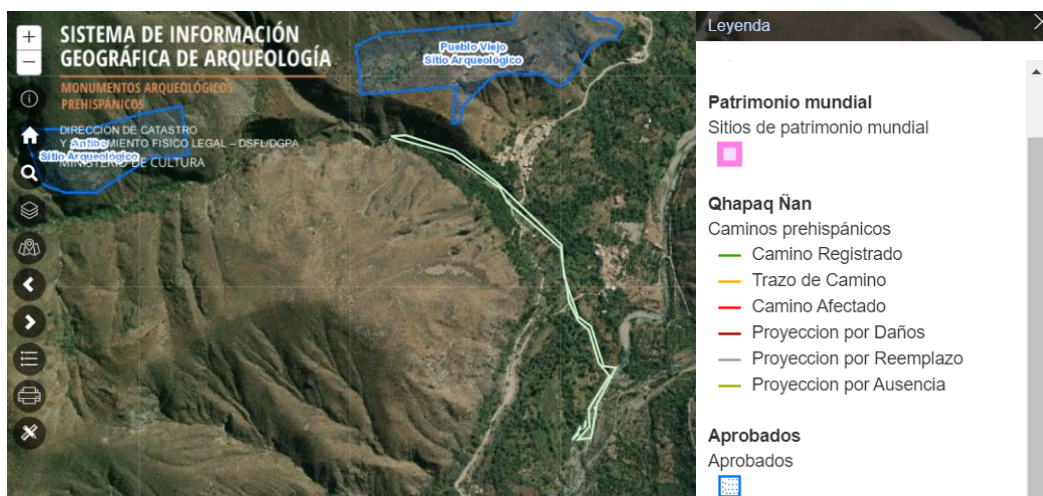
b) Obras de derivación y conducción

- Cuando el trazo del canal o tubería sigue paralelo al cauce del río o quebrada y se encuentra en el área afectada, se debe diseñar obras de protección a fin de evitar la remoción del material de la plataforma de la carretera.
- Cuando el trazo del canal o tubería cruza el cauce de quebradas que evacuan el agua al cauce del río, el diseño de las alcantarillas, para el cruce de las obras con la quebrada, debe considerar la capacidad necesaria para las avenidas máximas.

2.8. Factor Sociocultural.

Según el Sistema de Información Geográfica de Arqueología (SIGDA) el área propuesta para la faja marginal cuenta con presencia de un sitio arqueológico muy cerca a la propuesta de faja marginal. Esta información es necesaria para los fines que ameritan y para tener en cuenta la parte histórica de la zona.

Figura 17: Vista de zonas arqueológicas



Fuente: SIGDA

3. DELIMITACIÓN DE LA FAJA MARGINAL



“Decenio de la Igualdad de Oportunidades para Mujeres y Hombres”
“Año de la Esperanza y el Fortalecimiento de la Democracia”

3.1. Dimensionamiento de la faja marginal.

Para determinar la faja marginal se realiza en base a los resultados de la modelación hidráulica en los tramos correspondientes, de acuerdo con los criterios siguientes:

- a) El reglamento de fajas marginales de la ANA determina que, una vez determinado el límite superior de la ribera, se establece el ancho mínimo de la faja marginal de acuerdo con lo señalado en el artículo 12; por tanto, se propone un ancho mínimo de 3,0 metros para cada margen, a partir del límite de la ribera, debido a que la pendiente del tramo de la quebrada Lúcumá y sus aportantes, su tipo de fuente es quebrada y tramos de ríos de alta pendiente (mayores a 2%) encañonado de material rocoso.

