



AUTORIDAD NACIONAL DEL AGUA

DIRECCION DE ESTUDIOS DE PROYECTOS HIDRAULICOS MULTISECTORIALES



Tratamiento del Cauce del Río Rímac y Principales Quebradas Tributarias para Mitigar Efectos de Eventos Hidrológicos Extremos

Vol I: Memoria Descriptiva

Lima, Agosto 2012

MINISTERIO DE AGRICULTURA

Milton Martín von Hesse La Serna
Ministro de Agricultura

AUTORIDAD NACIONAL DEL AGUA

Dr. Hugo Eduardo Jara Facundo
Jefe

DIRECCION DE ESTUDIOS DE PROYECTOS HIDRAULICOS MULTISECTORIALES

Ing. Jorge Luis Montenegro Chavesta
Director

Elaborado por:

*Ing. Tomás Alfaro Abanto
Ing. Juan Bardalez Reátegui
Ing. Irma Martínez Carrillo
Ing. Susan Quiñones Rojas
Ing. Darío Vargas Cerón
Ing. Liz Cieza De Los Santos*

INDICE GENERAL

RESUMEN EJECUTIVO

CAPITULO 1:

Generalidades

CAPITULO 2:

Información básica de la cuenca

CAPITULO 3:

Geología y geotecnia

CAPITULO 4:

Caudales máximos-eventos extremos

CAPITULO 5:

Red geodésica

CAPITULO 6:

Identificación de zonas de extracción de material de acarreo en el río Rímac

CAPITULO 7:

Influencia del aporte de las quebradas y deslizamientos al tratamiento del cauce

CAPITULO 8:

Calidad del agua superficial del río Rímac

CAPITULO 9:

Identificación de puntos críticos de inundación y erosión fluvial

CAPITULO 10:

Parámetros hidráulicos y acondicionamiento del cauce en régimen estable

CAPITULO 11:

Gestión de riesgos-propuesta de medidas estratégicas

CAPITULO 12:

Impactos Ambientales del estudio

CAPITULO 13:

Conclusiones y recomendaciones

ANEXOS

Tratamiento del Cauce del Río Rímac y Principales Quebradas Tributarias para Mitigar Efectos de Eventos Hidrológicos Extremos

RESUMEN EJECUTIVO

La Ley de Recursos Hídricos, faculta a la Autoridad Nacional del Agua (ANA) ejercer jurisdicción administrativa exclusiva en materia de aguas, desarrollando acciones de administración, fiscalización, control y vigilancia, para asegurar la preservación y conservación de las fuentes naturales de agua....., bajo este mandato la Dirección de Estudios de Proyectos Hidráulicos Multisectoriales, ha programado para el año 2012 dos estudios en el cauce del río Rímac: (1) estudio de "Tratamiento de cauce del río Rímac para el control de inundaciones" y (2) Perfil "Instalación de los Servicios de Protección del Río Rímac, distritos de Lurigancho, Chaclacayo y Ate, provincia de Lima, departamento de Lima.

Las principales causas de los desbordes o inundaciones son la obstrucción natural o inducido del lecho y desviación de las aguas fuera de su curso normal; acumulación periódica de materiales transportados por el río que elevan el nivel del flujo del cauce; invasión de los terrenos dejados por el río (lecho antiguo), reduciendo su capacidad de flujo sin tener en cuenta los caudales extremos.

1. **Objetivo.** Tiene como objetivo disponer de una herramienta de gestión apropiada para que el Consejo Hídrico de Cuenca, Gobiernos Regionales de Lima y Callao, gobiernos Locales e instituciones privadas; puedan planificar concertadamente actividades y obras de prevención y defensa, vinculadas a la reducción de riesgos de inundaciones y erosión fluvial, en río Rímac.

2. **Finalidad.**
 - ✓ Establecer los parámetros hidráulicos.
 - ✓ Georreferenciar y monumentar una Red Geodésica horizontal y vertical compuesto por puntos geodésicos de orden "C" a lo largo de 120 Km, desde el litoral hasta el distrito de Chicla en Huarochiri.
 - ✓ Identificar las zonas vulnerables de desborde y erosión.

- ✓ Proponer medidas estratégicas de solución (estructural y no estructural) para el plan de Gestión de Riesgos.
 - ✓ Analizar la situación de la calidad del agua y proponer algunas recomendaciones para su mejora.
3. **Problemática.** El crecimiento de las ciudades o expansión urbana sin ordenamiento como San Mateo, Matucana, Chosica, Chaclacayo, Ate, San Martín, el Callao, entre otros; vienen incrementado la presión sobre los cauces y áreas aledañas invadiendo las fajas marginales y reduciendo la sección hidráulica de los ríos y quebradas, lo que ha originado una mayor fragilidad y exposición al riesgo por inundaciones. A esto se suma un deficiente mantenimiento de los cauces, debido a la escasa atención por los Gobiernos Regionales y Locales; y la escasa cultura de prevención de los desastres.
4. **Ámbito.** El ámbito de estudio abarca desde el litoral marino en el Callao, hasta el distrito de Chicla en la provincia de Huarochiri, aproximadamente unos 120 Km.

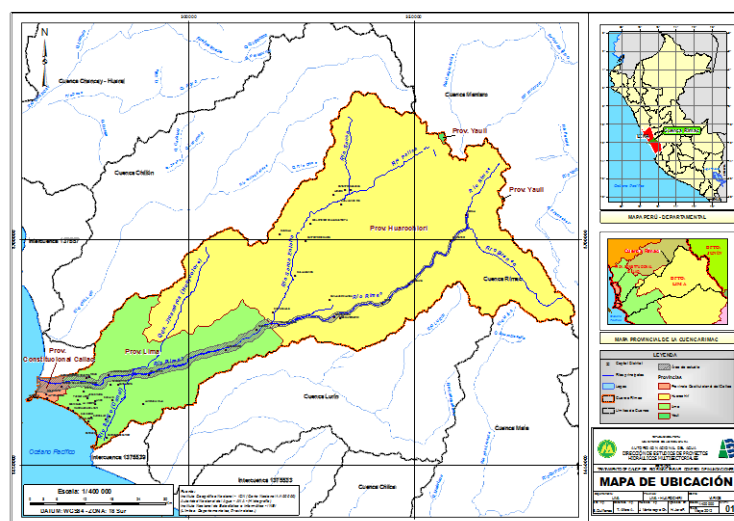


Figura 1. Ubicación de la cuenca del río Rímac

Fuente: Elaboración propia

5. **Zonas vulnerables ante inundación y erosión.** Como consecuencia de la topografía de las riberas áreas aledañas, condiciones físico-mecánico del suelo y caudales extremos en época de precipitaciones fuertes. Esta actividad ha contemplado 2 fases: campo y gabinete.

a. **Fase de campo.** Se ha levantado información de las características de las zonas vulnerables, haciendo uso formatos.



Figura 2. Puntos críticos de inundación y erosión. (a) Qda. Huaycoloro y (b) distrito de Chicla.

b. **Fase de gabinete.** Se ha realizado una simulación hidráulica del río Rímac, para identificar los sectores de inundación y la evaluación de la magnitud de los impactos.



Figura 3. Simulación hidráulica del río Rímac

6. Propuesta de medidas estratégicas. Tomando en cuenta las características de las zonas se han planteado las estrategias de intervención para prevenir y reducir el riesgo por inundación y erosión; considerando tramos de 5 kilómetros. Tenemos las medidas estructurales y no estructurales.

a. Medidas estructurales. Son obras de defensa ribereñas como diques, espigones, encauzamiento, reforestación, etc. El material propuesto es roca, gaviones u otro material adecuado a la zona.

b. Medidas no estructurales. Son aquellas de carácter administrativo como Resoluciones Administrativas, programa de sensibilización y capacitación, alerta temprana, simulacros y ordenamiento territorial de las fajas marginales. Estas medidas deben ser lideradas por el Gobierno Regional y Gobierno Local principalmente.

En la figura 3, se muestra algunas medidas estructurales y no estructurales adoptadas a lo largo del río Rímac. El dimensionamiento de las obras de defensa ribereña, ha tomado en cuenta el comportamiento hidrológico y la geología del lugar.

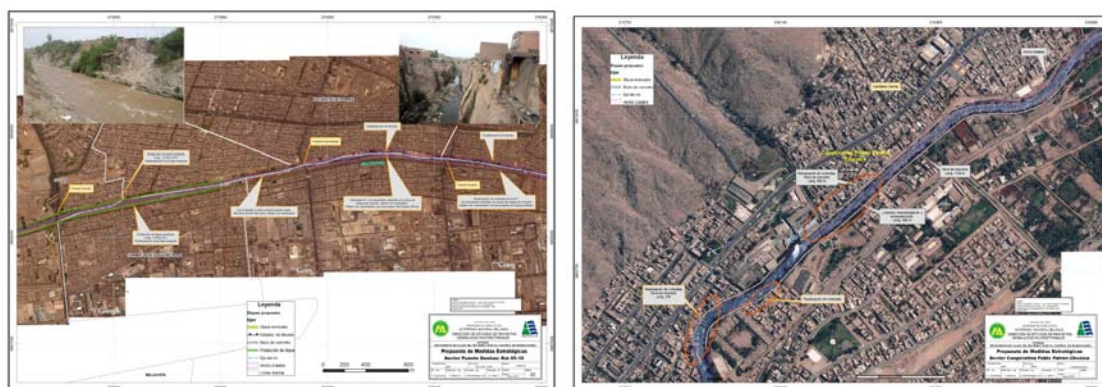


Figura 4. Propuesta de medidas estratégicas para el control de las inundaciones

7. **Georreferenciación y monumentación de la Red Geodésica.** A lo largo de 120 Km, se ha instalado una red Geodésica Horizontal y Vertical, constituido por Puntos Geodésicos de Orden “C”, validados por el Instituto Geográfico Nacional.

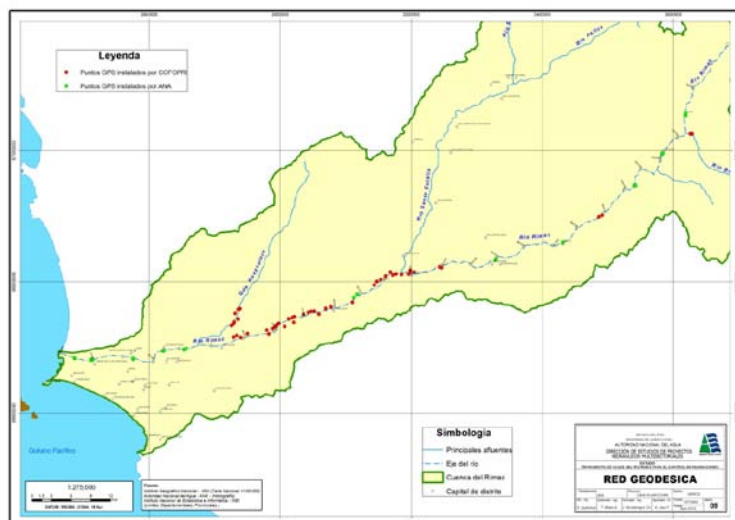


Figura 5. Red geodésica en el cauce del río Rímac

8. **Calidad del agua superficial.** El problema de la contaminación del río Rímac históricamente ha estado relacionado con las descargas de los relaves generados por la industria minera en la parte alta y media de la cuenca, por lo que puede existir un alto riesgo de contaminación por metales pesados y causar un impacto negativo en el medio ambiente y en la salud humana. A ello se suma el acelerado crecimiento urbano de los poblados localizados en la parte media y baja de la cuenca, que también descargan en el río importantes caudales de sus desagües domésticos sin ningún tratamiento.

Razón por la cual se ha incluido el tema de calidad en este Estudio, para poner en advertencia a los actores de la cuenca y se tomen medidas urgentes para reducir la carga de contaminantes físico-química y microbiológica.

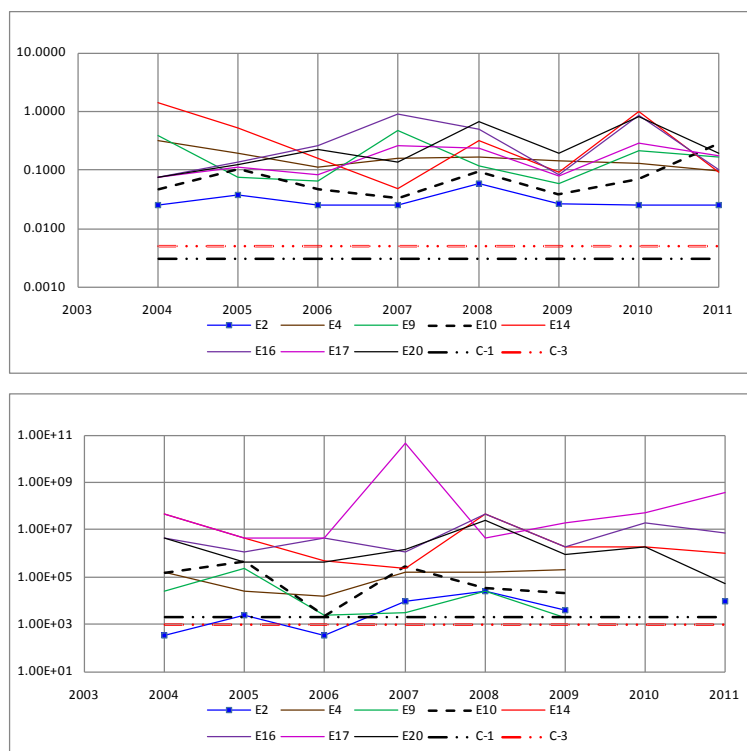


Figura 6. Niveles de concentración (a) plomo y (b) coliformes fecales

9. Conclusiones y recomendaciones. Al contar con un estudio de tratamiento integral de cauces, elaborado sobre el concepto de régimen hidráulico estable, conservación del medio ambiente y la participación de diferentes actores; traerá consigo que las autoridades, cuenten con una herramienta de gestión participativa al momento de priorizar proyectos de defensa ribereña.

La propuesta estratégica contempla medidas estructurales y no estructurales, y se han planteado bajo el concepto del régimen estable, lo que significa que las zonas vulnerables o puntos críticos no representen riesgos de desbordes y erosión de riberas.

Se recomienda que los gobiernos locales y regionales prioricen las actividades planteadas en el estudio para garantizar principalmente la seguridad de la población asentada en las riberas del río Rímac

CAPITULO 1



GENERALIDADES

INDICE

CAPITULO 1	1
GENERALIDADES.....	3
1.1 Antecedentes	3
1.2 Objetivo General	4
1.3 Objetivos específicos	4
1.4 Alcances del estudio	5
1.5 Problemática	5
1.6 Definiciones.....	6

GENERALIDADES

1.1 Antecedentes

Antes de la Reforma Agraria, las haciendas importantes y entidades privadas involucradas en el manejo y administración del agua, asumieron la responsabilidad del mantenimiento y construcción de obras de defensa ribereña.

En la Reforma Agraria y la promulgación de la Ley General de Aguas, el Estado asume el mantenimiento de los cauces de los ríos, mediante obras de encauzamiento y protección de sus márgenes; su accionar era más intenso en las épocas de máximas avenidas; la intervención de los agricultores era mínimo, más bien pasivo y el Estado desempeñó un papel más activo.

Durante los años 1997 a 1998, el Ministerio de Agricultura adquirió maquinaria pesada como excavadoras, tractores de orugas, cargadores frontales y volquetes para realizar trabajos de descolmatación de ríos, quebradas, drenes y reforzamiento de obras de captación en prevención del Fenómeno El Niño 1998.

En el periodo de 1999 al 2009 el Ministerio de Agricultura ha ejecutado acciones, en los ríos del País, para disminuir problemas de inundaciones; estas acciones se ejecutaron con el Programa de Encauzamiento de Ríos y Protección de Estructuras de Captación-PERPEC. El programa, ejecutó obras de prevención y acciones de contingencia, con una inversión de más de 400 millones de soles, para 1800 proyectos, beneficiar a más de 700 mil Familias y proteger más de 800 mil ha.

El Ministerio de Agricultura, mediante convenio con el Instituto de Recursos Naturales (INRENA) y posteriormente Autoridad Nacional del Agua (ANA), han ejecutado el Programa de Encauzamiento de Ríos y Protección de Estructuras de Captación (PERPEC), en diferentes valles del Perú.

Bajo este convenio, en el río Rímac, se han construido obras estructurales de defensa ribereña, desde el año 1999 hasta el año 2009; que comprenden

limpieza y descolmatación de cauce, construcción de diques enrocados y protección de estructuras.

La participación de las organizaciones de regantes (Juntas de Usuarios y comisiones de regantes) en la ejecución de estas obras fue a través del cofinanciamiento; así, como en la elaboración de perfiles de pre-inversión y expediente técnicos.

1.2 Objetivo General

Disponer de una herramienta de gestión apropiada para que los Consejos Hídricos de Cuenca, Gobiernos Regionales y Locales e instituciones privadas; puedan planificar concertadamente actividades y obras de prevención y defensa, vinculadas a la reducción de riesgos de inundaciones y erosión fluvial, en el río Rímac.

1.3 Objetivos específicos

- ✓ Establecer los parámetros hidráulicos del río como: caudales máximos de diseño, ancho estable del río (que facilite el drenaje del caudal de avenidas ordinarias y extremas, corrigiendo los tramos trenzados, estrangulamiento y ensanchamiento del cauce), niveles de flujo, velocidades máximas, otros.
- ✓ Identificar las zonas vulnerables, susceptible a desborde-erosión por acción del río Rímac, influencia de las quebradas y por la inadecuada extracción de materiales de acarreo.
- ✓ Georreferenciar y monumentar una Red Geodésica horizontal y vertical compuesto por puntos geodésicos de orden "C" a lo largo de 120 Km, desde el litoral hasta el distrito de Chicla en Huarochiri. Esta Red Geodésica servirá de soporte para los levantamientos y topográficos empleados en la elaboración de estudios de preinversión e inversión, así como replanteo en la construcción de obras hidráulicas, defensas ribereñas y control de avenidas dentro de la faja marginal
- ✓ Proponer medidas estratégicas de solución (estructural y no estructural) para el plan de Gestión de Riesgos. Las medidas estructurales son las defensas ribereñas como diques, espigones, descolmatación, limpieza de cauce, reforestación, etc. Las medidas estratégicas no estructurales son el

ordenamiento territorial, capacitaciones, sistema de alerta temprana, ordenanzas, etc.

- ✓ Analizar la situación de la calidad del agua y proponer algunas recomendaciones para su mejora.

1.4 Alcances del estudio

El estudio de tratamiento del río Rímac comprende el tramo desde la desembocadura en el mar progresiva 0+000; hasta la progresiva 120+000 a la altura del distrito de Chicla; una longitud de 120 kilómetros, corresponde a la parte baja, media y alta de la cuenca.

1.5 Problemática

La ocurrencia de inundaciones en el País y su relación con los eventos extremos y los impactos económicos y sociales, ocurridas en el ámbito de las cuencas de las tres vertientes: Pacífico, Amazonas y del Titicaca; han originado anegamiento de calles y viviendas, desborde o destrucción de canales de riego, interrupción o destrucción de carreteras, interrupción de suministro de agua potable y contaminación, inundación y erosión de predios agrícolas y falla de drenes. En resumen afectación importante a las actividades económicas del país.

El desarrollo de las ciudades y su expansión urbana han invadido la faja marginal (por lo general están asentadas las poblaciones de más bajos recursos), obstruyendo los cauces naturales de los ríos y quebradas, reduciendo su cauce y disminuyendo su capacidad de descarga.

En el norte del país, se nota una estrecha relación entre el Fenómeno El Niño (Los más intensos y catalogados como catastróficos se registraron en 1925, 1982-83 y 1997-98), las precipitaciones extremas y las inundaciones, sin embargo no siempre pueden ser atribuidas a este Fenómeno, sino también a procesos naturales meteorológicos o acciones antrópicas.

En el cauce del río Rímac, las inundaciones catastróficas son ocasionadas por el desbordamiento de una avenida ordinaria o extraordinaria con gran capacidad para erosionar o sedimentar. En este proceso de inundación ocurren pérdidas de

cultivos, disminución de tierras de cultivo, deterioro de infraestructura vial, hidráulica y centros poblados; amenazando la vida de los pobladores. Por lo tanto, el valle es considerado muy vulnerable ante la presencia de estos eventos de crecida; como consecuencia de la actividad antrópica y falta de suficientes obras de defensas ribereñas, cobertura vegetal casi inexistente, cauces colmatados, etc.

1.6 Definiciones

Algunas de las definiciones que se mencionan fueron extraídas de la Ley de Recursos Hídricos y su Reglamento N° 29338.

- **Programas Integrales de Control de Avenidas.** El programa integral de control de avenidas comprende el conjunto de acciones estructurales y no estructurales destinadas a prevenir, reducir y mitigar riesgos de inundaciones producidas por las avenidas de los ríos. Involucra proyectos hidráulicos de aprovechamientos multisectoriales y obras de encauzamiento y defensas ribereñas.
- **Acciones de prevención contra las inundaciones.** Consideran la identificación de puntos críticos de desbordamiento por la recurrencia de fenómenos hidrometeorológicos y de eventos extremos, que hacen necesaria la ejecución de actividades permanentes de descolmatación de cauces, mantenimiento de las pendientes de equilibrio y construcción de obras permanentes de control y corrección de cauce.
- **Acciones estructurales y no estructurales para el control de avenidas.** Permitan el control, prevención y mitigación de los efectos de los fenómenos naturales destinados a la protección de los bienes asociados al agua naturales o artificiales, tierras, poblaciones aledañas, vías de comunicación e infraestructura.
- **Acciones no estructurales.** Constituye la zonificación de zonas de riesgo; sistema de alerta temprana; operación de embalses y presas derivadoras en épocas de avenidas.

- **Acciones estructurales.** Constituye obras de defensa, embalses de regulación, obras de defensas provisionales, defensas vivas obras de encauzamiento y otras obras afines.
- **Obras de defensa.** Constituyen obras de defensa las que se ejecutan en las márgenes de los cursos de agua, en una o en ambas riberas. Las obras de defensa ribereñas son las obras de protección de poblaciones, infraestructura de servicios públicos, tierras de producción y otras contra las inundaciones y la acción erosiva del agua
- **Embalses de regulación.** Constituyen obras indirectas de defensas, cuando su capacidad permita el control de avenidas o atenúe de manera significativa la magnitud de las crecientes.
- **Obras de defensas provisionales.** Son obras de defensas provisionales, aquellas que se llevan a cabo para controlar la inundación y erosión del agua, y que por su carácter de expeditivas no ofrecen razonable seguridad en su permanencia. Caben en esta clasificación las obras de defensa que se ejecutan en situaciones de emergencia.
- **Defensas vivas.** Constituyen defensas vivas, la vegetación natural que se desarrolla en las riberas y márgenes de los álveos, así como la sembrada por el hombre para procurar su estabilización.
- **Obras de encauzamiento.** Constituyen obras de encauzamiento las que se ejecutan en las márgenes de los ríos en forma continua para formar un canal de escurrimiento que permita establecer el cauce del río o quebrada dentro de una zona determinada. En principio, las obras de encauzamiento tienen prioridad sobre las de defensa para la solución integral de los problemas creados por las avenidas extraordinarias.
- **Dique con enrocado.** Son medidas estructurales permanentes paralelas al flujo del agua, que se construyen en la margen del cauce del río. Conformado

a base de material de río dispuesto en un cuerpo de forma trapezoidal compactado y revestido con roca en su cara húmeda. Permite contrarrestar los efectos erosivos del río.

- **Muro de gaviones.** Estructuras flexibles permanentes y paralelas al flujo del, que se construyen en la margen del cauce del río. Construidos con cajas de malla hexagonal tejida a doble torsión, compuesto de alambre galvanizado. Son colocados unos tras otro y uno sobre otro, llenados con cantos rodados que se encuentran en los cauces de los ríos. Son apropiados en zonas de ríos con pendiente suave y baja velocidad.
- **Diques con colchones antisocavantes de mallas.** Son medidas estructurales permanentes paralelas al flujo del agua, que se construyen en la margen del cauce del río. Consiste en un cuerpo compactado y protegido con mallas de alambre tipo colchón llenados en base a cantos rodados. Es recomendable emplear en tramos en tangente o curvas amplias de zonas por proteger o que hayan sido erosionados.
- **Espigones.** Son estructuras permanentes y trabajan en conjunto, son empleados, cuando se desee orientar en forma convergente los cursos de agua o existan cauces demasiado amplios y de fácil erosión. Son ubicados en forma transversal al flujo del agua y pueden ser con roca o malla de gaviones.
- **Barcas, caballetes, gallineros.** Son estructuras temporales de forma paralela al flujo del agua, constituidos con troncos amarrados con alambre y una plataforma sobre la cual se colocará de preferencia cascote o rocas de 8 pulgadas de diámetro para dar estabilidad en longitudes continuas.
- **Cauce o álveo.** Continente de las aguas durante sus máximas crecidas, constituye un bien de dominio público hidráulico.
- **Riberas.** Áreas de los ríos, arroyos, torrentes, lagos y lagunas, comprendidas entre el nivel mínimo de sus aguas y el nivel de su máxima creciente. No se consideran las máximas crecidas registradas por eventos extraordinarios,

constituye un bien de dominio público hidráulico.

- **Faja marginal.** Área inmediata superior al cauce o álveo de la fuente de agua, natural o artificial, en su máxima creciente, sin considerar los niveles de las crecientes por causas de eventos extraordinarios, constituye un bien de dominio público hidráulico.

CAPITULO 2



INFORMACIÓN BÁSICA DE LA CUENCA

INDICE

CAPITULO 2.....	10
INDICE	11
INFORMACION BASICA DE LA CUENCA	12
2.1 Generalidades	12
2.1.1 Reseña histórica.....	12
2.1.2 Ubicación.....	13
2.1.3 Población directa e indirecta.....	14
2.1.4 Vías de comunicación.....	14
2.2 Características geomorfológicos.....	15
2.2.1 Área de la cuenca (A).....	15
2.2.2 Perímetro de la cuenca (P).....	16
2.2.3 Longitud del cauce principal (L).....	16
2.2.4 Ancho promedio de la cuenca (Ap).....	17
2.2.5 Pendiente predominante del cauce y de la cuenca.....	17
2.2.6 Altitud media.....	18
2.2.7 Coeficiente de compacidad (Kc).....	19
2.2.8 Factor de forma (Kf).....	19
2.2.9 Rectángulo equivalente	20
2.3 Características climatológicas	20
2.3.1 Precipitación.....	20
2.3.2 Temperatura.....	23
2.3.3 Humedad Relativa	23
2.3.4 Evaporación	24
2.3.5 Horas de sol	24
2.4 Características geológicas.....	24
2.5 Red de drenaje	24
2.6 Ecología	27
2.7 Características socio-económico	31

INFORMACION BASICA DE LA CUENCA

2.1 Generalidades

2.1.1 Reseña histórica

Según Augusto Cardich, el hombre en el valle del Rímac habría "aparecido probablemente a fines del Pleistoceno" e inicios del Holoceno, siendo cazadores y recolectores, incrementando luego sus actividades con la pesca del mar, pero sin dejar su territorio interior. Luego pasaron al semi-sedentarismo con la adopción del cultivo y la formación de agrupaciones.

El Dr. Guillermo Lumbreras, sostiene en la zona de la costa peruana, los primeros pobladores se forjaron en Chilca, pueblo a 50 Km. al sur de Lima. Lo describe Frederic Engel, quien encontró una aldea de zona poblada con caracteres recolectores y cazadores con una antigüedad de 6,000 años antes de Cristo.

La expansión del incario, llegó al valle del Rímac en la época de Pachacutec y escriben los cronistas que las quebradas del Rímac fueron escenarios de cruentas luchas libradas entre las tropas confederadas de los pueblos de los Valles de Cañete, Pachacamac, Chillón y Ancón quienes al mando del cacique Quismanco del Rímac guerrero invencible se acuartelaron en Moyopampa (Chosica) para resistir la penetración de Pachacutec. Vencidos en lucha, se sometieron al Imperio Inca y continuando con las tareas de unificación e interrelación cultural, las poblaciones lograron nuevas formas de vida y de convivencia así como la asimilación de elementos culturales nuevos, que destacan en los restos arqueológicos que perviven al tiempo.

En cuanto refieren a la lengua, se puede afirmar que la lengua común en todos los pueblos de los Andes Centrales, hasta el sur de la meseta del Collao, fue el Aymara. El arqueólogo Max Hule en los estudios del Perú Antiguo expresa: "se puede probar que la lengua Aymara fue hablada desde el Lago Aullagas (Poopó) hasta el valle del Rímac" (fuente: municipalidad de Lurigancho).

2.1.2 Ubicación

El río Rímac tiene sus orígenes en los deshielos del nevado Uco, a 5,100 m.s.n.m., en la Cordillera Occidental de los Andes, sus fuentes de alimentación son los deshielos de nevados, de las lagunas formadas por deshielos, así como de las precipitaciones que caen en la parte alta de su cuenca colectora. El río Rímac pertenece a la vertiente del Pacífico, en el que desemboca tras cruzar las ciudades de Lima y Callao.

Geográficamente se encuentra entre los paralelos 11° 25' y 12° 10' de latitud sur y los meridianos 76° 05' y 77° 10' de longitud oeste. Políticamente se ubica en el departamento de Lima, ocupando las provincias de Lima y Huarochirí.

Limita por el Norte con la cuenca del río Chillón, por el Sur con las cuencas de los ríos Mala y Lurín, por el Este con la cuenca del Mantaro y por el Oeste con el Océano Pacífico.

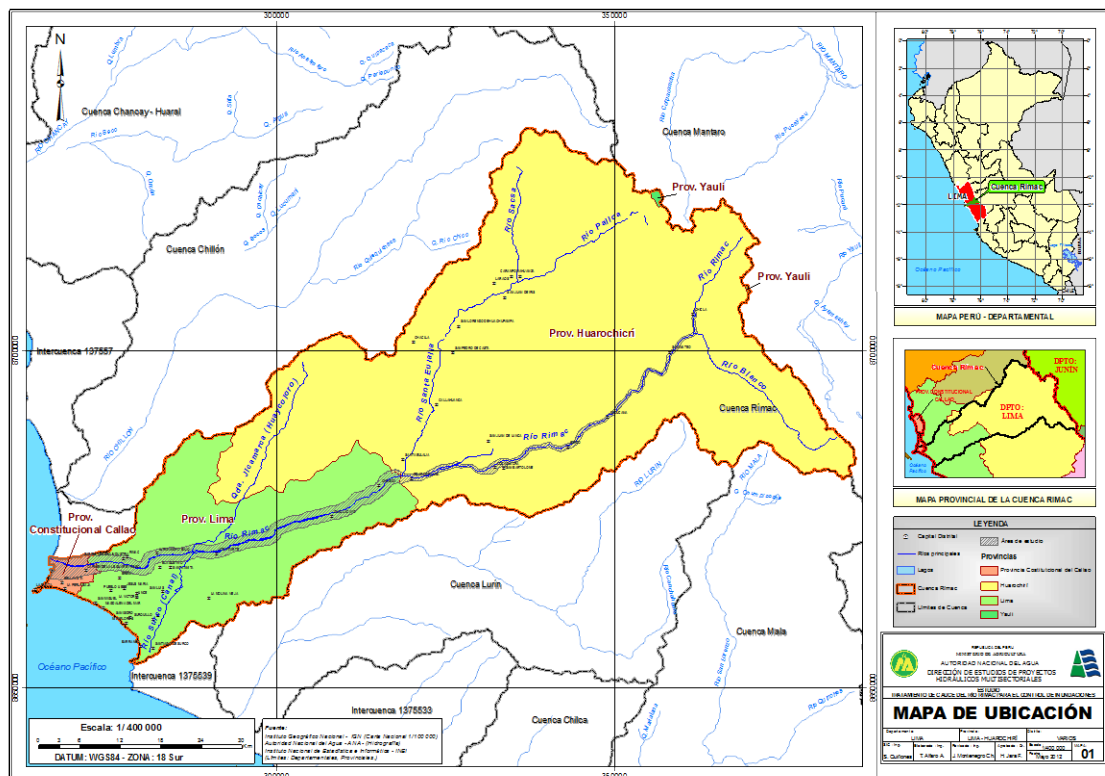


Figura 1. Ubicación de la cuenca del río Rímac

Fuente: Elaboración propia

2.1.3 Población directa e indirecta

En el cuadro 1, se indica la población total de la cuenca y la población con influencia directa del estudio.

Cuadro 1. Centros poblados ubicados dentro de la cuenca del río Santa

Departamento	Provincia	# de Distritos	# Centros Poblados, urbanos	Población total de la cuenca (Hab.)	Población con influencia directa
Junín	Yauli	1	2	1,267	-
Lima	Huarocharí	20	48	65,783	15,252
	Callao	5	5	598,982	91,550
	Lima	30	30	5,915,372	492,455
TOTAL				6,582,404	599,257

Fuente: INEI, Censo 2007

2.1.4 Vías de comunicación

Paralelo al río Rímac corre la Carretera Central y una vía férrea, que partiendo del puerto del Callao, llegan hasta la ciudad de La Oroya en el departamento de Junín, luego se divide en dos (una hacia al sur y otra hacia el norte), pasando por el Abra de Anticonca, conocida como Tíclio, ubicada a 4,840 m.s.n.m.

La cuenca del río Rímac es recorrida por la Carretera Central (asfaltada), que se inicia de la ciudad de Callao, pasando por las ciudades Chosica, Ricardo Palma, Matucana, San Mateo, Chicla y Ticlio. Mientras, otra carretera afirmada se inicia desde Chosica-Santa Eulalia hasta los distritos de Laraos, Carampoma y continúa a la laguna Milloc y se conecta finalmente a la Carretera Central.

La red vial y centros poblados rural/urbano en la cuenca del Río Rímac se indican en el Cuadro 2.

Cuadro 2. Distancias Viales Interdistritales - Cuenca del Río Rímac

Distritos	DISTANCIA EN (Km)											
	Callao	Lima	Chosica	Santa Eulalia	Callahuanca	Carampoma	Laraos	Ricardo Palma	Matucana	San Mateo	Chicla	Ticlio
Callao		22.42	56.34	63.45	78.03	107.99	111.48	61.86	96.95	115.63	126.86	152.67
Lima	22.42		33.92	41.04	55.61	85.57	89.07	39.45	74.54	93.22	104.45	130.25
Chosica	56.34	33.92		7.12	21.69	51.65	55.14	5.53	43.42	62.10	73.33	99.13
Santa Eulalia	63.45	41.04	7.12		14.58	44.54	48.03	5.09	40.18	58.86	70.09	95.90
Callahuanca	78.03	55.61	21.69	14.58		35.85	39.34	19.67	54.76	73.44	84.67	110.47
Carampoma	107.99	85.57	51.65	44.54	35.85		3.49	49.63	84.72	103.40	114.63	140.43
Laraos	111.48	89.07	55.14	48.03	39.34	3.49		53.12	88.21	106.89	118.12	143.92
Ricardo Palma	61.86	39.45	5.53	5.09	19.67	49.63	53.12		35.09	53.77	65.00	90.81
Matucana	96.95	74.54	43.42	40.18	54.76	84.72	88.21	35.09		18.68	29.91	55.72
San Mateo	115.63	93.22	62.10	58.86	73.44	103.40	106.89	53.77	18.68		11.23	37.04
Chicla	126.86	104.45	73.33	70.09	84.67	114.63	118.12	65.00	29.91	11.23		25.81
Ticlio	152.67	130.25	99.13	95.90	110.47	140.43	143.92	90.81	55.72	37.04	25.81	

Fuente: "Estudio Hidrológico y Ubicación de la Red de Estaciones Hidrométricas en la Cuenca del Río Rímac", 2010

2.2 Características geomorfológicas

2.2.1 Área de la cuenca (A)

El área total de la cuenca del río Rímac hasta su desembocadura al mar es de 3,503.95 km², de la cual 2,302.1 km² corresponde a la cuenca húmeda, que representa el 65.7% sobre los 2,500 m.s.n.m., altitudinalmente se desarrolla desde el nivel del mar hasta los 4,700 m.s.n.m. que corresponde al abra Atincona en Ticlio.

La delimitación se ha obtenido usando el método de Pfafstetter (1989), realizado en el "Estudio Hidrológico y Ubicación de la Red de Estaciones Hidrométricas en la Cuenca del Río Rímac" elaborado por la Dirección de Conservación y Planeamiento de Recursos Hídricos de la Autoridad Nacional del Agua. Las áreas de las subcuencas se muestran en el cuadro 3.

Cuadro 3. Áreas de las Subcuencas - Cuenca del Río Rímac

Nº	Código Pfafstetter	Nivel	Unidad Hidrográfica		Río Principal y/o Quebrada	Superficie	
						Km ²	%
1	1375541	7	Subcuenca	Baja Río Rímac	Tramo Río Rímac (parte baja)	441.03	12.59
2	1375542	7	Subcuenca	Qda. Jicamarca	Qda. Jicamarca - Qda. Huaycoloro	492.31	14.05
3	1375543	7	Subcuenca	Jicamarca - Santa Eulalia	Tramo Río Rímac (parte baja)	267.60	7.64
4	1375544	7	Subcuenca	Río Santa Eulalia	Río Santa Eulalia - Río Macachaca - Río Pillca	1077.38	30.75
5	1375545	7	Subcuenca	Santa Eulalia - Parac	Tramo Río Rímac (parte media)	633.71	18.09
6	1375546	7	Subcuenca	Qda. Parac	Qda. Parac - Qda. Pachachaca - Qda. Tonsuyoc - Qda. Pucacorral	130.43	3.72
7	1375547	7	Subcuenca	Parac - Alta Río Rímac	Tramo Río Rímac (parte alta)	55.93	1.60
8	1375548	7	Subcuenca	Alta Río Rímac	Tramo Río Rímac (parte alta)	169.81	4.85
9	1375549	7	Subcuenca	Río Blanco	Río Blanco	235.75	6.73
	137554	7	Cuenca	Rímac	Río Rímac	3503.95	100.00

Fuente: "Estudio Hidrológico y Ubicación de la Red de Estaciones Hidrométricas en la Cuenca del Río Rímac", 2010

2.2.2 Perímetro de la cuenca (P)

El perímetro de las cuenca del río Rímac es 419.5 km. El perímetro de las subcuencas se muestra en el cuadro 4.

Cuadro 4. Perímetro de las Subcuencas - Cuenca del Río Rímac

Nº	Código Pfafstetter	Nivel	Nombre Subcuenca	Río Principal y/o Quebrada	Perímetro Km
1	1375541	7	Baja Río Rímac	Tramo Río Rímac (parte baja)	156.24
2	1375542	7	Qda. Jicamarca	Qda. Jicamarca - Qda. Huaycoloro	113.25
3	1375543	7	Jicamarca - Santa Eulalia	Tramo Río Rímac (parte baja)	92.48
4	1375544	7	Río Santa Eulalia	Río Santa Eulalia - Río Macachaca - Río Pillca	181.24
5	1375545	7	Santa Eulalia - Parac	Tramo Río Rímac (parte media)	133.63
6	1375546	7	Qda. Parac	Qda. Parac - Qda. Pachachaca - Qda. Tonsuyoc - Qda. Pucacorral	56.05
7	1375547	7	Parac - Alta Río Rímac	Tramo Río Rímac (parte alta)	34.36
8	1375548	7	Alta Río Rímac	Tramo Río Rímac (parte alta)	72.32
9	1375549	7	Río Blanco	Río Blanco	90.23

Fuente: "Estudio Hidrológico y Ubicación de la Red de Estaciones Hidrométricas en la Cuenca del Río Rímac", 2010

2.2.3 Longitud del cauce principal (L)

Es la longitud mayor de recorrido que realiza el río, desde la cabecera de la cuenca, siguiendo todos los cambios de dirección o sinuosidades, hasta un punto fijo de interés, puede ser una estación de aforo o desembocadura, expresado en unidades de longitud.

La longitud del río principal de la cuenca del río Rímac es de 134 km, y de las subcuencas se muestra en el cuadro 5.

Cuadro 5. Longitud del Río Principal de las Subcuencas

Nº	Código Pfafstetter	Nivel	Nombre Subcuenca	Río Principal y/o Quebrada	Longitud Km
1	1375541	7	Baja Río Rímac	Tramo Río Rímac (parte baja)	22.92
2	1375542	7	Qda. Jicamarca	Qda. Jicamarca - Qda. Huaycoloro	44.15
3	1375543	7	Jicamarca - Santa Eulalia	Tramo Río Rímac (parte baja)	34.81
4	1375544	7	Río Santa Eulalia	Río Santa Eulalia - Río Macachaca - Río Pillca	62.36
5	1375545	7	Santa Eulalia - Parac	Tramo Río Rímac (parte media)	48.39
6	1375546	7	Qda. Parac	Qda. Parac - Qda. Pachachaca - Qda. Tonsuyoc - Qda. Pucacorral	20.55
7	1375547	7	Parac - Alta Río Rímac	Tramo Río Rímac (parte alta)	7.89
8	1375548	7	Alta Río Rímac	Tramo Río Rímac (parte alta)	13.01
9	1375549	7	Río Blanco	Río Blanco	32.07

Fuente: "Estudio Hidrológico y Ubicación de la Red de Estaciones Hidrométricas en la Cuenca del Río Rímac", 2010

2.2.4 Ancho promedio de la cuenca (Ap)

Relación entre el área de la cuenca y la longitud del cauce principal, cuya expresión es la siguiente:

$$A_p = A / L$$

Donde:

A_p = Ancho promedio de la cuenca (km).

A = Área de la cuenca (km²).

L = Longitud del cauce principal (km).

El ancho promedio de la cuenca del río Rímac es 27.58 km.

2.2.5 Pendiente predominante del cauce y de la cuenca

Los ríos San Mateo y Santa Eulalia, hasta su confluencia, tienen una pendiente promedio de 4.94% y 6.33% respectivamente, en el curso inferior del río Rímac, desde la confluencia de los ríos Santa Eulalia y San Mateo, cuenta con una pendiente de 1.7%, reduciéndose en el tramo más cercano al mar a 1.0 %. A partir de la confluencia de dichos ríos, el valle empieza a abrirse y es en ese tramo que el río ha formado su cono de deyección sobre el cual se encuentra una importante zona agrícola que ha ido reduciéndose con el avance de las zonas urbanas.

Pendiente media de la cuenca

La cuenca del río Rímac tiene una pendiente media de 0.0293 m/m. Para las subcuencas varían de 0.0303 a 0.1810 m/m; ver cuadro 6.

Cuadro 6. Pendiente Media de las Subcuencas - Cuenca del Río Rímac

Nº	Código Pfafstetter	Nivel	Unidad Hidrográfica		Río Principal y/o Quebrada	Pendiente Media (m/m)
1	1375541	7	Subcuenca	Baja Río Rímac	Tramo Río Rímac (parte baja)	0.0303
2	1375542	7	Subcuenca	Qda. Jicamarca	Qda. Jicamarca - Qda. Huaycoloro	0.0847
3	1375543	7	Subcuenca	Jicamarca - Santa Eulalia	Tramo Río Rímac (parte baja)	0.0537
4	1375544	7	Subcuenca	Río Santa Eulalia	Río Santa Eulalia - Río Macachaca - Río Pillca	0.0570
5	1375545	7	Subcuenca	Santa Eulalia - Parac	Tramo Río Rímac (parte media)	0.0780
6	1375546	7	Subcuenca	Qda. Parac	Qda. Parac - Qda. Pachachaca - Qda. Tonsuyoc - Qda. Pucacorrall	0.1056
7	1375547	7	Subcuenca	Parac - Alta Río Rímac	Tramo Río Rímac (parte alta)	0.1810
8	1375548	7	Subcuenca	Alta Río Rímac	Tramo Río Rímac (parte alta)	0.0589
9	1375549	7	Subcuenca	Río Blanco	Río Blanco	0.0551
	137554	7	Cuenca	Rímac	Río Rímac	0.0293

Fuente: "Estudio Hidrológico y Ubicación de la Red de Estaciones Hidrométricas en la Cuenca del Río Rímac", 2010

2.2.6 Altitud media

La altitud media de la cuenca del río Rímac es de 2,939.87 m.s.n.m., para las subcuencas varían de 363.75 – 4,664.79 m.s.n.m.; ver cuadro 7.

Cuadro 7. Altitud Media de las Subcuencas - Cuenca del Río Rímac

Nº	Código Pfafstetter	Nivel	Unidad Hidrográfica		Río Principal y/o Quebrada	Altitud Media (msnm)
1	1375541	7	Subcuenca	Baja Río Rímac	Tramo Río Rímac (parte baja)	363.75
2	1375542	7	Subcuenca	Qda. Jicamarca	Qda. Jicamarca - Qda. Huaycoloro	1670.36
3	1375543	7	Subcuenca	Jicamarca - Santa Eulalia	Tramo Río Rímac (parte baja)	966.04
4	1375544	7	Subcuenca	Río Santa Eulalia	Río Santa Eulalia - Río Macachaca - Río Pillca	4008.98
5	1375545	7	Subcuenca	Santa Eulalia - Parac	Tramo Río Rímac (parte media)	3204.06
6	1375546	7	Subcuenca	Qda. Parac	Qda. Parac - Qda. Pachachaca - Qda. Tonsuyoc - Qda. Pucacorrall	4548.35
7	1375547	7	Subcuenca	Parac - Alta Río Rímac	Tramo Río Rímac (parte alta)	4169.34
8	1375548	7	Subcuenca	Alta Río Rímac	Tramo Río Rímac (parte alta)	4664.79
9	1375549	7	Subcuenca	Río Blanco	Río Blanco	4638.37
	137554	7	Cuenca	Rímac	Río Rímac	2939.87

Fuente: "Estudio Hidrológico y Ubicación de la Red de Estaciones Hidrométricas en la Cuenca del Río Rímac", 2010

2.2.7 Coeficiente de compacidad (Kc)

Este está definido como la relación entre el perímetro P y el perímetro de un círculo que contenga la misma área de la cuenca hidrográfica. Haciendo uso de la relación $Kc = \frac{0.28P}{\sqrt{A}}$.

De la expresión, Kc puede ser mayor o igual a 1, y se incrementa con la irregularidad de la forma de la cuenca.

Una cuenca de forma circular posee el coeficiente mínimo igual a 1 y tiene mayor tendencia a las crecientes en la medida que el valor de Kc se aproxima a la unidad; cuando se aleja de la unidad, presenta una forma más irregular con relación al círculo.

Cuando:

Kc = 1 : tiempo de concentración menor, cuenca circular, mayor tendencia a crecientes;

Kc = 2 : tiempo de concentración mayor, cuenca de forma alargada, menor tendencia a crecientes.

El coeficiente de compacidad de la cuenca del río Rímac es de 2.00, indica que la cuenca es de forma alargada debiendo estar menos expuesta a las crecientes.

Los Coeficientes de Compacidad de los afluentes principales de la Cuenca del Río Rímac son San Mateo con 1.88 y Santa Eulalia con 1.45, lo que indica que la cuenca de San Mateo es medianamente alargada, y la de Santa Eulalia mucho menos alargada.

2.2.8 Factor de forma (Kf)

Se define como el cociente entre el ancho promedio del área de la cuenca y la longitud. Haciendo uso de la relación $Kf = A/L^2$.

Donde:

A = Área de la cuenca (km²).

L = Longitud de cauce principal de la cuenca (km).

El Factor de Forma determinado para la cuenca del río Rímac es de 0.22, lo cual explica que la cuenca es de forma alargada, y estaría menos sujeta a crecientes continuas.

2.2.9 Rectángulo equivalente

Se define como el cociente entre el ancho promedio del área de la cuenca y la longitud. Haciendo uso de la relación $Kf/A/L^2$. La longitud mayor y menor de la cuenca del río Rímac es 193.10 km y 18.15 km., respectivamente

2.3 Características climatológicas

Los principales parámetros climáticos que definen o caracterizan el clima de la cuenca Rímac son: precipitación, temperatura, humedad relativa, evaporación, horas de sol y viento; son los de mayor importancia en cuanto a la tipificación o caracterización de la climatología de la cuenca del río Rímac. Estos parámetros provienen de los registros de las distintas estaciones meteorológicas instaladas en la cuenca Rímac y cuencas vecinas. A continuación se muestra la descripción de los parámetros climatológicos.

2.3.1 Precipitación

El período de lluvias de mayor magnitud comienza a partir del mes de diciembre y se prolonga hasta marzo, corresponde el 72.52 % en promedio de las estaciones, de las precipitaciones totales anuales. El período seco (invierno), comprende los meses de mayo a setiembre, las precipitaciones con sus mínimos valores llegan a ser del 7.15 % en promedio de las estaciones, de las precipitaciones totales anuales. Los meses transitorios corresponden a abril, octubre a noviembre, presentan el 20.33 % en promedio de las estaciones, de las precipitaciones totales anuales (fuente: Autoridad Nacional del Agua, 2010).

En la figura 2, se muestran la variación mensual de las precipitaciones totales mensuales en cada estación meteorológica.

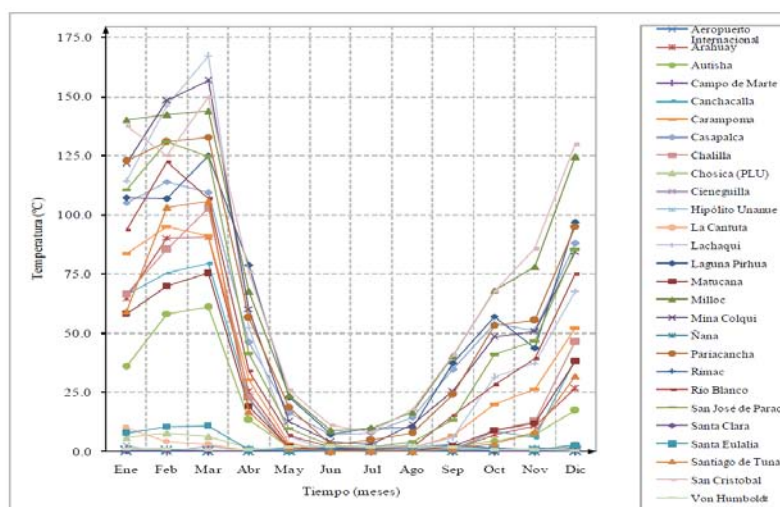


Figura 2. Precipitación Total Mensual. Estaciones de la Cuenca del Río Rímac y cuencas vecinas

Fuente: “Estudio Hidrológico y Ubicación de la Red de Estaciones Hidrométricas en la Cuenca del Río Rímac”, 2010

Se observa que la precipitación total anual en la cuenca varía de 0.6 mm (Rímac) a 874.5 mm (San Cristóbal). Los valores más altos se registran en la parte alta de la cuenca y los menores se registran en la parte baja de la cuenca (figura 3).