Tabla N°11. Ancho mínimo de la faja marginal de acuerdo con el tipo de fuente

Tipo de fuente	Ancho mínimo (m)
Quebradas y tramos de ríos de alta pendiente (mayores a 2%) encañonados de material rocoso	3
Tramo de ríos con pendiente media (1 – 2%)	4
Tramos de ríos con baja pendiente (menores a 1%) y presencia de defensas vivas	6
Tramos de ríos con baja pendiente (menores a 1%) y riberas desprotegidas	10
Tramos de ríos con estructuras de defensas ribereñas (Gaviones, diques, enrocados, muros, etc)	4 ¹
Tramos de río de selva con baja pendiente (menores a 1%)	25
Lagos y lagunas	10

¹ Medidos a partir del pie de talud externo

Fuente: Resolución Jefatural N° 332- 2016-ANA

Cabe al aclarar de acuerdo al Artículo N° 114 del Reglamento de la Ley de Recursos Hídricos, se determinan los criterios para la delimitación de las riberas y faja marginal respectivamente como b) Espacio necesario para la construcción, conservación y protección de las defensas ribereñas de los cauces y c) El espacio necesario para los usos públicos que se requieran.

- b) El hito inicial de la faja marginal de la quebrada Lúcumá comenzará como se muestra a continuación ya que no existe faja marginal delimitada en esa zona del río Rímac.

Así mismo teniendo en cuenta lo estipulado en el Artículo 120 de reglamento de la ley 29338, que dispone que en las propiedades adyacentes a las riberas se mantendrá libre, una faja marginal de terreno necesaria para la protección, el uso primario del agua, el libre tránsito, la pesca, caminos de vigilancia u otros servicios públicos. Además, señala que no habrá lugar a indemnización por la servidumbre, pero quienes usen de ella quedan obligados a indemnizar los daños de causen.

Igualmente, basado en la Ley N° 30556 de Reconstrucción con Cambios y su Texto Único Ordenado (Decreto Supremo N° 094-2018-PCM), que establece disposiciones para la prevención y reconstrucción de zonas afectadas por desastres naturales, incluyendo la delimitación de fajas marginales en áreas de

“Decenio de la Igualdad de Oportunidades para Mujeres y Hombres”
“Año de la Esperanza y el Fortalecimiento de la Democracia”

riesgo.

3.2. Verificación Técnica de Campo

Mediante Memorando N° 4438-2025-ANA-AAA.CF de fecha 25-08-2025, se solicita a la Administración Local del Agua (ALA) Chillón Rímac Lurín que realice la verificación técnica de campo, por lo que mediante Oficio N°0581-2025-ANA-AAA.CF-ALA.CHRL la ALA Chillón Rímac Lurín notifica a la Municipalidad Distrital Santa Eulalia, a fin de que participen de la verificación técnica de campo programada para el día miércoles 03 de setiembre del 2025 a las 02:00 pm, siendo el punto de encuentro el sector.

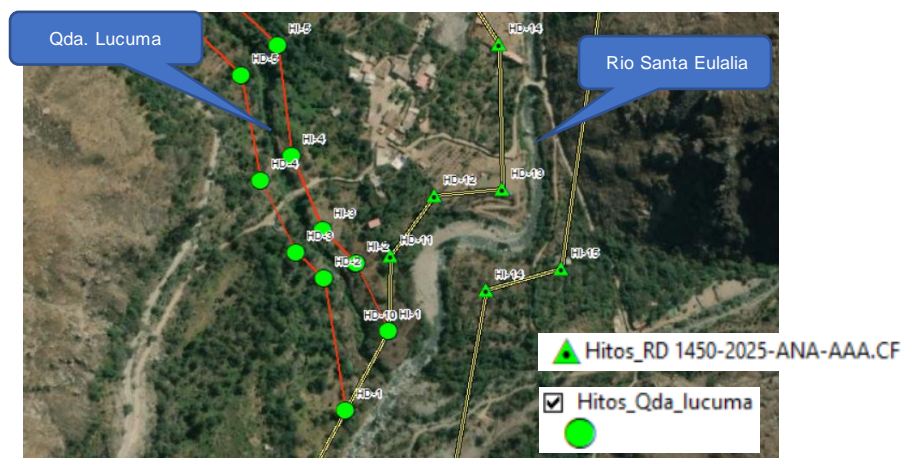
Mediante Informe Técnico N°108-2025-SDPN, la ALA Chillón Rímac Lurín realizó el informe respecto a la verificación técnica de campo en la cual concluye que:

- Mediante acta de determinación de Faja Marginal de la quebrada Lúcumá – longitud 0,98 Km, la Municipalidad de Santa Eulalia y la ALA Chillón Rímac Lurín emiten opinión favorable con respecto a la delimitación de faja marginal, la cual consta de 08 hitos ubicados en la margen derecha y los 08 hitos ubicados en la margen izquierda de la quebrada Lucuma (0,98 Km)
- Establecer la delimitación de la Faja Marginal de la quebrada Lucuma, el cual cuenta con un total de 16 hitos, de ellos 08 son de la margen derecha y 08 de la margen izquierda.

3.3. Límites de la faja marginal de la quebrada Lúcumá

Considerando que la faja marginal del río Santa Eulalia se encuentra delimitada y aprobada mediante la Resolución Directoral N° 1450-2025-ANA-AAA.CF de fecha 29 de diciembre de 2025, y siendo la quebrada Lúcumá un tributario de dicho río, se procederá con la reubicación y ajuste de los hitos (HD-01 y HI-01) inicialmente propuesto, con la finalidad de garantizar la concordancia y el empalme técnico con la poligonal de la faja marginal aprobada (Río Santa Eulalia).

Figura 18: Ubicación de inicio de delimitación de Faja marginal de la quebrada Lucuma



Fuente: Elaboración propia



“Decenio de la Igualdad de Oportunidades para Mujeres y Hombres”
“Año de la Esperanza y el Fortalecimiento de la Democracia”

La propuesta de hitos de la faja marginal para la quebrada Lucuma, desde la progresiva Km 0+000 hasta Km 0+980 (0,98 Km), ubicada en el distrito de Santa Eulalia, se detalla en la Tabla 12 y 13:

Tabla N°12. Hitos de la faja marginal de la quebrada Lucuma (0,98 Km) - Margen derecha

FAJA MARGINAL - QUEBRADA LUCUMA - MARGEN DERECHA KM 0+000 AL 0+980 (0,98 KM)					
HITO	ESTE (m)	NORTE (m)	HITO	ESTE (m)	NORTE (m)
HD-01	322 548	8 693 268	HD-05	322 433	8 693 638
HD-02	322 525	8 693 414	HD-06	322 266	8 693 802
HD-03	322 494	8 693 443	HD-07	322 119	8 693 906
HD-04	322 454	8 693 523	HD-08	321 966	8 693 938

Fuente: Elaboración propia

Tabla N°13. Hitos de la faja marginal de la quebrada Lucuma (0,98 Km) - Margen izquierda

FAJA MARGINAL - QUEBRADA LUCUMA - MARGEN IZQUIERDA KM 0+000 AL 0+980 (0,98 KM)					
HITO	ESTE (m)	NORTE (m)	HITO	ESTE (m)	NORTE (m)
HI-01	322 596	8 693 355	HI-05	322 474	8 693 672
HI-02	322 561	8 693 430	HI-06	322 290	8 693 844
HI-03	322 524	8 693 468	HI-07	322 141	8 693 944
HI-04	322 489	8 693 550	HI-08	321 978	8 693 986

Fuente: Elaboración propia

4. CONCLUSIONES

- 4.1. El estudio cumple con las normativas vigentes en materia de recursos hídricos, incluyendo la Ley de Recursos Hídricos (Ley N° 29338) y su Reglamento (Decreto Supremo N° 001-2010-AG) la Resolución Jefatural N° 332-2016-ANA y la Ley N° 30556 de Reconstrucción con Cambios.
- 4.2. Bajo las disposiciones establecidas en la normativa vigente en materia de delimitación de fajas marginales y efectuado el estudio hidrológico de máximas avenidas se recomienda considerar los caudales determinados para un periodo de retorno de 100 años, porque existen viviendas y/o poblaciones asentadas próximas y en los mismos cauces de las quebradas en estudio.