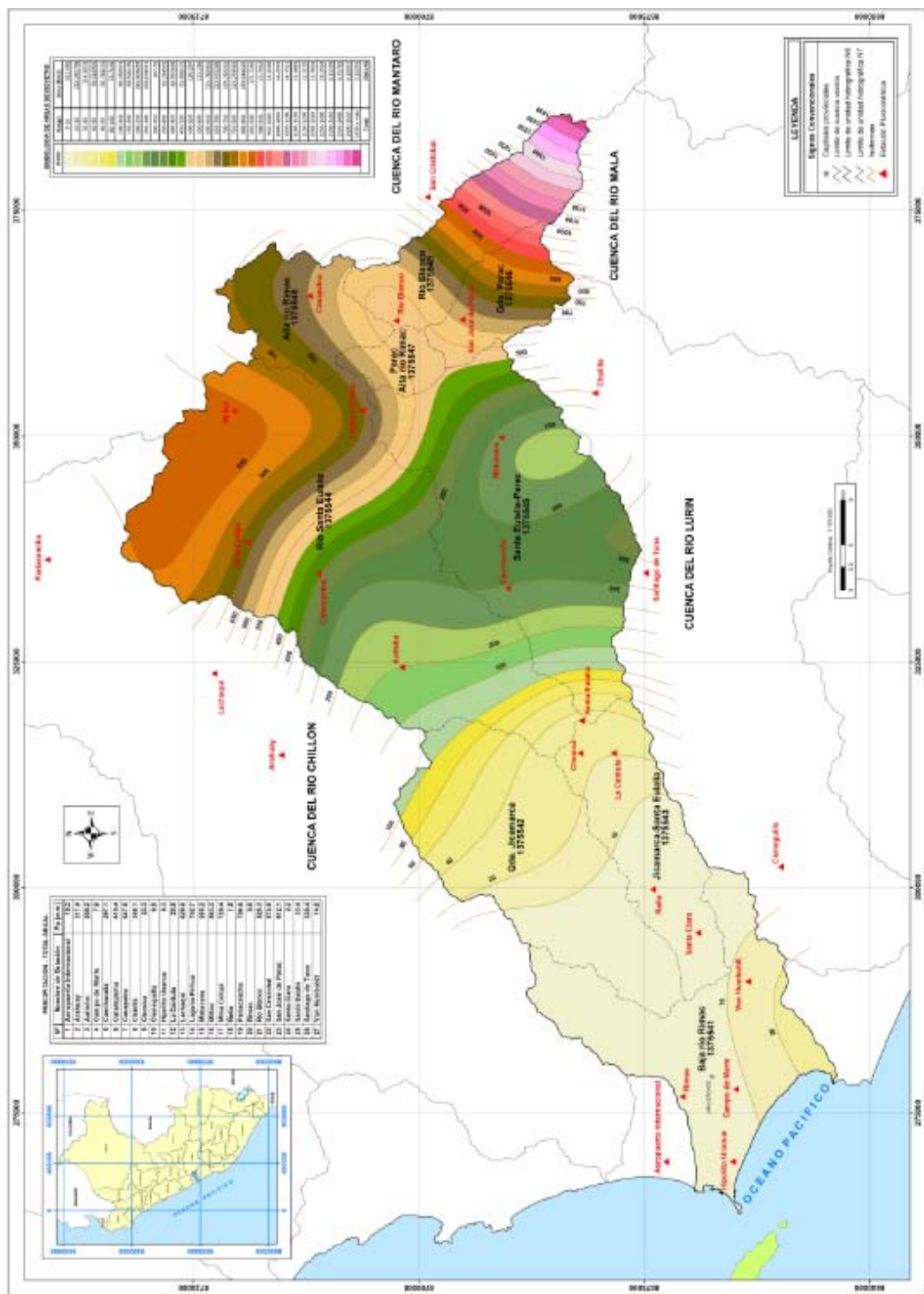


Figura 3. Distribución Espacial de la Precipitación Total Anual (mm) Isoyetas

Fuente: "Estudio Hidrológico y Ubicación de la Red de Estaciones Hidrométricas en la Cuenca del Río Rímac", 2010

2.3.2 Temperatura

Las temperaturas medias más bajas se presentan en el mes de julio y las más elevadas se registran de noviembre a marzo, por lo general en el mes de enero. En el cuadro 8, se muestra las temperaturas medias mensuales, en diversos puntos de la cuenca.

Cuadro 8. Temperatura Media Mensual (°C) - Promedio Multimensual

Nº	Estación	Altitud (msnm)	Mes												Prom Anual
			Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	
1	Campo de Marte	159.0	22.0	23.8	23.0	21.2	18.6	16.5	17.3	16.5	16.2	16.8	18.9	20.8	19.3
2	Chosica	850.0	22.5	23.2	23.1	21.7	18.9	17.2	16.1	17.1	18.2	19.1	20.3	20.9	19.9
3	Cieneguilla	280.0	23.2	24.3	25.4	22.3	19.6	18.4	17.2	17.1	17.1	18.2	19.8	21.1	20.3
4	Hipólito Unanue	70.0	22.0	22.6	22.3	20.7	19.0	17.8	16.9	16.5	16.6	17.4	18.9	20.6	19.3
5	La Cantuta	850.0	21.1	22.6	21.9	20.5	17.9	16.9	16.5	17.0	18.1	17.9	19.2	20.5	19.2
6	Las Palmas	3668.0	22.0	23.5	23.1	21.4	19.5	18.0	17.2	16.6	16.6	17.6	19.3	20.6	19.6
7	Manchay Bajo	148.0	22.6	23.4	23.1	21.5	19.4	17.6	16.8	16.4	16.7	18.0	19.3	21.1	19.7
8	Matucana	2479.0	15.3	15.3	15.3	15.5	15.4	15.2	15.0	15.0	15.4	15.8	15.6	15.5	15.4
9	Rímac	35.0	23.3	24.3	23.9	22.3	19.6	17.8	17.2	16.6	16.4	17.1	18.9	20.8	19.9
10	Santa Clara	415.0	22.4	23.5	23.5	21.7	16.9	15.5	15.2	15.4	15.5	17.6	19.0	20.1	18.8
11	Von Humboldt	238.0	22.6	23.7	23.4	21.5	18.9	16.8	16.1	16.0	16.4	17.5	18.7	20.7	19.4
12	Macapococha	4479.0	5.1	4.7	5.0	4.9	4.4	3.6	3.0	3.6	4.2	4.7	5.2	5.1	4.5

Fuente: "Estudio Hidrológico y Ubicación de la Red de Estaciones Hidrométricas en la Cuenca del Río Rímac", 2010

2.3.3 Humedad Relativa

Las estaciones cercanas al litoral marino registran mayores porcentajes de humedad, con muy pequeña oscilación en su valor promedio anual y sus valores máximos y mínimos; pero a medida que se avanza a la región andina, el promedio se hace más bajo. Durante el día el valor de la humedad es bajo, mientras que en la noche tiende a aumentar como consecuencia de las temperaturas más bajas.

Cuadro 9. Humedad Relativa Media Mensual (%)

Nº	Estación	Altitud (msnm)	Mes												Prom Anual
			Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	
1	Campo de Marte CGFAP	137.0	82.0	82.0	82.0	83.0	86.0	87.0	89.0	88.0	88.0	86.0	84.0	82.0	85.0
2	Hipólito Unanue	70.0	86.0	86.0	86.0	87.0	87.0	87.0	87.0	89.0	88.0	86.0	86.0	85.0	87.0
3	Las Palmas	76.0	81.0	81.0	81.0	82.0	84.0	85.0	85.0	86.0	86.0	82.0	80.0	80.0	83.0
4	Manchay Bajo	148.0	82.0	81.0	81.0	79.0	84.0	87.0	87.0	88.0	87.0	84.0	81.0	80.0	83.0
5	Matucana	2479.0	81.0	82.0	83.0	78.0	67.0	60.0	53.0	61.0	66.0	68.0	69.0	75.0	70.0
6	Von Humboldt	238.0	78.0	76.0	77.0	81.0	84.0	86.0	86.0	87.0	87.0	84.0	82.0	80.0	82.0
7	Macapococha	4479.0	87.0	88.0	88.0	87.0	84.0	85.0	83.0	83.0	84.0	84.0	83.0	85.0	85.0

Fuente: "Estudio Hidrológico y Ubicación de la Red de Estaciones Hidrométricas en la Cuenca del Río Rímac", 2010

2.3.4 Evaporación

Los mayores valores de la evaporación total anual se producen en los sectores de Matucana (1,567 mm), Rímac (775 mm). Los valores más bajos se registran en los sectores de Campo de Marte (464 mm).

2.3.5 Horas de sol

Los valores más altos se registran durante los meses de noviembre hasta abril. Los mayores valores de horas de sol, se registran en la parte alta entre Matucana (5.3 horas) y Marcapomacocha; los valores menores en la parte baja en la estación Hipólito Unanue (3.8 horas).

2.4 Características geológicas

Según INGEMMET, las unidades geológicas que afloran en la zona de estudio comprenden rocas sedimentarias, metamórficas, volcánicas e intrusivas, con edades que fluctúan entre el Jurásico y el Cuaternario Reciente¹.

En el aspecto estructural se presentan plegamientos y fallamientos que en la mayoría de los casos muestran orientación andina.

El Batolito de la Costa ha intruído al paquete sedimentario y volcánico causando un metamorfismo térmico notable, silicificando las rocas preexistentes y/o dando lugar a pizarras, cuarcitas y mármoles. Asimismo es importante anotar para toda el área, el emplazamiento de numerosos diques andesíticos, vinculados a manifestaciones tardías del Batolito.

En la zona andina alta sobre las rocas volcánicas terciarias, se encuentran depósitos testigos de una actividad en forma de fluvioglaciares y en la faja costanera sobre la secuencia marina mesozoica se asientan los depósitos cuaternarios aluviales, fluvioaluviales y eólicos.

2.5 Red de drenaje

La cuenca del río Rímac pertenece hidrográficamente a la vertiente del Pacífico; nace en la Cordillera Central de los Andes y recorre perpendicularmente hasta

¹ INGEMMET. Instituto Geológico Minero y Metalúrgico

desembocar en el Océano Pacífico. En su parte alta, cuenta con un número considerable de lagunas, donde se regulan parcialmente y en forma natural, las aguas de precipitación.

Los principales afluentes por la margen derecha son el río Santa Eulalia y la Quebrada Jicamarca (Huaycoloro).

Río Santa Eulalia. Hidrográficamente es uno de los ejes principales de la cuenca del río Rímac, la longitud de cauce principal es de 62.36 Km. Los principales afluentes del río Santa Eulalia son los ríos Macachaca (margen izquierda) y Sacsá (margen derecha). El río Macachaca inicia en la cota 4,650 m.s.n.m. cerca al centro poblado Milloc; y el río Sacsá se inicia en la cota 4,150 m.s.n.m. próximo del centro poblado Acobamba.

Quebrada Jicamarca. Hidrográficamente se localiza en la parte baja del río Rímac, con longitud de cauce principal es de 44.15 km. La subcuenca de la Qda. Jicamarca ocupa una superficie de 492.31 km², y representa el 14.05% del área total de la cuenca del río Rímac.

Los principales afluentes por la margen izquierda son: el río Blanco y la Quebrada Parac.

Río Blanco. La longitud de cauce principal es 32.0 km. Tiene una superficie de 235.75 km² y representa el 6.73% del área total de la cuenca.

Quebrada Parac. Hidrográficamente se localiza en el tramo Qda. Parac-Pachachaca-Tonsuyoc, cuya longitud de cauce principal es 20.55 km. La subcuenca de la Qda. Parac tiene una superficie de 130.43 km² y representa el 3.72% del área total de la cuenca (ver figura 4).

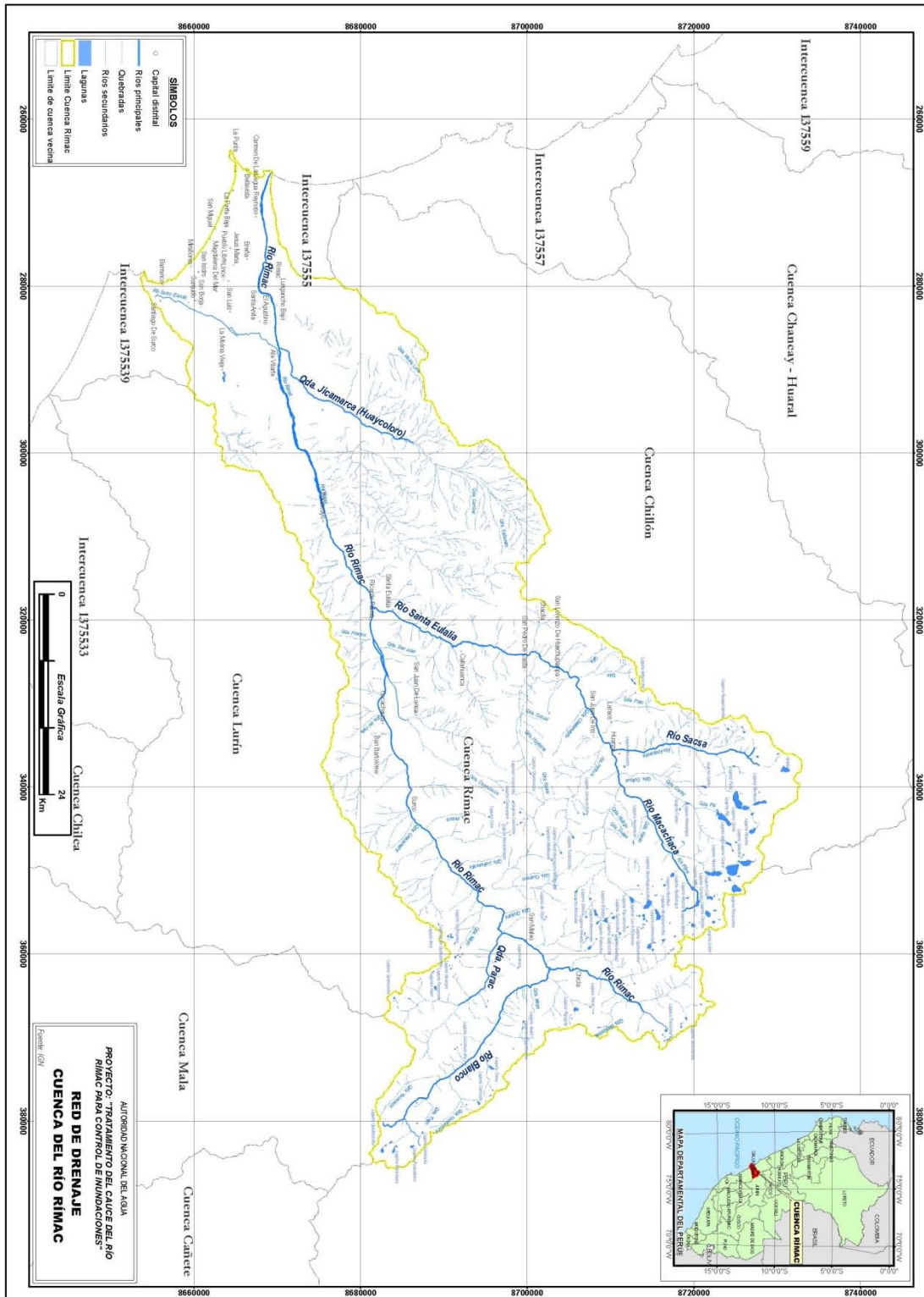


Figura 4. Red de drenaje natural de la cuenca del río Rímac

2.6 Ecología

En la cuenca del río Rímac, se ha determinado la existencia de siete (07) Pisos Ecológicos: Basal, Premontano, Montano Bajo, Montano, Subalpino, Alpino y Nival

Las Zonas de Vida determinadas son 13: Desierto desecado-Subtropical (dd-S), Desierto superárido-Subtropical (ds-S), Desierto perárido-Premontano Tropical (dp-PT), Matorral desértico-Premontano Tropical (md-PT), Matorral desértico-Montano Bajo Tropical (md-MBT), Estepa espinosa-Montano Bajo Tropical (ee-MBT), Bosque seco-Montano Bajo Tropical (bs-MBT), Matorral desértico-Montano Tropical (md-MT), Estepa-Montano Tropical (e-MT), Bosque húmedo-Montano Tropical (bh-MT), Páramo muy húmedo-Subalpino Tropical (pmh-SaT), Tundra pluvial-Alpino Tropical (tp-AT) y Nival-Tropical (N-T).

Cuadro 10. Pisos ecológicos y zonas de vida

Pisos Ecológicos	Zonas de Vida	Símbolo	Área	
			ha	%
Basal	desierto desecado-Subtropical	dd-S	14,681	4.73
	desierto superárido-Subtropical	ds-S	9,022	2.91
Premontano	desierto perárido- Premontano Tropical	dp-PT	14,921	4.81
	matorral desértico-Premontano Tropical	md-PT	31,538	10.17
Montano bajo	matorral desértico-Montano Bajo Tropical	md-MBT	20,027	6.46
	estepa espinosa-Montano Bajo Tropical	ee-MBT	10,426	3.36
	bosque seco-Montano Bajo Tropical	bs-MBT	11,148	3.59
Montano	matorral desértico-Montano Tropical	md-MT	4,423	1.43
	estepa-Montano Tropical	e-MT	20,441	6.59
	bosque húmedo-Montano Tropical	bh-MT	25,822	8.33
Subalpino	páramo muy húmedo-Subalpino Tropical	pmh-SaT	51,924	16.74
Alpino	tundra pluvial-Alpino Tropical	tp-AT	71,898	23.18
Nival	Nival-Tropical	NT	23,869	7.70
Total			310,141	100.00

Fuente : Elaboración propia

a. Desierto desecado - Subtropical (Dd-S)

Se extiende desde el litoral marítimo hasta una altitud de 600 m.s.n.m. El clima de esta zona de vida es Semicálido – Desecado, se caracteriza por tener una biotemperatura media anual entre 18°C y 19.5°C, y un promedio de precipitación anual entre 9.15 y 12.6 mm. La vegetación casi no existe; sin embargo, se puede observar algunos halófitos tal como el “vidrio” (*Sesuvium portulacastrum*).

b. Desierto superárido - Subtropical (Ds-S)

Se extiende a continuación del desierto desecado - Subtropical (dd-S), entre los 600 y 800 m.s.n.m. El clima de esta zona de vida es Semicálido – Superárido, se caracteriza por tener una biotemperatura media anual entre 18.5°C y 19.5°C, y una precipitación anual entre 31 y 62 mm. Se observan algunos arbustos xerófilos, gramíneas estacionales y árboles pequeños del genero Acacia.

c. Desierto perárido - Premontano tropical (Dp-Pt)

Se ubica en la franja siguiente del desierto superárido - Subtropical (ds-S), entre 800 los y 1,200 m.s.n.m. El clima es Semicálido - Perárido que se caracteriza por tener una biotemperatura media anual entre 19.5°C y 20.5°C, y un promedio de precipitación pluvial anual variable entre 63 y 140 mm.

Un buen indicador, es la presencia del *Cereus macrostibas*, cactus prismático de porte gigante que se ubica en el nivel superior en su límite con el matorral desértico - Premontano Tropical (md-PT).

d. Matorral desértico - Premontano tropical (Md-Pt)

Va desde la franja contigua al desierto perárido - Premontano Tropical (dp - PT) entre los 1,200 y 1,800 m.s.n.m. El clima es Semicálido – Arido, se caracteriza por tener una biotemperatura anual entre 20.5°C y 21.5°C, y una precipitación entre 140 y 200 mm. Se observa una vegetación herbácea compuesta por gramíneas y la presencia del *Cereus macrostibas*, cactus gigante prismático. El relieve es mayormente ondulado y quebrado, con pequeñas áreas con pendientes suaves en el fondo del valle de Santa Eulalia y del Rímac, donde se lleva a cabo una agricultura de pequeña escala en los terrenos con disponibilidad de riego; en las de laderas de cerros con pendientes fuertes se pastorea ganado caprino.

e. Matorral desértico - Montano bajo tropical (Md-Mbt)

Está ubicada en la franja adyacente al matorral desértico - Premontano Tropical (md - PT), en la margen derecha del río Santa Eulalia, entre los 1,800 y 3,000 msnm. El clima es Templado Cálido - Arido, se caracteriza por tener una biotemperatura anual entre 15°C y 17°C, y una precipitación anual entre 175 y

200 mm. Se observa especies vegetales como la achupalla (*Pitcarnia* sp) y algunas especies del género *Fourcroya*. Durante la época de lluvias se desarrolla un manto de hierbas de corto periodo vegetativo constituido generalmente por gramíneas utilizadas para el pastoreo de ganado caprino. También es un indicador, el huanarpo de los géneros *Cnidocolus* y *Jatropha*.

f. Estepa espinosa - Montano bajo tropical (Ee-Mbt)

Se localiza altitudinalmente encima del matorral desértico - Premontano Tropical (md-PT), entre los 1,800 y 2,450 m.s.n.m. El clima es Templado Cálido – Semiárido, se caracteriza por tener una biotemperatura anual entre 14°C y 16°C, y una precipitación anual entre 265 y 500 milímetros. En verano, las lluvias veraniegas dan lugar a una relativa abundancia de vegetación de tipo mayormente graminal de los géneros *Stipa*, *Melica*, *Andropogon*, *Eragrostis* y *Pennisetum*, que se secan cuando llega la estación de invierno, las que se encuentran asociadas con material arbustivo como “chamana” (*Dodonea viscosa*) y árboles de porte pequeño entre los que destaca el molle (*Schinus molle*).

g. Bosque seco - Montano Bajo Tropical (bs-MBT)

Se ubica altitudinalmente encima de la estepa espinosa - Montano Bajo Tropical (ee-MBT), aproximadamente entre los 2,500 y 3,000 m.s.n.m. El clima es Templado Cálido-Subhúmedo, caracterizado por tener una biotemperatura anual entre 12°C y 13°C, y una precipitación anual entre 450 y 500 mm. Se puede observar una vegetación como la estepa - Montano Tropical (e-MT) y estepa espinosa - Montano Bajo Tropical (ee-MBT), destacándose el “maguey” (*Agave americano*), “chamana” (*Dodonea viscosa*) y “retama” (*Spartium junceum*).

h. Matorral desértico - Montano Tropical (md-MT)

Se ubica en la margen derecha del río Santa Eulalia inmediatamente sobre el matorral desértico – Montano Bajo Tropical (md-MBT), entre los 2,800 y 3,200 m.s.n.m. Es Templado Frío - Semiárido. Se caracteriza por tener una biotemperatura anual entre 10°C y 12°C, y una precipitación pluvial variable entre 175 y 280 mm.

Las principales gramíneas pertenecen a los géneros *Stipa*, *Calamagrostis*, *Festuca*, *Agrostis*, *Eragrostis*, *Andropogon*, etc. También es posible observar la presencia de “tola”, *Lepidophyllum cuadrangulare* en forma muy dispersa, es frecuente ver cactus (*Cereus columnares*) y cactus del género *Opuntia*.

i. Estepa Montano Tropical (e-MT)

Se localiza inmediatamente encima del matorral desértico - Montano Tropical (md-MT), en la margen derecha del río Santa Eulalia entre los 3,200 y 3,400 m.s.n.m, y encima del bosque seco - Montano Bajo Tropical (bs-MBT), en la cuenca del río Rímac, entre 3,000 y 3,500 m.s.n.m. El clima es Templado Frío - Subhúmedo, que se caracteriza por tener una biotemperatura anual entre 8°C y 12°C, y una precipitación pluvial anual entre 280 y 550 milímetros. Destacan especies de los géneros *Poa*, *Stipa*, *Agrostis*, *Eragrostis*, *Andropogon*, *Calamagrostis*, *Festuca*, *Astragalus*, asociado con arbustos y subarbustos.

j. bosque húmedo - Montano Tropical (bh-MT)

Se ubica inmediatamente encima de la estepa - Montano Tropical (e-MT), entre 3,500 y 3,900 m.s.n.m. El clima es Templado Frío - Húmedo, se caracteriza por tener una biotemperatura media anual entre 6°C y 8°C, y una precipitación pluvial anual entre 550 y 850 mm. Se observa pastos naturales altoandinas. Entre las especies arbóreas, tenemos quinales (*Polylepis* sp), mutuy (*Cassia* sp.) y entre los arbustivos el tarhui o chocho silvestre (*Lupinus mutabilis*).

k. Páramo muy húmedo - Subalpino Tropical (pmh-SaT)

Se distribuye, inmediatamente sobre el bosque húmedo - Montano Tropical (bh-MT), entre los 3,900 y 4,500 m.s.n.m. El clima es Frío – Perhúmedo, que se caracteriza por tener una biotemperatura anual entre 3°C y 6°C, y precipitación anual entre 550 y 850 milímetros.

La cubierta vegetal se caracteriza por especies de gramíneas y otras hierbas que constituyen las pasturas naturales altoandinas. También se encuentra, como consecuencia del sobrepastoreo, chaca o romero (*Chuquiragua huamanpinta*), caqui caqui (*Adesnia* sp.), garbancillo (*Astragalus garbancillo*), pacco pacco (*Aciachne pulvinata*).

I. Tundra pluvial - Alpino Tropical (tp-AT)

Se le encuentra en ambas cuencas, tanto en la del río Santa Eulalia como en la del río Rímac, inmediatamente encima del páramo muy húmedo - Subalpino Tropical (pmh-SaT) y debajo del Nival, entre los 4,500 y 5,000 m.s.n.m. El clima es muy Frío - Superhúmedo con biotemperatura anual entre 1.5°C y 3°C, y una precipitación entre 600 y 850 mm. La vegetación es dispersa y contiene hierbas de tipo graminal, plantas arrossetadas y almohadilladas.

m. Nival - Tropical (N-T)

Es la parte más alta de la cuenca y marca la divisoria de aguas entre las vertientes oriental y occidental de los Andes; su posición altitudinal es sobre la tundra pluvial - Alpino Tropical (tp-AT), arriba de los 5,000 m.s.n.m. El clima es Frígido - Superhúmedo, con una biotemperatura anual entre 0°C y 1.5°C, y precipitación anual entre 600 y 850 mm. Se pueden observar algunas matas de gramíneas en los pedregales y en menor frecuencia en las rocas. Tiene importancia porque desde esta zona de vida se controla el régimen hidrológico de los ríos Santa Eulalia y Rímac, por lo que debería ser declarada área protegida.

2.7 Características socio-económico

En la provincia de Huarochirí, la población urbana y rural representa el 78% y 22% respectivamente. En las provincias de Lima y Callao la población urbana representa el total de la población.

En la provincia de Huarochirí predomina el quintil 3, según el mapa de pobreza de FONCODES²; mientras que para Lima y el Callao los quintiles son 4 y 5 respectivamente. Es decir el mayor porcentaje de la población considerada pobre se ubica en la provincia de Huarochirí (cuadro 11).

² FONCODES. Fondo de Cooperación para el Desarrollo Social

Cuadro 11. Población urbana y rural

Provincia	Distrito	Población		Nivel de pobreza (FONCODES 2007)
		Urbana	Rural	Quintil
Huarochiri	Chicla	4,438	2,756	3
	San Mateo	4,172	1,108	2
	Matucana	3,395	1,113	3
	Surco	969	829	2
	San Bartolomé	1,317	476	3
	Santa Cruz de Cocachacra	1,740	562	3
	Ricardo Palma	4,920	849	3
	Santa Eulalia	9,553	1,038	3
Lima	Lurigancho	169,359	0	3
	Chaclacayo	41,110	0	5
	Ate	478,278	0	4
	San Juan de Lurigancho	898,443	0	4
	El Agustino	180,262	0	4
	Lima	299,493	0	5
	Rímac	176,169	0	5
	San Martín de Porres	579,561	0	5
Callao	Carmen de la Legua Reynoso	41,863	0	4
	Callao	415,888	0	5

Fuente: INEI 20007

El distrito de Santa Cruz de Cocachacra en Huarochiri presenta el mayor porcentaje de analfabetismo con una tasa de 4.3%, mientras que el distrito de Lurigancho en Lima, tiene la mayor tasa de analfabetismo con 3.2%. Con respecto a asistencia al sistema educativo regular, el distrito de Ricardo Palma y Chaclacayo presentan mayores porcentajes con 74.8 y 74.4% respectivamente (cuadro 12).

Cuadro 12. Tasa de analfabetismo y educación

Provincia	Distrito	Tasa de analfabetismo %	Asistencia al Sistema Educativo Regular %
Huarochiri	Chicla	1.6	51.3
	San Mateo	4	63.2
	Matucana	2.6	73.4
	Surco	2.4	68.2
	San Bartolomé	1.9	66.4
	Santa Cruz de Cocachacra	4.3	70.9
	Ricardo Palma	2.9	74.8
	Santa Eulalia	3	72.4
Lima	Lurigancho	3.2	70.9
	Chaclacayo	2.5	74.4
	Ate	2.5	68.2
	San Juan de Lurigancho	2.1	67.4
	El Agustino	2.8	67.1
	Lima	1.4	71.9
	Rímac	1.6	70.9
	San Martín de Porres	1.4	73.2
Callao	Carmen de la Legua Reynoso	2.1	70.7
	Callao	1.6	69.8

Fuente: INEI 20007

En el cuadro 13, se indica a nivel distrital la cantidad de viviendas con abastecimiento a agua y servicios higiénicos y alumbrado público. Asimismo, se muestra las el tipo de material de las paredes de las viviendas.

Cuadro 13. Servicios básicos y material de viviendas

Provincia	Distrito	Vivienda con abastecimiento de agua	Vivienda con servicio higiénico	Vivienda con alumbrado eléctrico	Vivienda sin agua, desagüe, ni alumbrado %	Vivienda con paredes de Ladrillo o Bloque de cemento %	Vivienda con paredes de Adobe o Tapia %	Vivienda con paredes de Madera %
Huarochiri	Chicla	918	942	1,181	3.2	32.97	59.89	3.65
	San Mateo	923	793	939	9.7	20.49	74.6	0.68
	Matucana	956	886	915	13	28.7	65	1.92
	Surco	261	258	313	17.7	94.69	2.79	1.39
	San Bartolomé	340	200	345	11.6	24.67	69.21	2.62
	Santa Cruz de Cocachacra	533	411	475	4	50.08	42.12	1.99
	Ricardo Palma	1,039	1,018	1,119	3.1	65.77	18.31	6.46
	Santa Eulalia	1,807	1,743	1,932	13.9	59.71	16.93	14.41
	Lima	Lurigancho	18,532	27,464	32,965	3.2	72.04	13.6
Chaclacayo		8,228	8,554	8,876	0.6	88.3	6.26	3.81
Ate		80,624	89,980	97,555	1.8	76.8	5	12.2
San Juan de Lurigancho		165,108	169,403	173,838	1.4	78.54	0.87	14.44
El Agustino		34,868	35,283	35,285	0.4	89.01	5.44	3.45
Lima		73,432	73,337	74,601	0.2	78.01	12.07	2.35
Rímac		38,996	39,154	39,894	0.7	76.83	11.69	5.63
San Martín de Porres		108,743	115,663	121,549	0.2	92.87	2.19	3.62
Callao		Carmen de la Legua Reynoso	8,526	8,529	8,529	0.1	96.94	0.85
	Callao	79,374	82,274	85,544	0.6	82.31	3.52	9.79

Fuente: INEI 20007

La principal actividad económica varía de acuerdo al distrito. En los distritos de Chicla, San Mateo la actividad principal es la explotación de minas y canteras, en Matucana, Surco y San Bartolomé es la agricultura, ganadería, caza y silvicultura. En los distritos de Ricardo Palma y Santa Eulalia, la actividad principal es la relacionada a actividades de intermediación financiera. En los distritos de Lima, las actividades principales son las relacionadas a actividades hoteleras y restaurantes e industrias manufactureras (cuadro 14).

Cuadro 14. Actividades principales

Provincia	Distrito	PEA	Principal actividad	Actividad Principal %
Huarochari	Chicla	3989	PEA Ocupada de 14 años y más que se dedican actividades de Explotación de Minas y Canteras	74%
	San Mateo	2165	PEA Ocupada de 14 años y más que se dedican actividades de Explotación de Minas y Canteras	29%
	Matucana	1856	PEA Ocupada de 14 años y más que se dedican a actividades de Agricultura, Ganadería, Caza y Silvicultura	29%
	Surco	976	PEA Ocupada de 14 años y más que se dedican a actividades de Agricultura, Ganadería, Caza y Silvicultura	55%
	San Bartolomé	826	PEA Ocupada de 14 años y más que se dedican a actividades de Agricultura, Ganadería, Caza y Silvicultura	36%
	Santa Cruz de Cocachacra	1072	PEA Ocupada de 14 años y más que se dedican a actividades de Hoteles y Restaurantes	19%
			PEA Ocupada de 14 años y más que se dedican a actividades de Agricultura, Ganadería, Caza y Silvicultura	15%
	Ricardo Palma	2369	PEA Ocupada de 14 años y más que se dedican a actividades de Intermediación Financiera	15%
			PEA Ocupada de 14 años y más que se dedican a actividades de Hoteles y Restaurantes	12%
	Santa Eulalia	4578	PEA Ocupada de 14 años y más que se dedican a actividades de Intermediación Financiera	14%
			PEA Ocupada de 14 años y más que se dedican a actividades de Hoteles y Restaurantes	13%
Lima	Lurigancho	72257	PEA Ocupada de 14 años y más que se dedican a actividades de Hoteles y Restaurantes	17%
			PEA Ocupada de 14 años y más que se dedican actividades de Industrias Manufactureras	14%
	Chaclacayo	17726	PEA Ocupada de 14 años y más que se dedican a actividades de Hoteles y Restaurantes	15%
			PEA Ocupada de 14 años y más que se dedican actividades de Industrias Manufactureras	12%
	Ate	210446	PEA Ocupada de 14 años y más que se dedican a actividades de Hoteles y Restaurantes	20%
			PEA Ocupada de 14 años y más que se dedican actividades de Industrias Manufactureras	17%
	San Juan de Lurigancho	396891	PEA Ocupada de 14 años y más que se dedican a actividades de Hoteles y Restaurantes	23%
	El Agustino	80871	PEA Ocupada de 14 años y más que se dedican a actividades de Hoteles y Restaurantes	26%
	Lima	132340	PEA Ocupada de 14 años y más que se dedican a actividades de Hoteles y Restaurantes	21%
	Rímac	76219	PEA Ocupada de 14 años y más que se dedican a actividades de Hoteles y Restaurantes	21%
	San Martín de Porres	253058	PEA Ocupada de 14 años y más que se dedican a actividades de Hoteles y Restaurantes	19%
Callao	Carmen de la Legua Reynoso	18031	PEA Ocupada de 14 años y más que se dedican actividades de Industrias Manufactureras	16%
			PEA Ocupada de 14 años y más que se dedican a actividades de Hoteles y Restaurantes	16%

Fuente: INEI 20007

CAPITULO 3



GEOLOGIA Y GEOTECNIA

INDICE

CAPITULO 3.....	36
GEOLOGIA Y GEOTECNIA.....	36
INDICE	37
GEOLOGIA Y GEOTECNIA.....	38
3.1 Análisis de información existente	38
3.2 Geología Regional.....	39
3.2.1 Unidades geomorfológicas	39
3.2.2 Litología y estratigrafía.....	43
3.2.3 Geología estructural.....	49
3.2.4 Geodinámica externa- procesos morfodinámicos actuales.....	50
3.2.5 Riesgos geológicos identificados (INGEMMET, 1998).....	54
3.2.6 Sismicidad.....	56
3.3 Geotecnia del área de estudio.....	58
3.3.1 Propiedades físico mecánicas	59
3.4 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	64
Conclusiones.....	64
Recomendaciones.....	67

GEOLOGIA Y GEOTECNIA

Las Investigaciones Geológicas y Geotécnicas, han permitido cumplir los siguientes objetivos.

- ✓ Evaluación de las condiciones litoestratigráficas, del ámbito de estudio de la cuenca del río Rímac.
- ✓ Evaluación de las condiciones geomorfológicas y geodinámicas.
- ✓ Investigaciones Geotécnicas (Excavaciones exploratorias), a lo largo del cauce del río Rímac.
- ✓ Exploración y Evaluación Preliminar de Áreas de Préstamos.

3.1 Análisis de información existente

La zona ha sido objeto de estudios geológicos anteriores, en tal sentido se procedió a la revisión y evaluación de la información geológica existente, a continuación se hará una breve descripción de cada estudio revisado:

- Geología de los Cuadrángulos de Matucana y Huarochirí. Humberto Salazar Díaz - 1983. Boletín N° 36 Serie Carta Geológica Nacional. Estudio a nivel regional con planos a escala 1:100000; desarrolla los aspectos de fisiografía, geomorfología, litología, estratigrafía, geología estructural, geología histórica y geología económica, delimitando las áreas de ocurrencia de las diferentes formaciones y los límites o contactos geológicos.
- Geología de los Cuadrángulos de Lima, Lurín Chancay y Chosica. Caldas J. - 1992. Boletín N° 43 Serie Carta Geológica Nacional. Estudio a nivel regional con planos a escala 1:100000; desarrolla los aspectos de fisiografía, geomorfología, litología, estratigrafía, geología estructural, geología histórica y geología económica, delimitando las áreas de ocurrencia de las diferentes formaciones y los límites o contactos geológicos.
- Estudio Geodinámico de la Cuenca del Río Rímac. Año 1988 – Instituto Geológico, Minero y Metalúrgico INGEMMET.
- Inspección de Riesgos Geológicos en Prevención a los Efectos del Fenómeno El Niño en la Cuenca del río Rímac INGEMMET Año 1998.
- Plan de manejo y estudios de factibilidad del programa ambiental de la cuenca del Río Rímac INADE Año 1997.
- Construcción de Dique de enrocado Sector Carapongo. Fuente Chinchay, E. Año 2011.

La zona materia del presente estudio se localiza en los cuadrángulos de Matucana, Huarochirí, Lima, Lurín, Chancay y Chosica, sector en donde predominan rocas de naturaleza sedimentaria, intrusiva y volcánica, cuyas edades van desde el Jurásico superior al Cuaternario Reciente

3.2 Geología Regional

Basado en los levantamientos geológicos a escala 1:100,000 realizado por INGEMMET, las características geológicas que afloran en la zona de estudio comprenden rocas sedimentarias, metamórficas, volcánicas e intrusivas, con edades que fluctúan entre el Jurásico y el Cuaternario Reciente.

En el aspecto estructural se presentan plegamientos y fallamientos que en la mayoría de los casos muestran orientación andina. Con la sedimentación se desarrolló una intensa actividad volcánica, la misma que en el sector costanero, tanto de Norte a Sur como de Oeste a Este, se interdigita con la secuencia sedimentaria para hacerse predominantemente volcánica a lo largo de la faja del borde occidental andino, coincidiendo aproximadamente con la zona de emplazamiento del Batolito de la costa.

El Batolito de la Costa ha instruido al paquete sedimentario y volcánico causando un metamorfismo térmico notable, silicificando las rocas preexistentes y/o dando lugar a pizarras, cuarcitas y mármoles. Asimismo es importante anotar para toda el área, el emplazamiento de numerosos diques andesíticos, vinculados a manifestaciones tardías del Batolito.

En la zona andina alta sobre las rocas volcánicas terciarias, se encuentran depósitos testigos de una actividad en forma de fluvio-glaciares y en la faja costanera sobre la secuencia marina mesozoica se asientan los depósitos cuaternarios aluviales, fluvioaluviales y eólicos.

3.2.1 Unidades geomorfológicas

Los rasgos geomorfológicos presentes en el área son el resultado del proceso tectónico y plutónico, sobreimpuesto por los procesos de geodinámica, que han modelado el rasgo morfoestructural de la región.

Entre las formas estructurales que han controlado la región tenemos el anticlinal de Lima y los bloques fallados como productos del desplazamiento regional. Asimismo, la erosión, la incisión por el drenaje (principalmente los ríos Chancay, Chillón, Rímac y Lurín) y la acumulación de la arena eólica sobre grandes extensiones de la zona, han dado la configuración actual del relieve. Van desde el nivel medio del mar hasta 3,600 m.s.n.m. sobresaliendo rasgos geomorfológicos, que se muestran en el mapa 03 Unidades Geomorfológicas (figura 1), se describen a continuación:

- a. Borde Litoral
- b. Planicies Costeras y Conos Deyectivos
- c. Loma y Montes Islas
- d. Valles y Quebradas
- e. Estribaciones Andinas Occidentales
- f. Zona andina
- g. Zona de Altas Cumbres

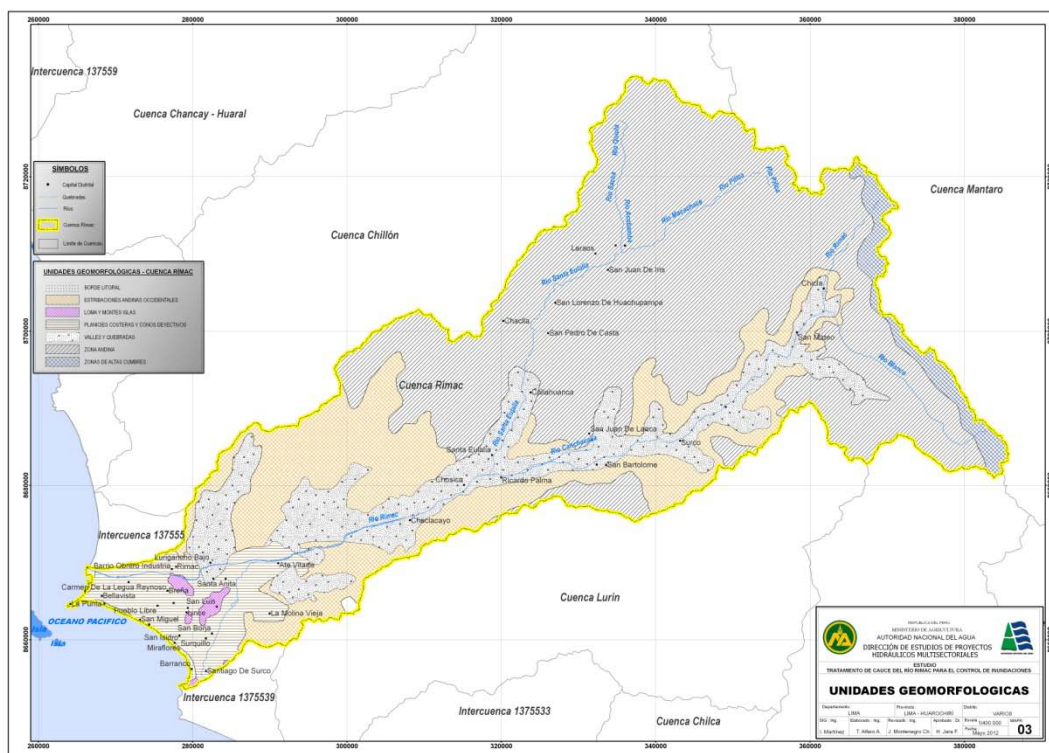


Figura 1. Unidades Geomorfológicas

a. Borde Litoral

Comprende el área de tierra firme adyacente a la línea litoral, expuesto a la acción de las olas marinas. Se extiende de Noreste a Sureste en forma de una faja delgada cuya anchura va desde la línea de costa hasta una distancia que puede variar de 1 a 2 km tierra adentro.

Está configurado por: Bahías, ensenadas, puntas, etc. Habiéndose formado playas abiertas por acumulación de arenas a través de corrientes litorales o por deriva litoral. Entre la Punta y el Morro solar en Chorrillos la terraza aluvial va tomando mayor altura de norte a sur.

b. Planicies Costeras y Conos Deyectivos

Es la zona comprendida entre el borde litoral y las estribaciones de la Cordillera Occidental constituida por una faja angosta de territorio paralela a la línea de costa, adquiriendo mayor amplitud en el valle del río Rímac.

Constituyen amplias superficies cubiertas por gravas y arenas provenientes del transporte y sedimentación de los ríos Rímac y Lurín y por arena proveniente del acarreo eólico desde las playas, por vientos que corren con dirección SO a NE.

c. Lomas y Montes Islas

Se han considerado a las colinas que bordean las estribaciones de la cordillera occidental las cuales quedan como cerros testigos encontrándose en medio del cono aluvial de Lima. Donde las rocas que constituyen estas lomas y cerros testigos son calizas y cuarcitas o rocas intrusivas, el relieve es abrupto; y cuando se trata de lutitas o limonitas las formas son redondeadas con pendientes más suaves. En rocas volcánicas tanto en piroclásticos como en derrames, estos cerros testigos presentan diferente resistencia al intemperismo por lo que sus rasgos topográficos son de pendientes empinadas y a veces de relieves regularmente suaves. Cuando están cubiertos de arena la pendiente es menos abrupta, caracterizando la coloración el gris blanquecino; dentro de los colores gris oscuro a verde que presentan las lomas debido a coberturas de líquenes, los que dan lugar a un suelo húmico.

d. Valles y Quebradas

Esta unidad geomorfológica comprende al valle del Rímac; así como a las quebradas afluentes y a las que discurren directamente al mar, las que permanecen secas la mayor parte del año, discurriendo agua sólo en épocas de fuertes precipitaciones en el sector andino. Debido a ello presentan un clima seco con un piso cubierto por depósitos coluviales y materiales de poco transporte, provenientes de las estribaciones de la Cordillera Occidental, siendo a su vez éstos cubiertos por arena eólica.

e. Estribaciones Andinas Occidentales

Esta unidad geomorfológica corresponde a las laderas y crestas marginales de la Cordillera andina de topografía abrupta formada por plutones y stocks del Batolito Costanero, emplazado con rumbo NO-SE, el mismo que ha sido disectado por los ríos y quebradas que se abren camino hacia la costa, formando valles profundos con flancos de fuerte inclinación, en donde las crestas más elevadas se estiman entre los 900 y 3,600 m. reflejando la fuerte erosión de los ríos durante el Pleistoceno – reciente.

Las estribaciones de la Cordillera occidental terminan hacia el Oeste en la zona de lomas con pendientes menos abruptas y menores de 30°.

f. Zona de Altiplanicies

Representada por un área de relieve moderado con formas topográficas de típico modelado glaciar y fluvioglaciar integrado por pampas, colinas, cadena de cerros suaves y concordantes, cuya altitud va ascendiendo progresivamente desde los 4,000 m.s.n.m. hasta la divisoria continental. Además está disectada por ríos con valles de típico modelado glaciar y fluvioglaciar, pues destacan formas topográficas de valles glaciares, con formas en “U”, valles colgados superficies estriadas, circos glaciares, lagunas glaciares y depósitos morrénicos y fluvioglaciares. El Altiplano con las características morfológicas indicadas representan un remanente de la Superficie Puna.

g. Zona de Altas Cumbres

Corresponde a la parte más alta de la Cordillera Occidental, donde la Divisoria Continental es el rasgo topográfico dominante, cruza el área con dirección NO-SE, constituye una muralla continua de cerros suaves y abruptos de típico modelado glaciar y algunos con restos de nieve perpetua con altitudes que varían entre 4,800 y 5,400 m. así tenemos el de Ticlio a 4,850 m. por donde cruza la carretera central. A lo largo de la divisoria Continental destacan las siguientes cumbres nevadas: Vicuña, Pucacocha, Anticona, Carhuachuco, Huallacancha, etc.

Junto a la Divisoria Continental hay un conjunto de lagunas glaciares que constituyen las nacientes de los ríos que drenan hacia el Pacífico y hacia el Atlántico.

Destacan las cadenas montañosas secundarias con dirección aproximada N-S y otras en sentido transversal a la Divisoria Continental, algunas con altitudes que pasan los 5,000 m.s.n.m.; ellas constituyen la divisoria de aguas de las cuencas de los ríos Santa Eulalia, Rímac, Lurín y Mala.

3.2.2 Litología y estratigrafía

Basados en las investigaciones y levantamientos geológicos a escala 1:100,000 de las hojas de Chancay, Chosica, Matucana, Lima, Lurín y Huarochirí realizados por INGEMMET, se describen las principales unidades geológicas presentes en la cuenca Rímac (ver el Cuadro 16 columna estratigráfica esquemática Cuenca del río Rímac), estas unidades comprenden rocas sedimentarias, metamórficas, volcánicas e intrusivas, con edades que fluctúan entre Jurásico y el Cuaternario Reciente. En el aspecto estructural se presentan plegamientos y fallamientos que en la mayoría de los casos muestran orientación andina.

Sector Occidental de la Cuenca

Jurásico Cretáceo

Volcánico Yangas. Se le asigna una edad cretáceo inferior y consiste de lavas andesíticas masivas, lodolitas, margas silicificadas, chert blanco y oscuro con limolitas endurecidas que se intercalan a diferentes niveles.

En la parte superior están constituídas por areniscas de grano fino, y silexitas, así como limolitas tobáceas.

Formación La Herradura. Esta formación es la unidad incompetente de la serie, debido al contenido de sales como yeso y cloruro de sodio. J. Fernández Concha reconoció dos miembros:

Miembro La Virgen, consiste de lutitas gris oscuras y negras en estratificación fina, laminadas, fisibles y carbonosas con contenido de pirita y nódulos calcáreos achatados.

Miembro La Herradura, consta de areniscas cuarzosas verdes a amarillentas, en estratificación delgada en la parte inferior y gruesa en la parte superior, siguiéndoles lutitas gris a negras, intemperizando a marrón rojizo, en partes nodulosas y en la parte alta calizas gris oscuras con estructura pizarrosa.