Quebrada Lúcumá	Caudal máximo para periodo de retorno de 100 años
Lucuma (SB1)	8,64 m ³ /s
(Sink)	8,64 m ³ /s

Fuente: Elaboración propia

Periodo de retorno	Caudal líquido	Concentración volumétrica de sedimentos	Factor de Bulking	Caudal total
	m ³ /s	Cv	BF	m ³ /s
100	8,64	0,35	1,53	13,22

Fuente: Elaboración propia

- 4.3. Se determinó el coeficiente de rugosidad de Manning, utilizando las tablas de suelo



“Decenio de la Igualdad de Oportunidades para Mujeres y Hombres”
“Año de la Esperanza y el Fortalecimiento de la Democracia”

de acuerdo a la guía metodología para el desarrollo del sistema nacional de cartografía de zonas inundables, del Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino, del Gobierno de España según SIOSE y CLC2000, así como las tablas de rugosidad de Manning para colchones Reno, Gaviones y Geomantas del Manual Técnico de Revestimiento de canales y cursos de agua de MACCAFERRI. Obteniéndose lo siguiente:

USOS DE SUELOS	COEFICIENTE DE RUGOSIDAD
QUEBRADAS	0,048
SUELO DESNUDO	0,023
CAMINO CARRIZABLE	
MANZANAS	0,02
ASFALTO	0,10

- 4.4. Se ha realizado la configuración del modelo estableciendo mallas zonificadas lo que significa asignar un tamaño de malla menor para cursos de agua. Asimismo, se trabajó con malla no estructurada ya que esta se adapta mejor a las irregularidades de los tramos del cauce con una malla de 3 m y en zonas de refinamiento 2 m.
- 4.5. La propuesta de faja marginal garantiza la protección del cauce, el uso primario del agua, el libre tránsito, caminos de vigilancia y otros servicios públicos.
- 4.6. La propuesta de hitos de la faja marginal para la quebrada Lúcumá tributario del río Rímac – margen derecha (0,98 Km), ubicado en el distrito de Santa Eulalia, provincia de Huarochirí, departamento de Lima se detalla en el siguiente cuadro.

Ubicación del tramo de estudio

Ubicación del tramo de estudio - Quebrada Lúcumá - Longitud 0,98 km						
Cuerpo de Agua	Sector	Inicio		Final		Longitud (Km)
		Este	Norte	Este	Norte	
Quebrada	Lúcumá	322 597	8 693 303	321 971	8 693 956	0,98
N° HITOS		16	Hitos Margen Derecha		Hitos Margen Izquierda	
			08		08	

De acuerdo con los criterios para delimitar la faja marginal, la propuesta de los hitos se detalla en el siguiente cuadro.

Propuesta de faja marginal de la quebrada Lúcumá, tributario del río Rímac.

FAJA MARGINAL - QUEBRADA LUCUMA - MARGEN DERECHA KM 0+000 AL 0+980 (0,98 KM)					
HITO	ESTE (m)	NORTE (m)	HITO	ESTE (m)	NORTE (m)
HD-01	322 548	8 693 268	HD-05	322 433	8 693 638
HD-02	322 525	8 693 414	HD-06	322 266	8 693 802
HD-03	322 494	8 693 443	HD-07	322 119	8 693 906
HD-04	322 454	8 693 523	HD-08	321 966	8 693 938



“Decenio de la Igualdad de Oportunidades para Mujeres y Hombres”
“Año de la Esperanza y el Fortalecimiento de la Democracia”

FAJA MARGINAL - QUEBRADA LUCUMA - MARGEN IZQUIERDA KM 0+000 AL 0+980 (0,98 KM)					
HITO	ESTE (m)	NORTE (m)	HITO	ESTE (m)	NORTE (m)
HI-01	322 596	8 693 355	HI-05	322 474	8 693 672
HI-02	322 561	8 693 430	HI-06	322 290	8 693 844
HI-03	322 524	8 693 468	HI-07	322 141	8 693 944
HI-04	322 489	8 693 550	HI-08	321 978	8 693 986