Formación Marcavilca. Constituida por rocas más competentes, duras y compactas de toda la serie clástica, incluye a los miembros Marcavilca y la Chira.

Predomina la cuarcita gris blanquesina, con cemento silíceo, variando en algunos horizontes a rosado violáceo, de grano medio a grueso y hasta microconglomerádico.

Cuadro 1. Columna estratigráfica esquemática de la cuenca del río Rímac

Era	Sistema	Serie	Unidad estratigráfica	Descripción
C E N O Z O I C O	Cuaternario	Reciente	Depósitos Coluviales	Gravas y bloques subangulosos en matriz fina como material de escombros.
			Depósitos Aluviales	Gravas, arenas y cantos formando terrazas inestables.
		Pleistoceno	Depósitos Aluviales antiguos	Gravas, arenas y cantos, formando terrazas estables.
			Depósitos Glaciares	Morrenas antiguas y recientes de diferente composición.
			Depósitos Fluvioglaciares	Materiales sueltos acarreados por los hielos en las altas vertientes.
	Terciario	Superior	Volc. Pacococha	Derrames andesíticos y basaltos con flujos y brechas.
			Volc. Huarochirí	Tobas riolíticas con areniscas y limolitas.
			Volc. Millotingo	Derrames andesíticos con areniscas y limolitas.
		Medio	Form. Bellavista y Río Blanco	Calizas margosas con lutitas y limolitas.
			Form. Carlos Francisco	Tobas y andesitas intemperizadas con areniscas y limolitas.
		Inferior	Grupo Rímac	Andesitas con brechas y tobas, areniscas y limolitas
			Volc. Colqui	Derrames andesíticos con algo de areniscas y limolitas.
M E S O Z O I C O	Cretáceo	Superior	Form. Casapalca	Conglomerados y cuarcitas, con gravas y areniscas algo calcáreas.
			Medio	Volc. Quilmaná
		Grupo Casma		Andesitas, dacitas y lavas con algo de areniscas y calizas.
		Inferior		Form. Atocongo
			Form. Yangas	Lavas andesíticas con lodolitas y margas.
	Jurásico	Superior	Form. Arahuay	Volcánico sedimentario con andesitas, areniscas, limolitas y calizas.

Fuente: INGEMMET

Formación Pamplona. Se le asigna una edad cretáceo inferior y consiste, en la base, de calizas gris oscuras en bancos delgados intercalando con limolitas arcillosas de coloraciones abigarradas. Se continúan margas que presentan disyunción pizarrosas y también niveles arcillo-limosos de predominante color rojo amarillento, por el contenido limonítico. Hacia la parte inferior se repiten

calizas gris oscuras en bancos delgados, limolitas y algunos niveles de arcillas tobáceas de color blanquecino, en parte rojizo.

Esta formación se comporta como una unidad muy plástica. La tectónica de macroplegamiento y fallamiento que afecta el área de Lima ha ocasionado en estas rocas micropliegues, pliegues de arrastre y microfallas.

Formación Atocongo. Se le asigna edad cretáceo inferior, consiste de limolitas gris oscuras en capas delgadas, formando paquetes que se intercalan con calizas gris verdosas a gris oscuras, margas, alterando a limolitas de color rojizo, por la presencia de minerales ferruginosos que se oxidan.

La parte superior de la formación Atocongo presenta calizas en bancos masivos, siendo la roca de color gris azulino oscuro, intercalada con calizas de color gris claro y verdoso, con textura de grano fino casi afanítica.

Sector Oriental de la Cuenca

Jurásico

Formación Arahua. Se le asigna tentativamente edad Jurásica y consiste de:

Un nivel inferior constituido por derrames andesíticos, mayormente afaníticos y microporfiríticos, con estratificación poco definida, pasando a la parte superior a una enorme secuencia de ftanitas afaníticas.

La porción intermedia, compuesta por una alternancia de bancos moderados de calizas bituminosas con paquetes de limolitas o lodolitas.

La sección superior constituida por metavolcánicos en capas moderadas con ftanitas oscuras o lodolitas calcáreas negras.

Cretáceo superior – Terciario inferior

Formación Casapalca. Por sus relaciones estratigráficas y tectónicas se le asigna edad a fines del Cretáceo Superior y el Eoceno medio.

Miembro Inferior Casapalca Consiste de intercalaciones de areniscas, limolitas y lutitas rojiza, que ocasionalmente alternan con areniscas calcáreas, areniscas guijarrosas marrón claro.

Miembro El Carmen, consiste en bancos de 2 a 5 m. de conglomerados cuarcíticos algo calcáreos, con cantos redondeados de 2 a 10 cm. y en menor proporción gravas pequeñas, bloques más grandes con matriz arena-limosa; ocasionalmente intercalan capas de arenisca y limolitas rojizas.

Terciario

Grupo Rímac, se le ha asignado una edad probable de fines del Eoceno al Oligoceno. En este grupo se pueden diferenciar:

Serie Volcánico Sedimentaria consiste de lavas y brechas andesíticas de color gris azulado a verdoso, tobas andesíticas y algunas intercalaciones de arenisca.

Serie Volcánico Tobácea, consiste de intercalaciones de unidades predominantemente sedimentario tobáceas, con areniscas limolíticas gris verdosas y rojizas, así como tobas redepositadas de color gris violáceo.

Serie Tobácea Consiste de tobas pardo grisáceas a blanquesinas, de composición riolítica y dacítica.

Grupo Colqui. Se le asigna una edad Eoceno-Oligoceno. Este grupo consiste de una gruesa secuencia de unidades volcánicas con derrames andesíticos grises, porfiríticos que alternan en menor proporción con tufos finos redepositados, gris verdosos, tufos lapillíticos pardo blanquesinos, aglomerado volcánico, ocasionalmente capas de caliza y arenisca tufácea gris verdosa y violácea. Se encuentra afectada por pliegues, fallas e intrusiones ígneas.

Formación Carlos Francisco. La edad de esta formación es de fines del Eoceno al Oligoceno. Se reconocen los siguientes miembros:

Miembro Tablachaca, consiste de una secuencia de conglomerados con elementos volcánicos de 5 a 10 cms. de diámetro y en menor proporción gravas y cantos con tamaño máximo de 50 cms. en matriz areno limosa e intercalándose areniscas, limolitas rojizas y calizas arenosas.

Miembro Carlos Francisco, constituida por un conjunto de derrames andesítico porfiroides y afaníticos de color gris, intemperizando a verdoso y violáceo, ocasionalmente se intercalan flujos de brecha volcánica y pórfidos masivos que dan el aspecto local de cuerpos hipabisales.

Miembro Yauliyacu, consiste de tobas finas rojizas con algunas intercalaciones de tobas lapillíticas gris verdoso y marrón; ocasionalmente capas de andesitas, limolitas y areniscas tobáceas.

Formación Río Blanco. Es probable que sea de fines del Eoceno al Oligoceno. Consiste de tobas redepositadas, tobas lapillíticas, areniscas tobáceas de colores abigarrados, intercalándose con aglomerados finos, brechas de tobáceas y ocasionalmente horizontes de tobas andesíticas y dacíticas.

Volcánico Millotingo. Se le asigna una edad probable OligoMioceno. Se

desarrolla ampliamente en la parte alta, entre Matucana y la mina Millotingo, donde se presenta una secuencia volcánico sedimentaria que consiste de areniscas conformada por material volcánico de coloraciones rojizas y estructura brechoide, andesitas verde violáceo, intercalados con horizontes conglomerádicos de color violáceo intemperizando a blanquecino.

Formación Huarochirí. Se le asigna una edad del Mioceno. D. Noble (1975) por estudios radiométricos ha determinado una edad de 26.1 m.a. Consisten de tobas riolíticas a riodacíticas que se alternan con areniscas y limolitas gris verdosa a rojizo. Hacia la base las tobas pasan a composiciones andesíticas de color gris violáceo.

Esta formación presenta varios bancos de tobas pardo blanquecinas, alternando con la secuencia sedimentario volcánica.

Volcánico Pacococha. Constituye el topo de la secuencia volcánica terciaria e intruída por algunos cuerpos hipabisales jóvenes que los han mineralizado es probable que su edad pueda corresponder al Mio-Plioceno.

Está constituido por un conjunto de derrames volcánicos andesíticos y basálticos con algunas intercalaciones de flujos de brecha volcánica y andesita tobácea.

Depósitos Cuaternarios

Depósitos Glaciares. Comprende los depósitos morrénicos antiguos a recientes que se encuentran en las cabeceras de los valles glaciares o cubriendo el fondo o márgenes de los mismos.

Depósitos Fluvioglaciares. Constituidos por las acumulaciones provenientes del acarreo de los depósitos glaciares por las aguas de los deshielos fundamentalmente.

Depósitos Aluviales. Constituyen las acumulaciones resultantes de la depositación de los materiales que han sufrido acarreo por las aguas de escorrentía superficial, encontrándose generalmente lejos de su lugar de origen, involucra también a los depósitos fluviales que están conformando terrazas antiguas.

Depósitos Fluviales. Estos se encuentran limitados al cauce actual de río Rímac y tributarios principales.

Las estructuras edificadas por estas fases presentan una orientación general NO-SE, en el área de Lima (M. Montoya 1981) determina fracturamiento y fallamiento longitudinal regional, con movimiento normal, inverso y de rumbo, que tienen orientaciones de NNO-SSE, NNE-SSO y NEO-SOE.

3.2.4 Geodinámica externa- procesos morfodinámicos actuales

La morfogénesis de la cuenca del río Rímac está regida por su dinámica torrencial, la que determina movimientos de flujos turbulentos, estrechamente vinculados a consecuencias desastrosas. Los factores que ocasionan estos fenómenos son las condiciones litológicas y tectogenéticas, el dominio de la herencia paleoclimática andina, las fuertes pendientes, las condiciones de aridez y semi-aridez con precipitaciones estacionales y el impacto de la ocupación productiva. Estas condiciones han determinado que la dinámica torrencial en la cuenca del río Rímac corresponda a una evolución geomorfológica normal.

Entre los principales eventos se encuentran los huaycos, inundaciones, deslizamientos, derrumbes o desprendimientos, movimientos como la soliflucción y reptación y procesos de escorrentía laminar.

a. Huaycos

Los huaycos son avenidas torrenciales violentas que descienden por las quebradas transportando material sólido de diverso diámetro.

Trabajos anteriores (Arequipa, 1992; Guillen y Santander, 1989) indican que no se requieren condiciones climáticas extraordinarias, sobretodo de precipitación, para la formación de huaycos. Así por ejemplo, los huaycos de 1987 en las quebradas de Quirio y Pedregal y la de Cashahuacra se originaron con precipitaciones de 9 a 10 mm durante 1 hora, mientras que la precipitación media máxima en la cuenca del río Rímac es de 7 mm aproximadamente (estación de Matucana). En cuanto al área mínima para que ocurra estos eventos, la ONERN (1985) hace mención que los torrentes de la región para ser normalmente activos deben poseer una superficie de cuenca-vertiente de unos 8 a 10 km², o bien que la mayor parte de la cuenca se ubique bajo un clima húmedo.

En la cuenca del río Rímac, los huaycos se ubican principalmente sobre rocas intrusivas: tonalitas, dioritas y granodioritas y, sobre rocas volcánicas, en forma de lavas, derrames y brechas, que pueden estar asociadas con lodolitas, margas o bien con areniscas y limolitas. El rango climático bajo el cual se desarrollan es muy amplio, desde precipitaciones promedios anuales aproximadas de 185 mm hasta más de 850 mm y con temperaturas promedios anuales desde 18°C hasta 5°C (comprendiendo las formaciones ecológicas matorral desértico- Premontano Tropical, estepa espinosa-Montano Bajo Tropical y páramo muy húmedo-Subalpino Tropical).

Así entonces, los huaycos se forman y varían en intensidad en función de características como la naturaleza del material litológico, la pendiente del terreno, la pendiente y la sinuosidad del canal principal del torrente, la existencia de taludes inestables, la estacionalidad y la intensidad de las lluvias, el uso de la tierra (sobretudo el sobrepastoreo), así como por manifestaciones recurrentes como el fenómeno “El Niño”. En una microcuenca, los huaycos pueden formarse en la parte alta o media de ésta, y pueden ser originados por la carga de una quebrada o bien por la confluencia de varias.

b. Escorrentía laminar

Los procesos de escorrentía laminar afectan principalmente a las superficies de las vertientes o laderas y pueden presentarse con diferentes intensidades.

La aparición de la escorrentía está vinculada a cuatro factores: la intensidad de la tormenta, la cobertura vegetal, la pendiente y el conjunto de propiedades físicas de los suelos, como la humectación, la porosidad, la permeabilidad y la consistencia.

En la cuenca del río Rímac, las cárcavas se ubican principalmente sobre rocas volcánicas andesíticas, en forma de derrames, brechas y tobas asociadas con areniscas y limolitas, lodolitas y margas del Terciario, así como rocas volcánico-sedimentarias del Jurásico. Las cárcavas presentan varias dimensiones, desde muy superficiales, con 0.5 m hasta 15 m de profundidad y con anchos de 2 a 10 m.

El rango climático bajo el cual se desarrollan es estrecho. A diferencia de los huaycos, las cárcavas se forman principalmente bajo un clima semiárido, donde las precipitaciones promedio anuales varían de 185 mm hasta 350 mm aproximadamente y con temperaturas promedio anuales desde 18°C hasta 14.4°C (comprendiendo las formaciones ecológicas matorral desértico-Premontano Tropical y la estepa espinosa-Montano Bajo Tropical).

c. Movimientos en masa (soliflucción y reptación)

La soliflucción desplaza en forma superficial, laminar o subcutánea una masa arcillosa o limosa, cuyo contenido de agua supera el límite de liquidez, estos desplazamientos tienen desplazamiento lento y ocurren generalmente en pendientes de 25° a 30°, donde el mal uso de la cobertura vegetal, muchas veces el sobrepastoreo, forman terracillas al desplazarse en peldaños.

El movimiento de material origina cicatrices, nichos de arrancamiento en forma de cuchara, delimitados por un entalle o talud semicircular de algunos metros de altura. En la parte inferior de la cicatriz, la cavidad es seguida por una superficie de lóbulos convexos, tras un desplazamiento de rotación que se extiende en superficies cónicas planas. Estos movimientos de masas son comunes por encima de los 3,500 msnm y en las áreas periglaciares, en donde los suelos alterados provenientes de fases más frías han sufrido un empapamiento debido a las precipitaciones.

En la cuenca del río Rímac los movimientos en masa ocupan varias de las litologías principales. La mayor parte de estos procesos se ubican sobre rocas volcánicas andesíticas; en forma de derrames, brechas y tobas asociadas con areniscas y limolitas del Terciario; también pueden encontrarse sobre rocas intrusivas ácidas, sobre rocas sedimentarias y sobre rocas volcánico-sedimentarias del Jurásico. Los nichos de desprendimiento tienen dimensiones variadas desde algunos metros hasta kilómetros (como los nichos ubicados sobre Surco y Matucana), por lo tanto el tamaño de sus depósitos también son variados. Este tipo de proceso requiere de cierta humedad. El rango climático bajo el cual se desarrollan varía de semi-árido a semihúmedo, con precipitaciones desde 350 mm a 850 mm aproximadamente, incluyendo las

zonas de vida de estepa espinosa-Montano Bajo Tropical a páramo muy húmedo-Subalpino Tropical.

En la cuenca del Rímac, el movimiento en masa más generalizado es el deslizamiento de tierras. Este proceso origina un nicho de desprendimiento de material que tiende a acumularse pendiente abajo en forma de lengua. En el área de estudio se observan evidencias de deslizamientos antiguos, los cuales no pueden considerarse estabilizados mientras las causas de su formación, tales como material parental, pendiente y/o causas antrópicas sigan vigentes.

El movimiento en masa es la reptación. Este tipo de movimiento implica un desplazamiento superficial relativo al reacomodo de las partículas que ha sufrido cambios térmicos, hídricos o de humectación, se presenta en mantos de derrubios masivos generalmente en la superficie puna y en áreas periglaciares de poca pendiente, en donde la diferencia térmica diaria origina modificaciones en la estabilidad de partículas.

d. Derrumbes

Derrumbes o desprendimientos se denominan a la caída de fragmentos o bloques rocosos a lo largo de las laderas que caen principalmente por gravedad. Otros factores que desestabilizan estos materiales son los movimientos sísmicos, la acción mecánica de las precipitaciones y la actividad antrópica. La velocidad con la cual caen estos materiales depende de la pendiente y de la forma y del tamaño de los fragmentos. Una sucesión de caídas origina taludes de derrubios o conos de escombros, caracterizados por la presencia de fragmentos angulosos que se depositan selectivamente, primero los más grandes y al borde los más pequeños. Estos desprendimientos tienen también origen antrópico.

En la cuenca del río Rímac, los principales desprendimientos se han originado por la ruptura de las pendientes y taludes de derrubios debido a la construcción de la nueva carretera de Cupiche a Matucana y a la acción del sobrepastoreo. Los taludes comprenden acumulaciones equilibradas con ausencia de una matriz. Este equilibrio generalmente alcanza un límite de 30° a 35°, después del

cual la inestabilidad es común afectando fuertemente la carretera central y la línea del ferrocarril central (Ibañez y Gomez, 1990). En ese sentido, este fenómeno se observa en todo el largo de la cuenca, atravesando todas las Zonas de Vida, desde la estepa Espinosa-Montano Bajo Tropical hasta el páramo muy húmedo-Subalpino Tropical.

e. Inundaciones

Las inundaciones constituyen el desborde del caudal del lecho estacional del río y la posterior invasión a superficies aledañas. La inundación obedece a múltiples factores, los cuales a menudo se combinan, siendo los principales el registro de un caudal excepcional, la ampliación con una competencia proveniente de una dinámica de coladas sucesivas, derrumbes y deslizamientos en la parte superior. En este aspecto, mucho tiene que ver la morfología del lecho y la secuencia de su colmatación, por lo tanto un menor volumen neto con una carga normal en un lecho colmatado en el período estacional anterior irrumpe desbordando su lecho.

En la cuenca del río Rímac, las inundaciones son causadas mayormente por la ocupación que la población ha efectuado en parte del lecho y en los lechos excepcionales, por la forma de construcción de los muros de contención y la canalización del río en las localidades de San Mateo, Matucana y Chosica. Estos factores determinan la magnitud de los desastres por erosión lateral de río e inundaciones, además que han efectuado modificaciones en la dinámica fluvial del Rímac. La construcción de obras de infraestructura como puentes y bocatomas sin contar con el estudio del régimen de caudales y el período de retorno, acarrearán problemas en la modificación del perfil longitudinal y cambios en la dinámica fluvial. Esta situación se presenta en varios lugares, como por ejemplo a la altura del Puente del Ejército, donde ocurre una profundización del lecho del río o bien las inundaciones estacionales en las zonas de Morón, Ñaña y Vitarte, cuyas poblaciones se extienden hacia el lecho del río

3.2.5 Riesgos geológicos identificados (INGEMMET, 1998)

La cuenca del río Rímac, ubicado al este de la ciudad de Lima, es un valle con laderas de pendientes moderadas a abruptas, heterogeneidad litológica, cubierta por suelos mayormente inconsolidados que son propensos a la generación de

fenómenos de geodinámica externa que comprometen la seguridad física de los centros poblados, obras de infraestructura básica y sus habitantes, tal y como se puede observar en la historia geodinámica de la cuenca. En el cuadro 2 y Mapa 05 (figura 3), se muestran los peligros geológicos e hidrológicos, identificados por INGEMMET.

Cuadro 2. Peligros geológico e hidrológicos en la cuenca del río Rímac

Peligro Geológico	Ubicación			Departamento	Coordenadas		Riesgo
	Sector	Distrito	Provincia		X	Y	
Deslizamiento	Deslizamiento De Casapalca.	Surco	Huachipaico	Lima	365623	8712763	Zona crítica; Fuertes precipitaciones activan este deslizamiento todos los años.
Erosion De Riberas	Sector Puente A Collata (Onturos - Huallatupe)	San Mateo	Huachipaico	Lima	353677	8694427	Tramo de alto riesgo geodinámico. El 25/01/98 se produjo el fenómeno esperado, destruyendo gran parte de la carretera.
Erosion De Riberas	Margen Izquierda Del Rio Rímac Sector Acatara.	San Mateo	Huachipaico	Lima	356475	8697492	En la actualidad el río esta erosionando la carretera.
Erosion De Riberas Y Huaycos	Puente Huallatupe, Sobre El Rio Rímac.	San Mateo	Huachipaico	Lima	333251	8694393	Estructura en situación crítica.
Erosion De Riberas, Huaycos	Puente Onturos-Huallatupe.	San Mateo	Huachipaico	Lima	352565	8693975	Conforme el río Rímac aumenta de caudal, esta carretera y el puente están en grave peligro.
Huaycos	Tambo De Viso.	San Mateo	Huachipaico	Lima	354226	8695116	Mientras sigan las precipitaciones en la cuenca de la quebrada Viso, es probable que ocurran nuevos huaycos, con magnitudes de acuerdo a la intensidad de la precipitación.
Huaycos	Huayco En La Oda De Chacahuaro, Margen Izquierda Del Rio Rímac.	Matucana	Huachipaico	Lima	352317	8693771	En peligro la carretera central Km 79+500 y la vía férrea; así como las instalaciones de la Mina Los Dos Paisanos
Huaycos	Km 82+400 De La Carretera Central	San Mateo	Huachipaico	Lima	355025	8695340	Zona crítica por huaycos o flujos de barro. Km 82+400 al Km 83+000.
Huaycos	Km 82+000 De La Carretera Central	San Mateo	Huachipaico	Lima	353860	8694895	Zona crítica por huaycos o flujos de barro. Km 81+900 al Km 83+000
Huaycos	Km 109+000 Al 110+000 Del Ferrocarril Central	San Mateo	Huachipaico	Lima	353955	8694416	Si persisten las lluvias en el sector mencionado, estos huaycos ocasionarán más daños.
Huaycos	Rio Canchacalla, Desemboca En La Margen Izquierda Del Rio Rímac Sector Sol Y Campo	San Mateo	Huachipaico	Lima	326550	8683500	-
Huaycos	Quebrada Agua Salada, Margen Izquierda Del Rio Rímac, Sector Cocachacra	Santa Cruz De Cocachacra	Huachipaico	Lima	330900	8682600	-
Huaycos	Quebrada De Rio Seco, Margen Izquierda Del Rio Rímac, Sector San Bartolomé-Torna Mesa	San Bartolomé	Huachipaico	Lima	333700	8684210	-
Huaycos	Quebrada Verrugas, Margen Izquierda Del Rio Rímac, Sector Puente Carrión (Vía Férrea)	Surco	Huachipaico	Lima	338050	8686000	-
Huaycos	Quebrada Linday, En La Margen Derecha Del Rio Rímac, Sector Songos	Surco	Huachipaico	Lima	340150	8686180	-
Huaycos	Quebrada Panchar, Margen Derecha Del Rio Rímac, Sector Puente Onturos-Huallatupe	San Mateo	Huachipaico	Lima	352600	8694100	-
Huaycos	Quebrada La Ronda, Margen Izquierda Del Rio Rímac, Sector Piedra Grande-Chosica	Lurigancho	Lima	Lima	317300	8681150	-
Inundación	Rio Santa Eulalia, Sector Los Sauces	Santa Eulalia	Huachipaico	Lima	322212	8690307	Fuertes daños en los centros de esparcimiento de Los Sauces.
Inundación, Desbordes	Rio Santa Eulalia, Margen Derecha Paraje Santa Rosa.	Santa Eulalia	Huachipaico	Lima	320447	8686358	En la actualidad las aguas del río Santa Eulalia amenazan desbordarse, a pesar de las defensas existentes.

Fuente INGEMMET, 1998

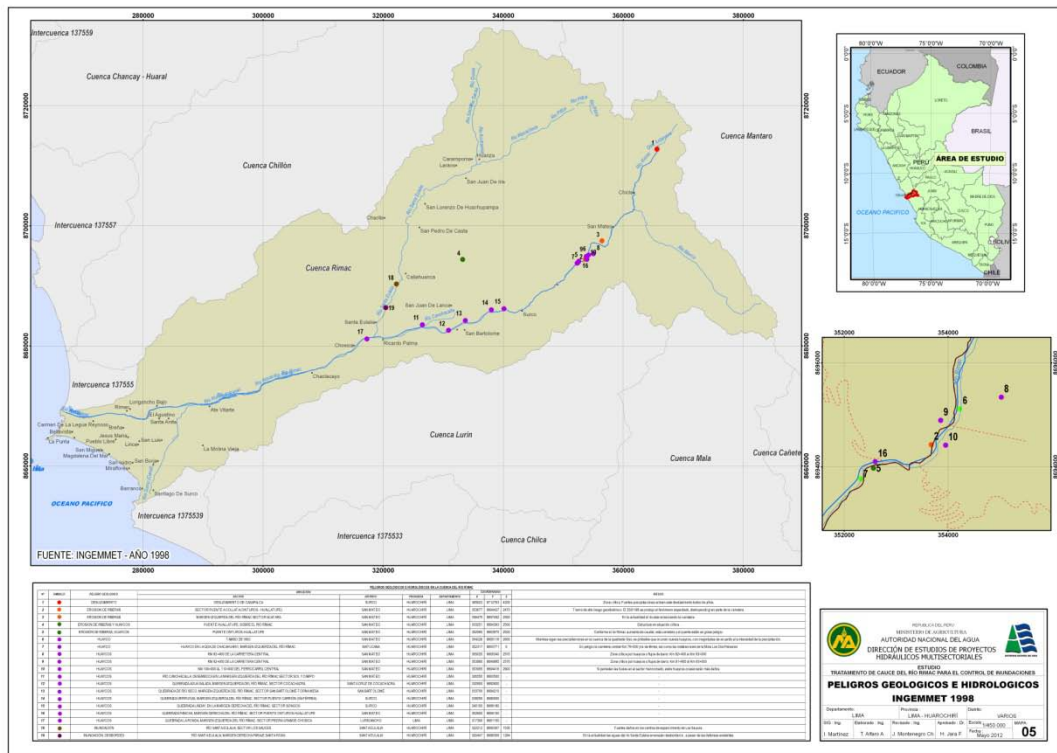


Figura 3. Peligros geológicos e hidrológicos

3.2.6 Sismicidad

La zona de la Cuenca del Río Rímac, dentro del marco de la tectónica global, se encuentra en un área de alta actividad sísmica, como parte del Cinturon Circumpacífico. Los rasgos tectónicos principales son la Cordillera de los andes y la Fosa de Lima, estas se sitúan dentro de la Placa Tectónica Suramericana o Continental y Nazca u Oceánica. La segunda se introduce en subducción a la Placa Continental formando el llamado Plano de Benioff, lugar principal de la acumulación constante de energía que será liberada mediante los temblores y terremotos.

De acuerdo al Mapa de Zonificación Sísmica del Perú (Norma Técnica de Construcciones E-030, 1989), el área de estudio se ubica en la Zona III (figura 4 “Zonificación Sísmica del Perú”), se caracteriza por una actividad sísmica del tipo Alta, existiendo las posibilidades que ocurra sismos de intensidades considerables en la Escala de Mercalli modificada de VI, VII y IX grados de intensidad (figura 5 “Mapa de Intensidades Sísmicas del Territorio Peruano”).

Teniendo en cuenta la Norma Técnica NTE E-30 y el predominio del suelo bajo la cimentación, se recomienda adoptar en los diseños Sismo-Resistentes, el siguiente parámetro: Factor de Zona = 0.40 Factor (g).

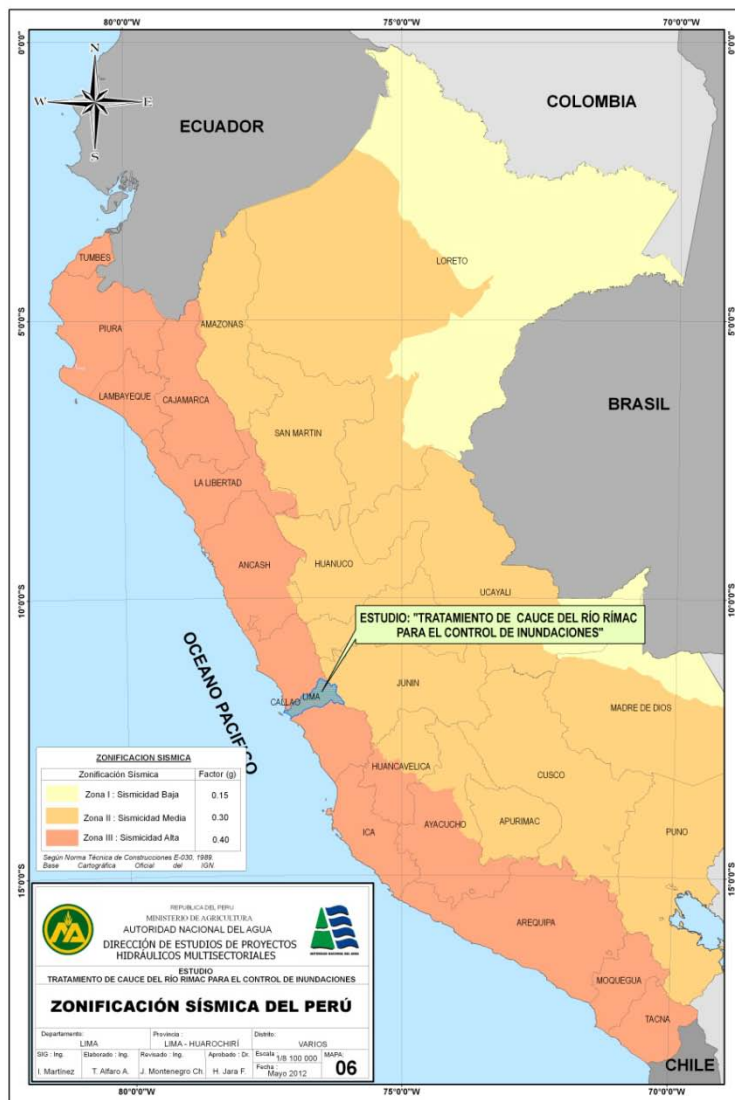


Figura 4. Zonificación sísmica del Perú

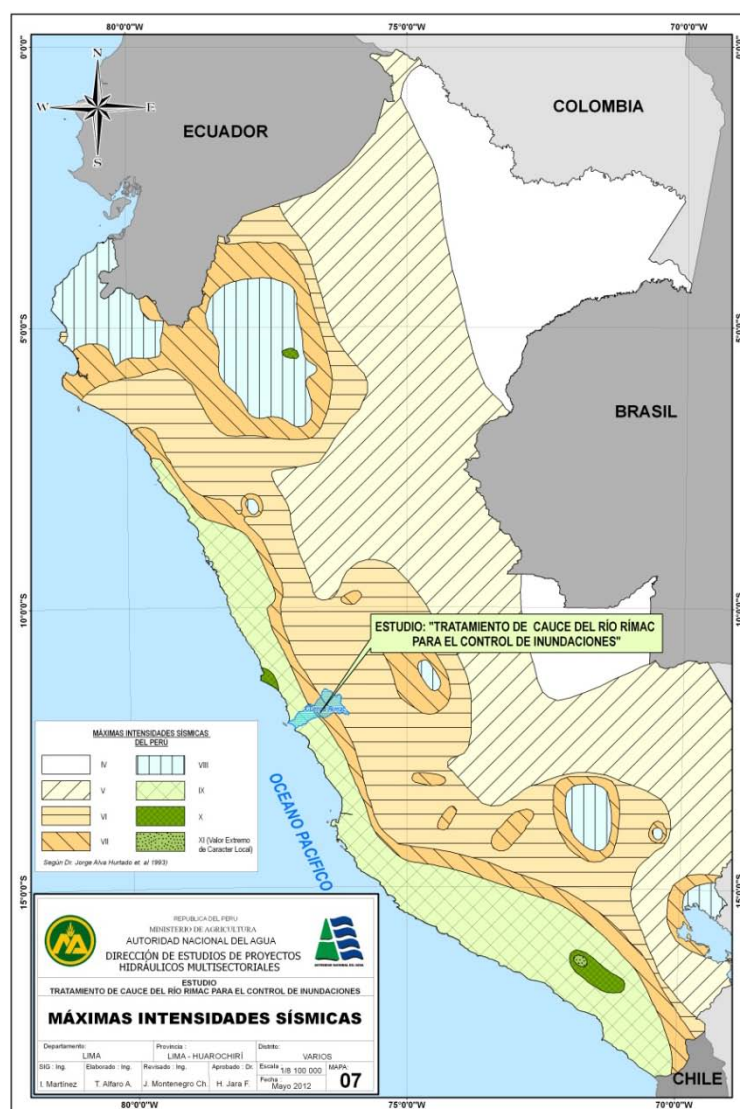


Figura 5. Intensidades sísmicas

3.3 Geotecnia del área de estudio

Las investigaciones geotécnicas en la zona de estudio se realizaron con fines de cimentación, fueron realizadas en la provincia de Matucana; sectores de Paihua, Huaripachi y Huariquiña, se ejecutaron un total de 3 excavaciones exploratorias con profundidades promedios entre 1.00 a 1.20 metros; localizadas cerca al cauce del río Rímac en ambas márgenes.

Asimismo, la recopilación de la información técnica existente ha permitido obtener características físico mecánicas del suelo de cimentación hasta una profundidad de 2.0 m., en los sectores de Carapongo San Juan de Lurigancho.

La ubicación de las investigaciones geotécnicas ejecutadas y recopiladas se detalla en el mapa 08 Ubicación Investigaciones Geotécnicas (figura 6).

3.3.1 Propiedades físico mecánicas

Los resultados de los ensayos de laboratorio de mecánica de suelos se describen, teniendo en cuenta los sectores investigados.

Sector Paihua (Matucana)

De acuerdo a las investigaciones geotécnicas el tipo litológico predominante en en el sector Paihua son: Gravas mal gradadas y gravas limosas (GP - GM), material que presenta valores de índice de plasticidad 0 por lo que se considera un suelo no plástico, son considerados como buenos a excelentes terrenos de apoyo en cimentaciones. Asimismo, el riesgo de que ocurran deslizamientos de taludes en este tipo de materiales es bajo. La capacidad de carga en este tipo de suelos es alta.

Resultados de Laboratorio de Mecánica de Suelos (ver anexos)

Calicata	: C-01
Coordenadas	: X (Este) = 347313, Y (Norte) = 8689240
Profundidad	: 0.00 - 1.20 metros
SUCS	: GP – GM (Gravas mal gradadas, gravas limosas)
Límite líquido	: NT
Límite plástico	: NP
Índice plástico	: -
Gravas (%)	: 61%
Arenas (%)	: 34%
Finos (%)	: 5%
D50	: 7.9 mm
Humedad Natural	: 2.71%
Ángulo de Fricción Interna	: 29.68°
Cohesión Aparente del suelo	: 0.00 kg/cm ²
Densidad Seca Promedio	: 1.59 gr/cm ³



Figura 6. Excavación exploratoria C-1, se observan gravas con arenas y limos.

Sector Huariquiña (Matucana)

El tipo litológico predominante en el sector Huariquiña son: Gravas mal gradadas y gravas limosas (GP - GM), material que presenta valores de índice de plasticidad 0 por lo que se considera un suelo no plástico, son considerados como buenos a excelentes terrenos de apoyo en cimentaciones. Asimismo, el riesgo de que ocurran deslizamientos de taludes en este tipo de materiales es bajo. La capacidad de carga en este tipo de suelos es alta.

Resultados de Laboratorio de Mecánica de Suelos

Calicata	: C-02
Coordenadas	: X (Este) = 346313, Y (Norte) = 8688240
Profundidad	: 0.00 - 1.00 metros
SUCS	: GP – GM (Gravas mal gradadas, gravas limosas)
Límite líquido	: NT
Límite plástico	: NP
Índice plástico	: -
Gravas (%)	: 56%
Arenas (%)	: 37%
Finos (%)	: 7%
D50	: 6.2 mm
Humedad Natural	: 2.65%
Ángulo de Fricción Interna	: 30.89°

Cohesión Aparente del suelo	: 0.00 kg/cm ²
Densidad Seca Promedio	: 1.56 gr/cm ³
Valor como terraplenes	: Razonablemente estables, empleado en revestimientos permeables de diques y presas (GP), puede usarse para núcleos impermeables o capas aislantes (GM).
Permeabilidad	: En el rango de 10 ⁻² cm/s – 10 ⁻⁶ cm/s
Máximo peso unitario	: 1.84-2.16 Tn/m ³
Valor como cimentaciones	: Buen apoyo



Figura 7. Excavación exploratoria C-2 Sector Huariquiña

Sector Huaripachi (Matucana)

De acuerdo a las investigaciones geotécnicas el tipo litológico predominante en el sector Huaripachi son: Gravas arcillosa y gravas limosas con arenas (GC - GM), material que presenta valores de índice de plasticidad 4.92% por lo que se considera un suelo no plástico, son considerados como buenos terrenos de apoyo en cimentaciones. Asimismo, el riesgo de que ocurran deslizamientos de taludes en este tipo de materiales es de bajo a muy bajo. La capacidad de carga en este tipo de suelos es alta.

Resultados de Laboratorio de Mecánica de Suelos

Calicata	: C-03
Coordenadas	: X (Este) = 347313, Y (Norte) = 8689240
Profundidad	: 0.00 - 1.20 metros

SUCS	: GP – GM (Gravas mal gradadas, gravas limosas)
Límite líquido	: NT
Límite plástico	: NP
Índice plástico	: -
Gravas (%)	: 61%
Arenas (%)	: 34%
Finos (%)	: 5%
D50	: 4.0 mm
Humedad Natural	: 2.71%
Ángulo de Fricción Interna	: 29.68°
Cohesión Aparente del suelo	: 0.00 kg/cm ²
Densidad Seca Promedio	: 1.59 gr/cm ³
Valor como terraplenes	: Razonablemente a medianamente estable, por lo general se usan en núcleos impermeables.
Permeabilidad	: En el rango de 10 ⁻³ cm/s – 10 ⁻⁸ cm/s
Máximo peso unitario	: 1.84-2.16 Tn/m ³
Valor como cimentaciones	: Buen apoyo



Figura 8. Excavación exploratoria C-3, se observan gravas arcillosas y limosas con arenas

Sector Carapongo

De acuerdo a las investigaciones geotécnicas realizadas en el sector Carapongo con fines de construcción de dique enrocado, se tiene que el tipo litológico predominante son: Gravas bien gradadas (GW), material que presenta valores de índice de plasticidad nula, por lo que se considera un suelo no plástico, son considerados como buenos terrenos de apoyo en cimentaciones. Asimismo, el riesgo de que ocurran deslizamientos de taludes en este tipo de materiales es de bajo a muy bajo. La capacidad de carga en este tipo de suelos es alta.

Resultados de Laboratorio de Mecánica de Suelos

Calicata	: C-01
Sector	: Carapongo
Profundidad	: 0.00 - 1.20 metros
SUCS	: GW (Gravas bien graduadas)
Límite líquido	: NP
Límite plástico	: NP
Índice plástico	: -
Gravas (%)	: 70.5 %
Arenas (%)	: 28.5 %
Finos (%)	: 1.0 %
D50	: 15.0 mm
Valor como	: Muy estable, revestimientos permeables de diques y Terraplenes presas.
Permeabilidad	: > 10 ⁻² cm/seg
Máximo peso unitario	: 2.00 – 2.16 Tm/m ³
Valor como	: Buen Apoyo
Cimentaciones	

Sector Huascar

De acuerdo a las investigaciones geotécnicas el tipo litológico predominante en el sector San Juan de Lurigancho son: Gravas mal gradadas (GP), material que presenta valores de índice de plasticidad 0 por lo que se considera un suelo no plástico, son considerados como buenos a excelentes terrenos de apoyo en cimentaciones. Asimismo, el riesgo de que ocurran deslizamientos de taludes en este tipo de materiales es bajo. La capacidad de carga en este tipo de suelos es alta.

Resultados de Laboratorio de Mecánica de Suelos

Calicata	: C-01 TEL
Sector	: San Juan de Lurigancho
Profundidad	: 0.00 - 2.00 metros
SUCS	: GP (Gravas mal graduadas)
Límite líquido	: NP
Límite plástico	: NP
Índice plástico	: -
Gravas (%)	: 76.01 %
Arenas (%)	: 23.65 %
Finos (%)	: 0.34 %
D50	: 16.2 mm
Valor como presas	: Estable, revestimientos permeables de diques y Terraplenes

Permeabilidad : > 10-2 cm/seg
 Máximo peso unitario : 1.84 - 2.00 Tm/m³
 Valor como : Buen Apoyo
 Cimentaciones

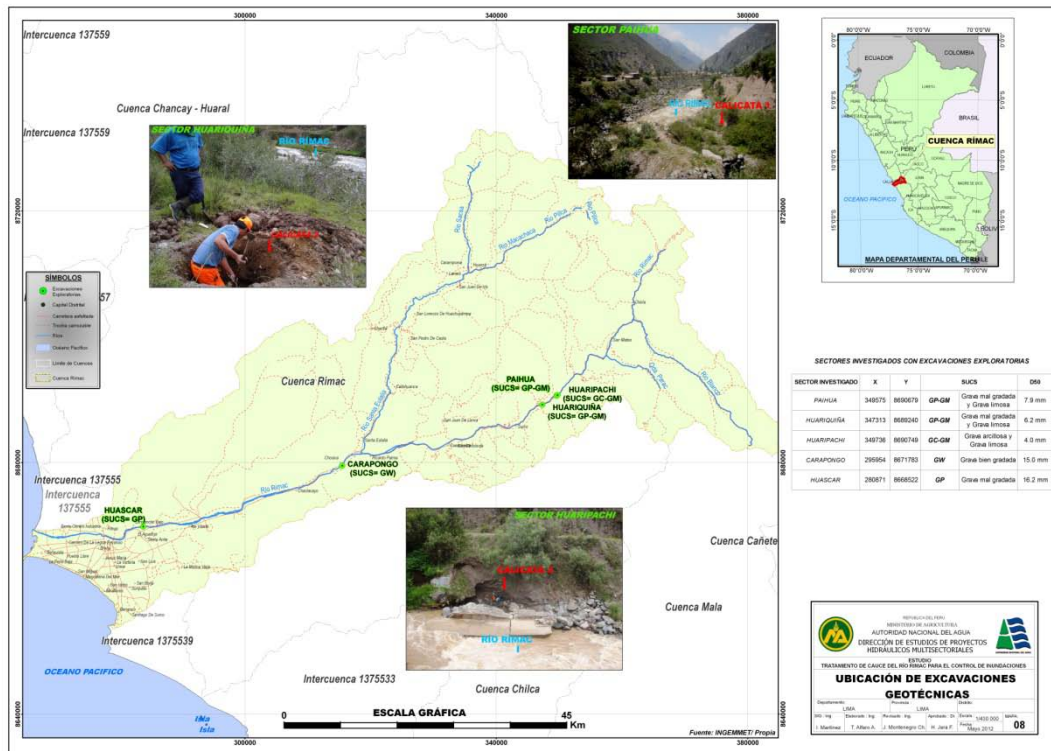


Figura 9. Excavaciones geotécnicas

3.4 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Conclusiones

- ❖ Las rocas predominantes en la zona de estudio comprenden rocas sedimentarias, metamórficas, volcánicas e intrusivas, con edades que fluctúan entre el Jurásico y el Cuaternario Reciente.
- ❖ Las unidades geomorfológicas observadas en la cuenca del río Rímac son: Zona de Altas Cumbres, Zona andina, Estribaciones Andinas Occidentales, Valles y Quebradas, Loma y Montes Islas, Planicies Costeras y Conos Deyectivos; y Borde Litoral.
- ❖ Las estructuras en el área presentan movimiento normal, inverso y de rumbo, que tienen orientaciones de NNO-SSE, NNE-SSO y NEO-SOE.

- ❖ Los principales eventos que ocurren a lo largo del río Rímac son los huaycos y la erosión de riberas; sin embargo a nivel de cuenca también se pueden identificar inundaciones, deslizamientos, derrumbes o desprendimientos, movimientos como la solifluxión y reptación y procesos de escorrentía laminar.
- ❖ De acuerdo a la NTE - E30 y el predominio del suelo bajo la cimentación se recomienda adoptar los siguientes parámetros:

Factor de zona 3	:	Z = 0.4
Condiciones Geotécnicas:		
Clasificación de Tipo de Suelo	:	S1 y S2
Factor de Suelo (S)	:	S = 1.0 y 1.2
Periodo Predominante Tp (S)	:	Tp = 0.4 y 0.6
- ❖ De acuerdo a los antecedentes de los estudios existentes y de acuerdo a las calicatas analizadas para este estudio se puede deducir que en el tramo de estudio desde la confluencia del Río Rímac con el Río Santa Eulalia hasta la confluencia con la quebrada Huaycoloro se puede decir que existen suelos gruesos, granulares compuestos por gravas tales como GW (Grava bien graduada con arena), gravas GM (Grava limosa con arena), suelos GP-GM (Grava mal graduada con limo y arena) y suelos GW-GM (Grava bien graduada con limo y arena) con presencia de bolonería en algunos casos. Pero el predominio de los suelos GW y GP es lo que determina las propiedades físico-mecánicas de los suelos en la zona de estudio.
- ❖ El material predominante en la zona de estudio son gravas arenosas pobremente graduadas (GP) y gravas bien graduadas (GW), que pueden considerarse como puramente friccionantes, con un ángulo de fricción interna de 34.00° y 31.00°, no cohesivas.
- ❖ Por tratarse de suelos friccionantes se realizó el cálculo de la capacidad portante admisible por corte y el cálculo de la presión admisible por asentamiento, se deberá tomar en cuenta el rango de 2.00 kg/cm² a 4.00 kg/cm² por ser material gravoso a profundidades de 1.00 m a 1.50 m
- ❖ Los materiales como tales como gravas, arena, bloques de roca cristalina que se hallan a lo largo del curso del río Rímac, en las quebradas tributarias y en los flancos de los cerros, de donde pueden ser extraídas y explotadas por medios mecánicos, con explosivos o con cortes a tajo abierto, debido a

que su acceso está facilitado por las trochas a las canteras existentes. Ver cuadro 10, donde se detalla las zonas y los volúmenes explotables

- ❖ Las arenas y gravas del río son por lo general bien seleccionados, limpias y de buena calidad, pudiendo ser utilizadas como agregados en la preparación de concretos. Estas arenas son el resultado de la destrucción de las rocas granodioríticas y graníticas, se encuentran diseminados en el curso inferior del río Rímac y en las quebradas próximas al cauce, siendo la mayoría de ellas, transportados por el viento y las corrientes de agua. Ver cuadro 10, donde se detalla las zonas y los volúmenes explotables
- ❖ Los bloques de rocas granodioríticas que se exponen mayormente en el área costanera del Rímac, se pueden emplear en los enrocados de los diques reguladores o gaviones a proyectarse, estas rocas son de granos uniformes, compactos y homogéneos. Ver cuadro 09, donde se detalla las zonas y los volúmenes explotables.
- ❖ Las canteras de mayor explotación se encuentran en la quebrada California, La Redonda, etc., igualmente, las rocas volcánicas andesíticas que se encuentran en el sector de Matucana pueden utilizarse en los muyos de contención y en las obras de regulación de los posibles huaycos. Ver cuadro 09, donde se detalla las zonas y los volúmenes explotables.
- ❖ En algunos tramos se recomienda estructuras laterales o diques, con material propio o material de préstamo, revestidos de material resistente a la erosión y abrasión. En otros tramos se recomienda espigones ya sea enrocado, de gaviones u otro material que garanticen su durabilidad.
- ❖ Cuando se refiera a diques, debe tenerse en cuenta que, si la velocidad del agua es mayor a la velocidad que puede soportar el suelo sin ser erosionado, se recomienda emplear filtro de geotextil o filtro de grava; así como, la plantación de gramíneas (carrizos) entre los poros dejados por el enrocado, el cual fortalecerá, la protección contra el lavado del material del cuerpo del dique.
- ❖ A nivel de todo el tramo que corresponde al estudio, deben realizarse trabajos complementarios de limpieza y descolmatación del cauce tomando como referencia el ancho estable y la pendiente. Para estas actividades se recomienda emplear los siguientes tipos de maquinaria pesada: Bulldozer con una potencia promedio de 250 HP, Excavadora de potencia 190 HP, Volquete

de 12 m³ o más, Cargador frontal de 170 HP.

Recomendaciones

- ❖ Se recomienda, realizar el cálculo de asentamiento, al momento de ejecutar las construcciones de cualquier defensa ribereña, con la presión real efectiva transmitida al terreno.
- ❖ Se recomienda realizar el análisis de sales totales solubles (Cloruros y Sulfatos), para determinar la agresividad del suelo al concreto y al fierro, al momento de ejecutar los proyectos.
- ❖ Por la naturaleza misma de los suelos encontrados, en los que siendo necesario generalizar la información obtenida en algunos sondeos a toda el área del proyecto, no siempre es posible obtener seguridad total acerca de la información obtenida. Por lo tanto se recomienda que, en el caso poco probable que durante la construcción se observen suelos con características diferentes a las indicadas en este informe, se notifique de inmediato al proyectista para efectuar las correcciones necesarias.
- ❖ Desarrollar proyectos de refuerzo del cauce del río Rímac, con la finalidad de evitar su desbordamiento en temporadas de lluvia.
- ❖ Motivar mediante programas la construcción responsable y el ordenamiento territorial.
- ❖ Resoluciones Administrativas, emitidas por la Autoridad Local de Agua; donde se especifiquen respetar el ancho estable del río, caudales máximos de diseño, entre otros parámetros o variables.
- ❖ Programa de capacitación y sensibilización, sobre Alerta Temprana, Gestión de Riesgos ante inundaciones, simulacros, etc. Este programa debe ser promovido por el Gobierno Regional, Gobierno Local, Sectores y entidades privadas.