5. RECOMENDACIONES

- 5.1. La delimitación de la faja marginal se ha realizado de acuerdo con la normativa vigente. En consecuencia, se recomienda implementar un programa de sensibilización y educación sobre la necesidad de respetar la faja marginal, en conformidad con lo establecido en el Artículo 120 del Reglamento de la Ley de Recursos Hídricos (R-LRH) y la normativa conexas, lo cual deberá ser coordinado con la Municipalidad Distrital de Santa Eulalia, cumpliendo su autoridad fiscalizadora, y dirigido para los diferentes actores de la cuenca.
- 5.2. Realizar actividades de mantenimiento del cauce antes y después de la ocurrencia de eventos de máximas avenidas.
- 5.3. El gobierno local debe proponer planes a mediano y largo plazo para el ordenamiento territorial, que conlleve a desarrollar actividades de reubicación de la población ubicada en zonas de riesgo, dado que los proyectos estructurales tienen un tiempo de vida útil determinado.
- 5.4. La delimitación de faja marginal de la quebrada Lucuma entre las progresivas 0+000 hasta Km 0+980 fue tomando el estudio de topografía (considerando las condiciones actuales de la zona), hidrología y modelación hidráulica para el periodo de retorno de 100 años, sin embargo, si se plantea la modificación de los hitos, las condiciones de la zona en estudio deben mejorarse, mostrándose obras de protección que permita que las condiciones sean favorables y siendo demostrado técnicamente con la metodología realizada en el presente estudio.
- 5.5. Se recomienda a la Municipalidad Distrital de Santa Eulalia y Municipalidad Provincial de Huarochirí, Gobierno Regional de Lima, tener en cuenta el Decreto Supremo N° 094-2018-PCM (TUO de la ley 30556), que en su Quinta disposición complementaria establece (...) declárase como zonas intangibles los cauces de las riberas, las fajas marginales y las fajas de terreno que conforman el derecho de vía de la red vial del Sistema Nacional de Carreteras; y prohíbase expresamente la transferencia o cesión para fines de vivienda, comercio, agrícolas y otros, sean estas para posesiones informales, habilitaciones urbanas, programas de vivienda o cualquier otra modalidad de ocupación poblacional, asimismo también se establece que las zonas declaradas de riesgo no mitigable, quedan bajo administración y custodia del Gobierno Regional de la jurisdicción, el que preserva su intangibilidad, bajo responsabilidad del titular del Gobierno Regional y de aquella autoridad que se designe. El Gobierno Regional, con opinión del Gobierno Local correspondiente, se encuentra facultado a disponer la desocupación y/o demolición de toda edificación,



PERÚ

Ministerio
de Desarrollo Agrario
y Riego



“Decenio de la Igualdad de Oportunidades para Mujeres y Hombres”
“Año de la Esperanza y el Fortalecimiento de la Democracia”

pudiendo inclusive utilizar el mecanismo de la recuperación extrajudicial prevista en los artículos 65 al 67 de la Ley N.º 30230.

- 5.6. Comunicar al Ministerio de Transporte y Comunicaciones, la Municipalidad Distrital de Santa Eulalia, Municipalidad Provincial de Huarochirí, Gobierno Regional de Lima, Organismos de Formalización de la Propiedad Informal – COFOPRI, Centro Nacional de Estimación, Prevención y Reducción de Riesgos de Desastres – CENEPRED, Oficina Registral de Lima - SUNARP, Instituto Nacional de Defensa Civil, Superintendencia de Bienes Nacionales, a fin de realizar las acciones pertinentes para preservar este espacio como bien de dominio público hidráulico. Remitir copia a la Administración Local de Agua Chillón Rímac Lurín, conforme a ley.