CAPITULO 4



CAUDALES MÁXIMOS-EVENTOS EXTREMOS

INDICE

CAUDALES MÁXIMOS-EVENTOS EXTREMOS	70
4.1 Inundaciones en el Perú.....	70
4.2 Descripción de los eventos de inundaciones ocurridos en el país	71
4.3 Inundaciones de ríos Rímac y Santa Eulalia	72
4.4 Planteamiento hidrológico	75
4.5 Cálculo de caudales máximos por distribuciones probabilísticas	78
4.6 Cálculo de caudales máximos por curvas envolventes de Creager	85
4.7 Conclusiones	89

CAUDALES MÁXIMOS-EVENTOS EXTREMOS

El río Rímac ha merecido de numerosos estudios hidráulicos, de defensas ribereñas, de agua potable, de aprovechamiento hidroenergético, etc., los cuales han servido para confrontar los datos resultantes, para el presente proyecto.

El análisis de descargas máximas tiene por objeto estimar los valores de las avenidas y sus probabilidades de ocurrencia correspondientes, para ser consideradas en el diseño de estructuras.

4.1 Inundaciones en el Perú

La agricultura en el Perú es una actividad productiva que se practica bajo condiciones de alto riesgo y vulnerabilidad climática, siendo las inundaciones el fenómeno natural con mayor impacto socioeconómico en el sector agrario. Las inundaciones causadas por las crecidas estacionales y por eventos extremos dañan la infraestructura productiva y social, afectando gravemente la situación económica y social del país. El último Fenómeno El Niño - muy fuerte, ocurrido en el año 1998, causó múltiples impactos socioeconómicos en las principales zonas afectadas del país, a pesar del pronóstico temprano de su ocurrencia (INRENA, 2006).

Según la CAF (2000), los daños causados por el FEN 1997-98 en el país ascienden a US\$ 3,500 millones de dólares, que representa el 46.7% de las pérdidas ocasionadas en los países de la región andina. Los sectores productivos fueron los más afectados con 46% del daño total, seguido del sector transporte con 21% de los daños. La producción agropecuaria sufrió el 17% de los daños totales, debido a que las inundaciones dañaron tanto la infraestructura como la propia producción agropecuaria.

Los daños ocasionados por el FEN 1997-98, fueron muy similares a los ocasionados por el FEN 1982-83 (US\$ 3,283 millones de dólares según CAF y US\$ 1,000 millones de dólares según BIRF), pero esta vez no ocurrió sequía en el Sur del país que aumentara las pérdidas agropecuarias. Por el contrario, existió un pronóstico temprano que permitió realizar obras y acciones de prevención para mitigar parcialmente los efectos negativos del FEN 1997-98.

4.2 Descripción de los eventos de inundaciones ocurridos en el país

En el Perú, no siempre las inundaciones o fuertes lluvias ocurridas pueden atribuirse al fenómeno El Niño, puesto que ocurren inundaciones provocadas o amplificadas por las acciones antrópicas sobre la faja marginal y planicie inundable de los ríos, principalmente del desarrollo urbano y/o actividad agropecuaria. En la costa, las inundaciones catastróficas son ocasionadas por los desbordes de los ríos cargados de flujos hiperconcentrados con gran capacidad de erosión y sedimentación, predominando un mecanismo de desarrollo típico de las inundaciones fluviales, que se forman lentamente durante un intervalo de tiempo de días. En la sierra, predominan las inundaciones repentinas y causadas por los desbordes de los ríos andinos, los cuales se caracterizan por su pendiente pronunciada y el escurrimiento de flujos hiperconcentrados y/o flujos de escombros (huaycos) con amplia granulometría de sólidos, siendo este último asociado a deslizamientos de tierra o derrumbes provocados por el exceso de lluvias (causado o no con el FEN), sismos o accidentes glaciares (INRENA, 2006).

En la costa norte del país, se observa una estrecha vinculación entre el fenómeno El Niño y las precipitaciones muy fuertes y las inundaciones. En el Sur del país y en la vertiente del Lago Titicaca, el fenómeno El Niño provocaría las sequías y el fenómeno La Niña los excesos de lluvias, siendo este último probablemente provocado por la mayor influencia de los sistemas frontales del Sur (aire polar) y no por un aumento de la temperatura de la superficie del mar.

En la actualidad, aún se encuentra bajo investigación las vinculaciones del fenómeno El Niño con el cambio climático global. No obstante, existen hipótesis que atribuyen la variabilidad del clima en el Pacífico tropical y la mayor frecuencia del fenómeno El Niño, en los últimos 30 años, al cambio climático global producido por el incremento de los gases de efecto invernadero y no a la variabilidad natural del clima. De comprobarse esta hipótesis, se estaría expuesto a la variabilidad climática y a los eventos extremos como inundaciones y sequías, lo que demandaría como respuesta la implementación de un proceso de adaptación conjuntamente con medidas de mitigación, orientado a minimizar

los impactos negativos y maximizar los beneficios.

En este contexto, no se dispone de información directa sobre los mecanismos del clima durante la ocurrencia de los Mega-Niños, sólo se ha constatado que los dos fenómenos El Niño ocurridos en los años 1982/83 y 1997/98, tipificados como Niños - Muy Fuertes, han presentado comportamientos diferentes en el Sur. En efecto, el primero correspondió a una sequía, mientras que el segundo se caracterizó por una precipitación superior al promedio. Aún persiste la incertidumbre de cómo se comportará el próximo evento El Niño - Muy Fuerte, y menos aún el próximo Mega-Niño.

Por otro lado, los huaycos, avalanchas y aluviones son fenómenos catastróficos que se presentan en sierra y la selva alta del país, y su ocurrencia no necesariamente está asociada con la presencia de los fenómenos El Niño y La Niña. Particularmente, los desastres o accidentes de origen glaciario o lacustre no deben ser atribuido al fenómeno El Niño, debido a que no existe ninguna relación directa, y su ocurrencia puede intensificarse durante las épocas de desglaciación y retraimiento de los glaciares, los cuales si estarían asociados al cambio climático global de la tierra.

4.3 Inundaciones de ríos Rímac y Santa Eulalia

Las inundaciones ocurren mayormente en las partes de confluencia entre las microcuencas y el río Rímac y río Santa Eulalia, teniendo como causa directa, las crecientes que se producen anualmente en cada temporada de lluvias, que normalmente duran de Enero a Marzo. Parte de las ciudades de Chosica y Matucana se encuentra dentro del valle de inundación, por lo cual es y será siempre vulnerable a inundaciones. En el río Santa Eulalia, los puntos más críticos es en la desembocadura de la Qda. Cashahuacra y en el Pueblo de Palle Viejo y Palle Nuevo, así como en Callahuanca (INRENA, 2006).

Un factor que contribuye con los desbordes es la colmatación del cauce del río, que sucede año tras año por la sedimentación de los materiales de arrastre del río y los aportes de las quebradas adyacentes. En épocas de lluvias, el cauce y taludes laterales se encuentran desprotegidos, las secciones se encuentran

reducidas del cauce por sedimentación, existe una gran presencia de bloques rocosos y construcciones que generan turbulencia en el río (INRENA, 2006).

Los efectos de los huaycos trascienden del área de influencia de sus conos y generan otras situaciones de riesgo a la ciudad de Matucana, tales como represamientos momentáneos por la acumulación de sedimentos acarreados por el huayco hacia el río Rímac (Payhua y Chucumayo), inundaciones y erosión de sus riberas. En Matucana, los huaycos se pueden presentarse periódicamente, en los meses de Enero, Febrero y Marzo (temporada de lluvias); y ocasionalmente, estando relacionados a precipitaciones excepcionales a los FEN, como la de los años 1981, 1982 y 1983, que tuvieron gran repercusión en Matucana.

De acuerdo a la cronología de desastres de PREDES ocurridos en el valle del río Rímac (años 1941, 1951, 1969, 1979, 1980, 1981, 1983, 1987, 1989, 1994, 1997-98, 1999, se puede precisar lo siguiente:

- ✓ Los caudales máximos promedio del río Rímac han sido en los últimos 70 años hasta 6 veces mayores que los que acontecieron durante el último desastre del Callao.
- ✓ Las zonas de mayor recurrencia de los desastres están referidas a la cuenca alta y media, principalmente ciudades como Matucana, Chosica y Chaclacayo.

No existe necesariamente una correlación absoluta entre el incremento desmesurado de los caudales y la ocurrencia de desastres. La ubicación de las zonas donde se produce la inundación puede estar determinada por el debilitamiento de las defensas en un tramo del río, por la sedimentación del lecho del río que deviene en colmatación, o por represamientos derivados de la destrucción parcial o total de puentes, espigones, u otras construcciones. Durante el FEN 1997-98, el río Rímac alcanzó una descarga de 200 m³/s.

Cuadro 1. Eventos de inundaciones y huaycos Rímac

AÑO	EVENTO	LUGAR	DAÑOS
1941	Huayco	Matucana (Payhua)	Arrasó con terrenos de cultivos
1959	Huayco (14- 02), Inundación (8 -02)	Matucana (Payhua y Chucumayo)	Destrucción del 90% de viviendas, pérdidas de vidas humanas, epidemias
1969	Huayco (Chucumayo)	Puerto Nuevo, Monterrico, Ministerio de Transporte	Pérdidas materiales, vías de comunicación y terrenos agrícolas
1979	Huayco (Chilco)	Huaripachi	Inundación leve de las viviendas construidas en el cauce del huayco y afectó el CEI
1980	Huayco (Antahuaca)	Monterrico y San Juan de Patihuayco	Inundación y destrucción de viviendas y cultivos, destruyó puente San Juan
1981	Huayco (Chucumayo)	AAHH Puerto Nuevo	Destrucción de dos puentes: ferroviario y carretero, vía de comunicación interrumpida
1983	Huayco (Payhua), inundación (4 de Marzo)	Matucana, Huaripachi, (Lucmo) y Monterrico	Inundación de la ciudad de Matucana, afectando el sistema de agua y desagüe, caídas de casas de adobe, pérdidas de animales. Afectó el puente, terreno y carretera
1988	Huayco (Chucumayo)	Puerto Nuevo	Inundación de viviendas, destrucción de carretera y terrenos de cultivo
1998	Huayco (3 de Abril)	Chucumayo	Afectó puente de ferrocarril y peatonales, canales de riego, terrenos de cultivo.
2000	Embalse	Cacachaqui	Viviendas destruidas y casas húmedas

AÑO	EVENTO	LUGAR	DAÑOS
1983	Desborde de río Rímac	Afectó todo el Distrito, en especial al Puente Ricardo Palma y Cupiche	Inundación de viviendas y cultivos, en especial en Piedra Grande y la Ronda
1985	Huayco	Quebrada Cupiche	Afectó a 10 viviendas, terrenos de cultivo, a la carretera central y el ferrocarril
1988	Lluvias torrenciales Huaycos	Ricardo Palma, Cupiche, Daniel Hipólito, J. Velasco, Piedra Grande, La Ronda, Cementerio San Pedro de Mama.	Inundación y derrumbe de viviendas, malogro vías de acceso, bloqueo de pase, afectó a cultivos y canales de riego.
1989	Huayco	Daniel Hipólito, Quebrada San Pedro de Mama	Afectó la carretera central, ferrocarril y al Hostal La Betina.
1993	Lluvias torrenciales. Huayco	AAHH Cupiche	Inundación de casas
1997	Lluvias torrenciales Huayco	Cupiche Piedra Grande	Inundación de viviendas, cultivos y canal de riego
1998	Lluvias torrenciales, Huaycos	Cupiche, Km. 44.5 Quebrada Montalvo Q. Cuchilla Blanca Q. Santa Ana, La Ronda; Huachinga	Interrumpió carretera y caminos, afectó a tierras de cultivo, centros recreacionales desaparecieron, Tapó viviendas
1999	Huaycos	Cupiche, Cuchilla Blanca, Santa Ana, D. Hipólito J. Velasco Alvarado La Ronda, R. Palma	Inundó el estadio del C.E., bloqueó la carretera, tapó los SSHH de C.Educativo Todas las viviendas se inundaron y cayeron los Kioscos se llenaron de lodo. Se inundó la plaza de Armas de R. Palma

Fuente: INRENA, 2006

4.4 Planteamiento hidrológico

Con fines de simulación hidráulica del río Rímac para determinar las llanuras de inundación y parámetros hidráulicos fluviales, se ha propuesto el siguiente planteamiento.

- a. **Tramo litoral marino hasta la confluencia con el río Santa Eulalia.** Para este tramo se cuenta con caudales máximos diarios, de la estación de Chosica, administrado por SENAMHI. La serie disponible corresponde al periodo de 1920-2011; y se aplicará el método estadístico, a través de distribuciones probabilísticas.

- b. **Tramo confluencia rio Santa Eulalia - distrito de Chicla.** En este tramo no se cuenta con información hidrométrica suficiente para emplear el método estadístico; por lo tanto se aplicará el método de las Curvas Envolventes de Creager, de acuerdo a la relación:

$$Q_{max} = (C_1 + C_2) * Log(T) * A^{mA^{-n}}$$

Donde, C1, C2, m y n son coeficientes adimensionales para diferentes regiones del Perú.

En el cuadro 2, se muestra los valores de los coeficientes para cada región del Perú, y en la figura 1, se muestra la regionalización de avenidas del Perú. Según estas consideraciones el ámbito de estudio se ubica en las regiones 4 y 6.

Cuadro 2. Valores de los coeficientes según región del Perú

Nº	Región	Cuencas
1	Costa Norte (frontera)	Tumbes a Piura
2	Costa Norte	Cajamarca a Santa
3	Sierra Norte	Alto Marañón
4	Costa Central	Lacramarca a Camaná-Mojos
5	Costa Sur	Quilca a Caplina
	Tiñicaca	Tiñicaca
6	Sierra Central Sur	Mantaro, Apurímac y Urubamba
7	Selva	Ucayali, Bajo Marañón, Madre de Dios y Amazonas

Región	C1	C2	m	n
1	1.01	4.37	1.02	0.04
2	0.10	1.28	1.02	0.04
3	0.27	1.48	1.02	0.04
4	0.09	0.36	1.24	0.04
5	0.11	0.26	1.24	0.04
6	0.18	0.31	1.24	0.04
7	0.22	0.37	1.24	0.04

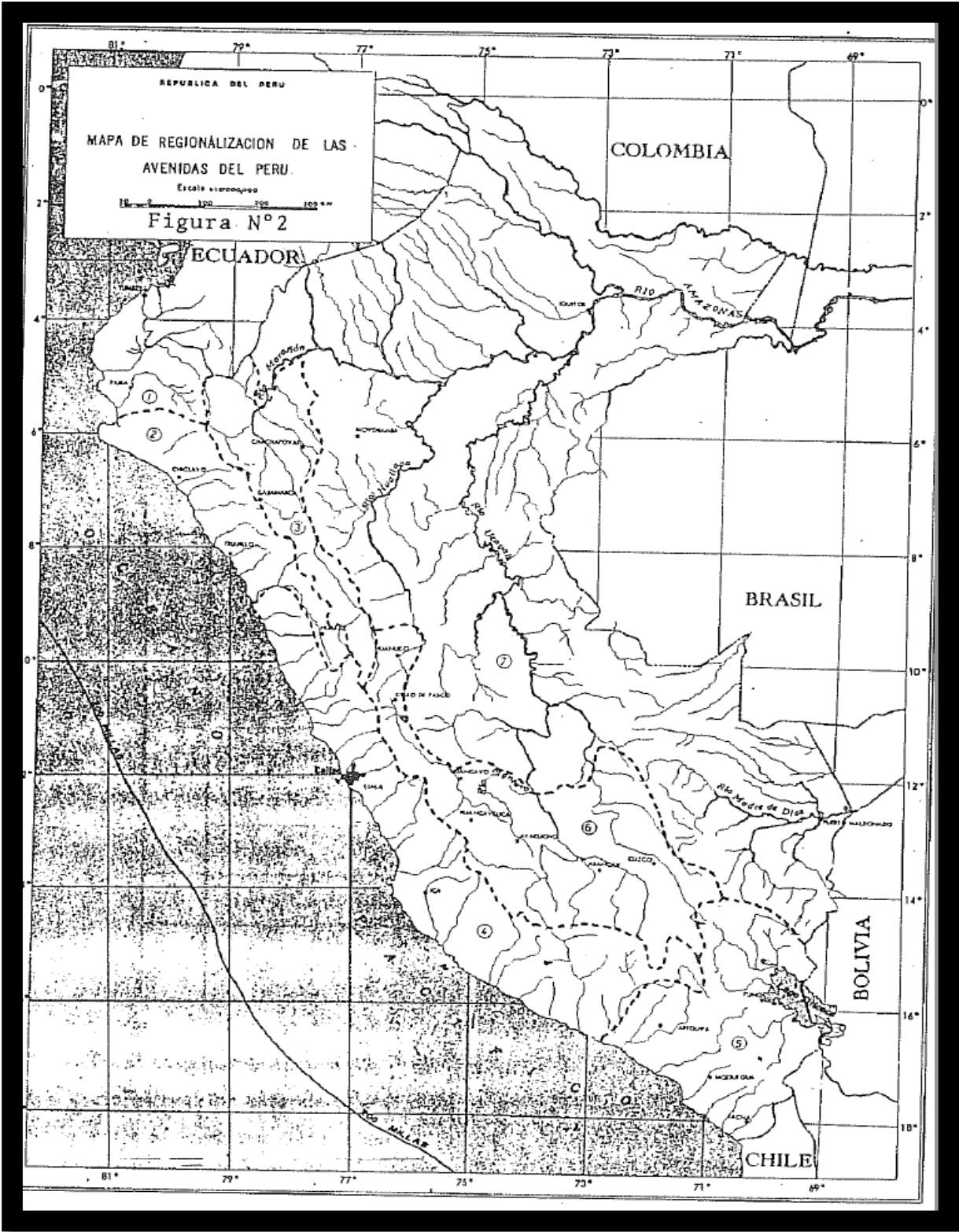


Figura 1. Mapa de Regionalización de las Avenidas del Perú

4.5 Cálculo de caudales máximos por distribuciones probabilísticas

Basado en el análisis de la frecuencia de las crecidas. El caudal es considerado como una variable aleatoria continua, que permite evaluar su distribución estadística, ajustado a una ley teórica de probabilidad (Gumbel, Log Pearson II, etc.).

Este método se aplicará en el tramo litoral marino hasta la confluencia ríos Santa Eulalia y Rímac.

Con el uso del programa HidroEsta, se evaluó la serie histórica de caudales (1921-2011), para una cantidad de 84 años. Esta evaluación se realizó con 8 modelos probabilísticos, considerando un nivel de significancia de 5%, método de estimación de parámetros, Momentos Lineales y pruebas de bondad de ajuste por Kolmogorov.

Las funciones con mejor ajuste son: Normal, LogNormal 2 parámetros, LogNormal 3 parámetros, Gamma 2 parámetros, Gamma 3 parámetros, Gumbel y LogGumbel).

a. Distribución Normal. Una variable aleatoria x , tiene una distribución normal, si su función densidad, es:

$$f(x) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}S} \text{EXP} \left[-\frac{1}{2} \left(\frac{x-\bar{X}}{S} \right)^2 \right]$$

$$f(x) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}S} e^{-\frac{1}{2} \left(\frac{x-\bar{X}}{S} \right)^2}$$

Para $-\infty < x < \infty$

Donde:

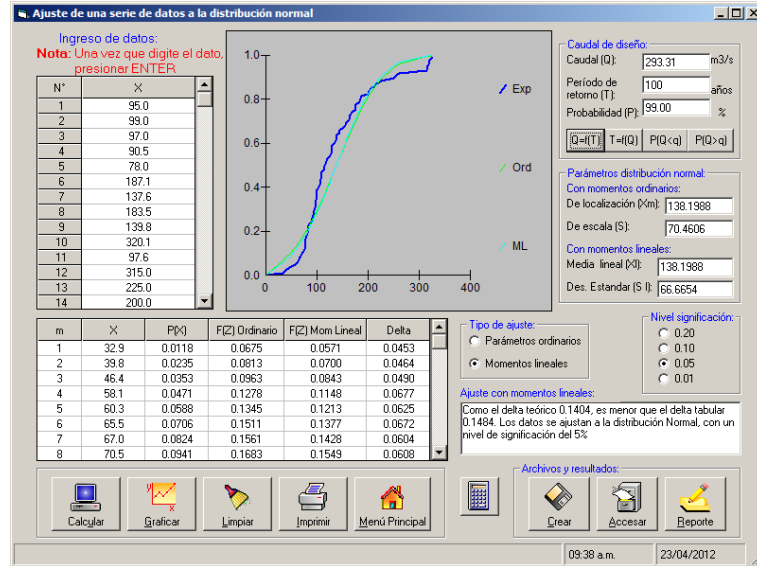
$f(x)$ = función densidad normal de la variable x

x = variable independiente

\bar{X} = parámetro de localización, igual a la media aritmética de x

S = parámetro de escala, igual a la desviación estándar de x

EXP = función exponencial con base e , de los logaritmos neperianos.



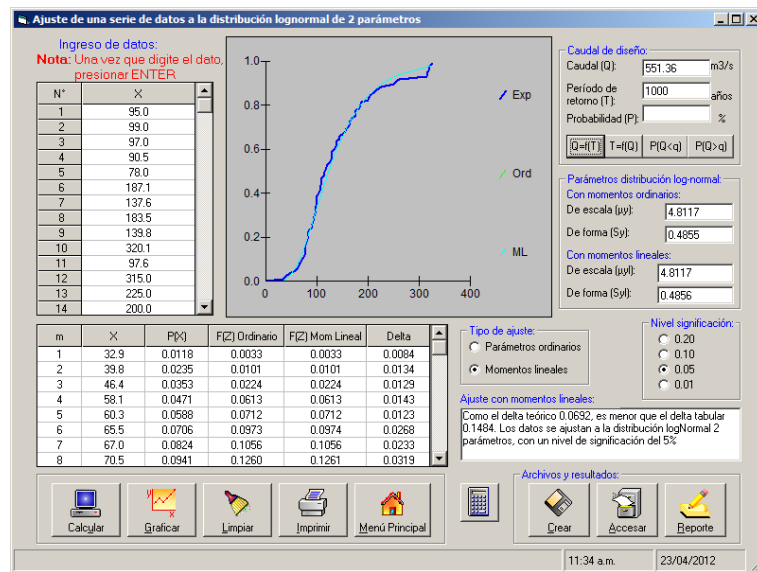
b. **Distribución Log-Normal de 2 parámetros.** Cuando los logaritmos, $\ln(x)$, de una variable x están normalmente distribuidos, entonces se dice que la distribución de x sigue la distribución de probabilidad log-normal, en que la función de probabilidad log-normal $f(x)$ viene representado como:

$$f(x) = \frac{1}{x\sigma_y\sqrt{2\Pi}} \text{EXP} \left\{ -\frac{1}{2} \left[\frac{\ln x - \mu_y}{\sigma_y} \right]^2 \right\}$$

Para $0 < x < \infty$, se tiene que $x \sim \text{logN}(\mu_y, \sigma_y^2)$

Donde:

μ_y, σ_y = Son la media y desviación estándar de los logaritmos naturales de x , es decir de $\ln(x)$, y representan respectivamente, el parámetro de escala y el parámetro de forma de la distribución.



c. **Distribución gamma de 3 parámetros o Pearson Tipo III.** Introduce un tercer parámetro el límite inferior ϵ , de tal manera que por el método de los momentos, los tres elementos de la muestra (la media, la desviación estándar y el coeficiente de asimetría) puedan transformarse en los tres parámetros λ , β y ϵ de la distribución de probabilidad.

Se dice que una variable aleatoria X , tiene una distribución gamma de 3 parámetros o distribución Pearson Tipo III, si su función densidad de probabilidad es:

$$f(x) = \frac{(x - x_0)^{\gamma-1} e^{-\frac{(x-x_0)}{\beta}}}{\beta^\gamma \Gamma(\gamma)}$$

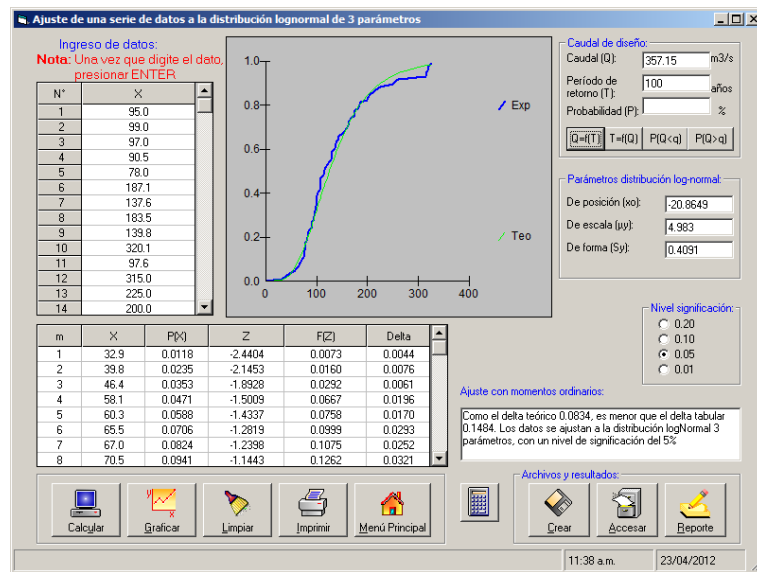
Para:

$$X \quad 0 \leq x < \infty$$

$$-\infty < x < \infty$$

$$0 < \beta < \infty$$

$$0 < \gamma < \infty$$



d. **Distribución Gumbel.** La distribución Gumbel es una de las distribuciones de valor extremo, es llamada también Valor Extremo Tipo I, Fisher-Tippett tipo I o distribución doble exponencial.

La función de distribución acumulada de la distribución Gumbel, tiene la forma:

$$F(x) = \text{EXP}(-\text{EXP}(-(x - \mu) / \alpha))$$

ó

$$F(x) = e^{-e^{-\frac{x-\mu}{\alpha}}}$$

para: $-\infty < x < \infty$

donde:

$0 < \alpha < \infty$ es el parámetro de escala

$-\infty < \mu < \infty$ es el parámetro de posición,

Derivando la función de distribución acumulada con respecto a x, se obtiene la función densidad de probabilidad; es decir:

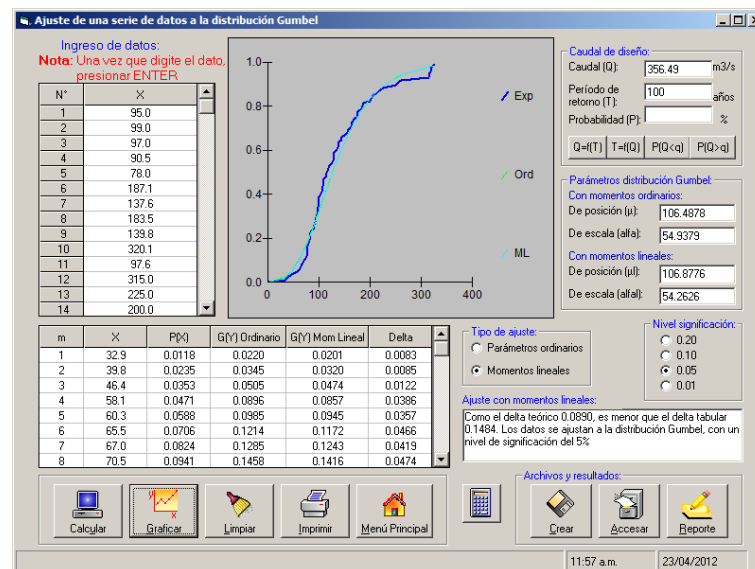
$$f(x) = \frac{dF(x)}{dx}$$

$$f(x) = \frac{1}{\alpha} \text{EXP} \left(-\frac{(x-\mu)}{\alpha} - \text{EXP} \left(-\frac{(X-\mu)}{\alpha} \right) \right)$$

$$f(x) = \frac{1}{\alpha} e^{-\frac{x-\mu}{\alpha}} - e^{-\frac{x-\mu}{\alpha}}$$

para:

$$-\infty < x < \infty$$



e. **Distribución Log-Gumbel.** La función de distribución acumulada de la distribución Log-Gumbel tiene la forma:

$$F(x) = e^{-e^{-\frac{(x-\mu)}{\alpha}}}$$

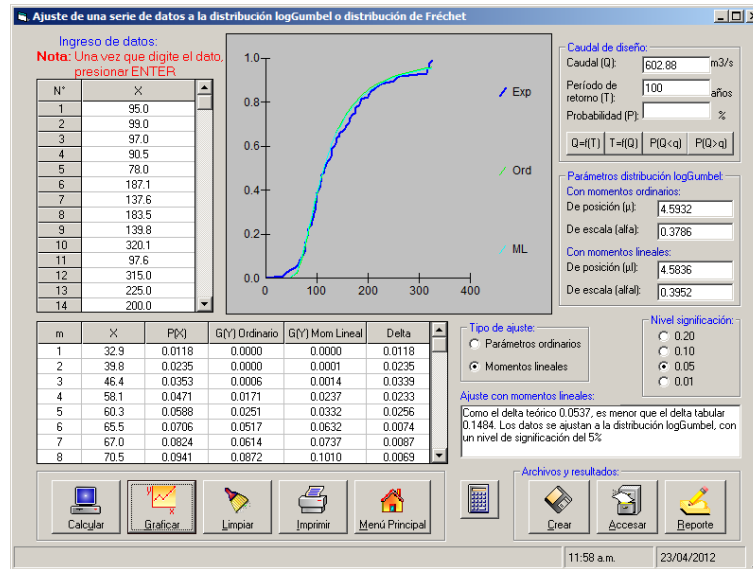
para: $-\infty < x < \infty$

donde:

$0 < \alpha < \infty$ es el parámetro de escala

$-\infty < \mu < \infty$ es el parámetro de posición,

El parámetro de posición también se llama valor central o moda, si en la ecuación, la variable x se reemplaza por $\ln x$, se obtiene la función acumulada de la distribución log-Gumbel, o distribución de Fréchet.



En el cuadro 3, se muestra los caudales para varios periodos de retorno, calculados mediante las funciones probabilísticas.

Cuadro 3. Caudales máximos para varios periodos de retorno, mediante distribuciones probabilísticas

Período de Retorno (T)	P	Distribución Normal	Distrib. Log Normal 2 parámetros	Distrib. Log Normal 3 parámetros	Gamman 2 parámetros	Gamman 3 parámetros	Log-Pearson tipo III	Gumbel	Log Gumbel
2	0.5	138.2	122.9	125.1	128.0	124.3	-	126.6	113.5
5	0.2	197.5	185.0	185.0	188.3	189.7	-	188.9	174.4
10	0.1	228.5	229.1	225.6	226.1	232.6	-	230.1	231.6
25	0.04	261.6	287.7	277.8	271.4	285.4	-	282.2	331.7
50	0.02	282.9	333.3	317.3	303.5	323.5	-	320.9	432.8
75	0.013	294.4	360.7	340.5	361.6	345.2	-	343.3	505.3
100	0.01	302.2	380.5	357.2	334.3	360.4	-	359.2	563.8
200	0.005	319.7	429.5	397.8	363.9	396.4	-	397.4	733.7
500	0.002	341.0	497.4	452.9	401.6	442.6	-	447.9	1038.5
1000	0.001	356.0	551.4	495.8	429.0	476.4	-	485.0	1350.4

En la figura 2, podemos observar que la data histórica tiene buena aproximación con las distribuciones Log Normal 2 parámetros, Log Normal 3 parámetros y Gumbel.

Por lo tanto, se emplearán los caudales obtenidos por la función LogNormal 2 parámetros. De acuerdo a esta función los caudales máximos para 50 y 100 años de periodo de retorno son 333.3 y 380.5 m³/s, respectivamente. Los caudales instantáneos para estos tiempos de retorno son 375 m³/s y 425.2 m³/s.

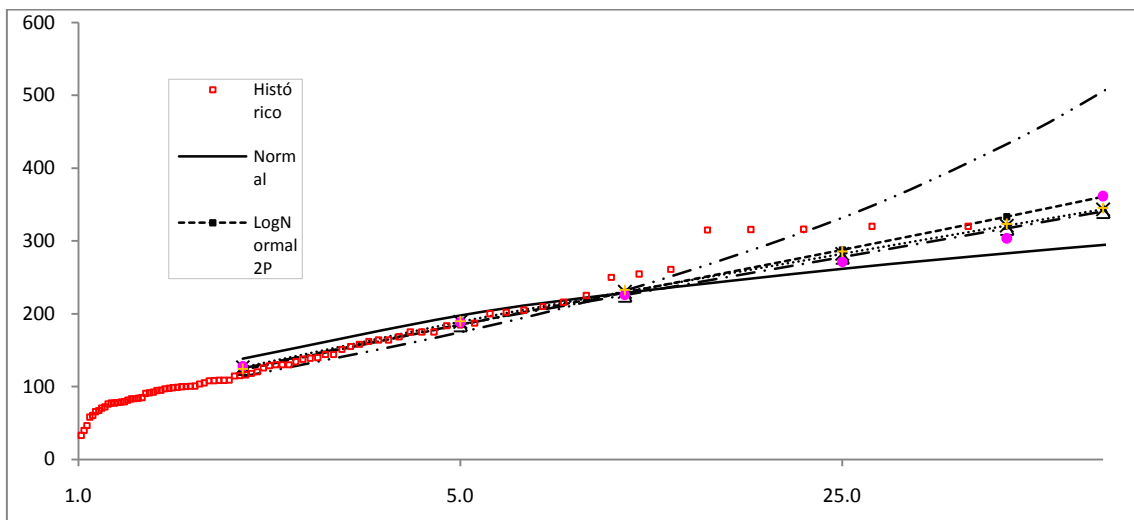


Figura 2. Tendencia de los datos históricos a las distribuciones probabilísticas

Con información de caudales máximos instantáneos del SENAMHI y los caudales máximos diarios se ha determinado que existe una buena correlación, lo cual ha permitido calcular los caudales máximos instantáneos para diferentes periodos de retorno. En la figura 3, se observa la correlación entre estos caudales.

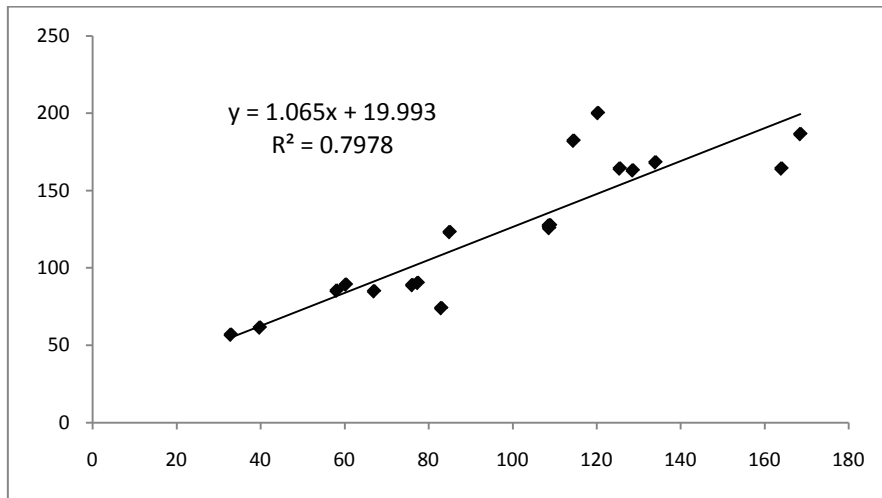


Figura 3. Correlación entre caudales máximos e instantáneos

En el cuadro 4, se indica los caudales máximos diarios e instantáneos para varios periodos de retorno, para el tramo litoral marino, Rimac-Santa Eulalia.

Cuadro 4. Caudales máximos e instantáneos

T.R. (años)	Q max (m³/s)	Q inst (m³/s)
2	122.9	150.9
5	185.0	217.0
10	229.1	264.0
25	287.7	326.4
50	333.3	375.0
75	360.7	404.1
100	380.5	425.2
200	429.5	477.4
500	497.4	549.7
1000	551.4	607.2

4.6 Cálculo de caudales máximos por curvas envolventes de Creager

Este método se empleará en el tramo confluencia de los ríos Santa Eulalia-Rímac hasta el distrito de Chicla. Los caudales se han calculado teniendo en cuenta los siguientes tramos (cuadro 5).

Cuadro 5. Tramos para el cálculo de caudales

Tramo	Area (Km2)
Río Santa Eulalia-Qda. Canchacalla	1,168
Qda. Canchacalla-Qda. Río Seco	1,003
Qda. Río Seco-Qda. Viso Mayo	627
Qda. Viso Mayo- Qda. Parac	591
Qda. Parac-Río Blanco	405
Río Blanco-Chicla	170

Los caudales calculados por el método estadístico ha permitido calibrar el coeficiente de escurrimiento de Creager "C" (C1+C2).

Cuadro 6. Coeficientes del método de Creager

T.R. (años)	C	m	n
2	1.509	1.24	0.04
5	0.965	1.24	0.04
10	0.821	1.24	0.04
25	0.719	1.24	0.04
50	0.672	1.24	0.04
75	0.651	1.24	0.04
100	0.639	1.24	0.04
200	0.614	1.24	0.04
500	0.589	1.24	0.04
1000	0.575	1.24	0.04

En los cuadros 7, 8, 9, 10, 11 y 12, se indican los caudales para los tramos confluencia de los ríos Santa Eulalia y Rímac hasta el distrito Chicla (naciente).

Cuadro 7. Caudales para el tramo Río Santa Eulalia-Qda. Canchacalla

T.R. (años)	C	A	m	n	Q max (m3/s)	Q inst (m3/s)
2	1.509	1168	1.24	0.04	89.1	114.9
5	0.965	1168	1.24	0.04	132.4	161.0
10	0.821	1168	1.24	0.04	161.0	191.4
25	0.719	1168	1.24	0.04	197.1	229.9
50	0.672	1168	1.24	0.04	224.0	258.5
75	0.651	1168	1.24	0.04	239.6	275.1
100	0.639	1168	1.24	0.04	250.6	286.9
200	0.614	1168	1.24	0.04	277.1	315.1
500	0.589	1168	1.24	0.04	312.1	352.4
1000	0.575	1168	1.24	0.04	338.6	380.6

Cuadro 8. Caudales para el tramo Qda. Canchacalla-Qda. Río Seco

T.R. (años)	C	A	m	n	Q max (m3/s)	Q inst (m3/s)
2	1.509	1003	1.24	0.04	82.1	107.4
5	0.965	1003	1.24	0.04	121.9	149.8
10	0.821	1003	1.24	0.04	148.3	177.9
25	0.719	1003	1.24	0.04	181.6	213.3
50	0.672	1003	1.24	0.04	206.3	239.7
75	0.651	1003	1.24	0.04	220.7	255.0
100	0.639	1003	1.24	0.04	230.8	265.8
200	0.614	1003	1.24	0.04	255.2	291.8
500	0.589	1003	1.24	0.04	287.5	326.2
1000	0.575	1003	1.24	0.04	311.9	352.2

Cuadro 9. Caudales para el tramo Qda. Río Seco-Qda. Viso

T.R. (años)	C	A	m	n	Q max (m3/s)	Q inst (m3/s)
2	1.509	627	1.24	0.04	63.2	87.3
5	0.965	627	1.24	0.04	93.9	120.0
10	0.821	627	1.24	0.04	114.2	141.6
25	0.719	627	1.24	0.04	139.8	168.9
50	0.672	627	1.24	0.04	158.8	189.1
75	0.651	627	1.24	0.04	169.9	200.9
100	0.639	627	1.24	0.04	177.7	209.3
200	0.614	627	1.24	0.04	196.5	229.3
500	0.589	627	1.24	0.04	221.3	255.7
1000	0.575	627	1.24	0.04	240.1	275.7

Cuadro 10. Caudales para el tramo Qda. Viso-Qda. Parac

T.R. (años)	C	A	m	n	Q max (m3/s)	Q inst (m3/s)
2	1.509	591	1.24	0.04	61.1	85.1
5	0.965	591	1.24	0.04	90.8	116.7
10	0.821	591	1.24	0.04	110.4	137.5
25	0.719	591	1.24	0.04	135.2	163.9
50	0.672	591	1.24	0.04	153.6	183.5
75	0.651	591	1.24	0.04	164.3	194.9
100	0.639	591	1.24	0.04	171.8	203.0
200	0.614	591	1.24	0.04	190.0	222.3
500	0.589	591	1.24	0.04	214.0	247.9
1000	0.575	591	1.24	0.04	232.2	267.3

Cuadro 11. Caudales para el tramo Qda. Parac-Río Blanco

T.R. (años)	C	A	m	n	Q max (m3/s)	Q inst (m3/s)
2	1.509	405	1.24	0.04	49.0	72.2
5	0.965	405	1.24	0.04	72.8	97.6
10	0.821	405	1.24	0.04	88.6	114.3
25	0.719	405	1.24	0.04	108.5	135.5
50	0.672	405	1.24	0.04	123.2	151.2
75	0.651	405	1.24	0.04	131.8	160.4
100	0.639	405	1.24	0.04	137.9	166.8
200	0.614	405	1.24	0.04	152.5	182.4
500	0.589	405	1.24	0.04	171.7	202.9
1000	0.575	405	1.24	0.04	186.3	218.4

Cuadro 12. Caudales para el tramo Río Blanco-Chicla

T.R. (años)	C	A	m	n	Q max (m3/s)	Q inst (m3/s)
2	1.509	170	1.24	0.04	28.7	50.6
5	0.965	170	1.24	0.04	42.6	65.4
10	0.821	170	1.24	0.04	51.9	75.2
25	0.719	170	1.24	0.04	63.5	87.6
50	0.672	170	1.24	0.04	72.1	96.8
75	0.651	170	1.24	0.04	77.2	102.2
100	0.639	170	1.24	0.04	80.7	106.0
200	0.614	170	1.24	0.04	89.3	115.1
500	0.589	170	1.24	0.04	100.5	127.1
1000	0.575	170	1.24	0.04	109.1	136.2

4.7 Conclusiones

Por discurrir las aguas por centros urbanos como San Mateo, Matucana, Ricardo Palma, Chosica, Chaclacayo, etc. que tienen antecedentes de haber sufrido daños por inundaciones se va a realizar la simulación para caudales con un periodo de retorno de 100 años.

En el cuadro 13, se muestra un resumen de los caudales según el tramo en la cuenca del río Rímac.

Cuadro 13. Caudales máximos para 100 años T.R.

Tramo	Q max (m3/s)	Q inst. (m3/s)
Litoral - ríos Santa Eulalia - Rímac	380.5	425.2
Río Santa Eulalia-Qda. Canchacalla	250.6	286.9
Qda. Canchacalla-Qda. Río Seco	230.8	265.8
Qda. Río Seco-Qda. Viso Mayo	177.7	209.3
Qda. Viso Mayo- Qda. Parac	171.8	203.0
Qda. Parac-Río Blanco	137.9	166.8
Río Blanco-Chicla	80.7	106.0

CAPITULO 5



RED GEODESICA

INDICE

REDE GEODESICA	92
5.1 Establecimiento del Punto Geodésico.....	92
5.2 Proceso de medición de Estaciones GPS	92
5.2.1 Personal y equipo	92
5.2.2 Procedimiento.....	94
5.3 Información de los Puntos de Orden “C”	95
5.4 Mapas de ubicación de los Puntos de Orden “C”	95

REDE GEODESICA

La Red Geodésica en el río Rímac está conformada por 69 Puntos de Orden "C". De los cuales 22 fueron instalados y monumentados por la empresa GEOFOTO S.A. a solicitud de la Dirección de Estudios de Proyectos Hidráulicos Multisectoriales de la Autoridad Nacional de Agua, y 47 Puntos corresponden a los instalados por COFOPRI.

Esta Red Geodésica servirán de soporte georreferencial para los levantamientos cartográficos y topográficos para la elaboración de estudios de preinversión e inversión, así como replanteo en la construcción de obras hidráulicas, defensa ribereñas y control de avenidas dentro de la faja marginal.

5.1 Establecimiento del Punto Geodésico

Los puntos geodésicos establecidos son del Orden "C" y suman en total 69 puntos, distribuidos a ambas márgenes del río Rímac; partiendo desde el litoral marítimo hasta el distrito de Chicla, una distancia aproximada de 120 Km. La monumentación fue de concreto de 40 x 40 cm por lado, empotrado en la parte central una placa de bronce (figura 1).

5.2 Proceso de medición de Estaciones GPS

5.2.1 Personal y equipo

El personal técnico de la empresa GEOFOTO S.A., ha realizado coordinaciones con el personal profesional de la Autoridad Nacional del Agua para el inicio de las actividades de campo y para la definición más apropiada de la ubicación de los hitos de concreto.

El personal de campo estuvo conformado por un Jefe de proyecto y cuatro (4) geodestas y miembros de la Policía Nacional como elementos de seguridad. Los equipos utilizados en el proceso de medición fueron:

- ✓ Un Rastreador GPS Trimble 4000 SSE y SSI, incluye accesorios.
- ✓ Dos Rastreadores GPS Trimble 4800, incluye antenas trípodes y accesorios.
- ✓ Cuatro Navegadores GPS.
- ✓ Dos computadoras Lap Top.
- ✓ Cuatro equipos de radio.

PLACA DE BRONCE

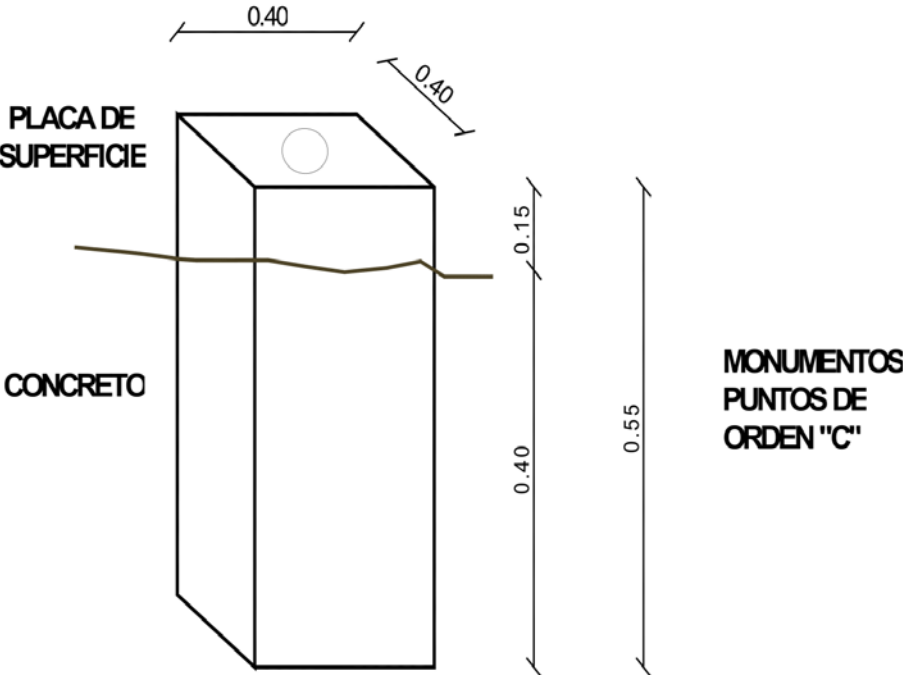
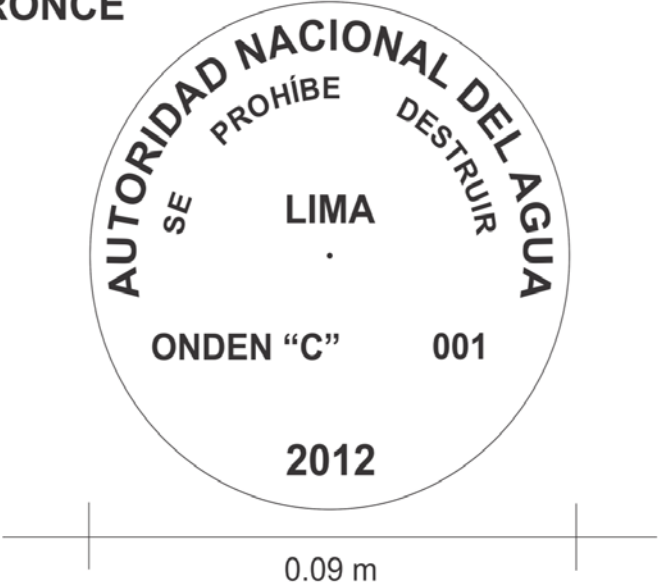


Figura 1. Modelo de hito de concreto y placa de bronce

5.2.2 Procedimiento

El método empleado fue el Método Diferencial Estático con Post Proceso el cual consiste en medir cada punto en forma simultánea con Estaciones Base Permanentes. El período de observaciones satelitales para cada hito fue de un margen de dos horas para Puntos ubicados a distancias iguales o menores a 50 Km de las Estaciones Permanentes y de tres horas para puntos ubicados a más de cincuenta Km de las Estaciones Permanentes. La Data de observaciones simultanea fueron de las estaciones permanentes: Córpac, Chaclacayo y Lima.

Terminados los trabajos de campo la información almacenada en los receptores GPS fueron transferidas a una computadora, estos datos son ingresados al software Trimble Business Center (TBC) los procedimientos se iniciaron con la verificación de la información de campo, altura de antena y nombre del punto, en el Post-proceso de las Líneas Base formadas entre las Estaciones Permanentes y los Puntos Rover, se tomó en cuenta la edición de los tiempos en las sesiones y así eliminar datos de satélites con señales que presenten saltos de ciclo y ruido Pseudo-Aleatorio.

El cálculo de la altura geoidal (ortométrica) fue realizado empleando el Modelo Geoidal EGM96, como una aproximación matemática de la altura ortométrica.

Los parámetros de observación fueron:

- Máscara de elevación: 15°
- Número mínimo de satélites: 4
- Tiempo de sincronización: 10 Segundos
- Tiempo de observación: 2 a 3 horas

Parámetros del Sistema de Referencia utilizado

- Datum WGS 1984.
- Achatamiento 298.257 223 563
- Proyección UTM
- Zona 17
- Meridiano Central 81° W
- Unidad de medición Metro Internacional

5.3 Información de los Puntos de Orden “C”

En el cuadro 1, se describen los principales datos de los 22 Puntos Geodésicos instalados por el ANA. Los datos de los 47 puntos instalados por COFOPRI se incluyen en anexos; así, como la memoria descriptiva de cada punto (figura 2, ejemplo de la memoria descriptiva).

Figura 2. Memoria descriptiva de los Puntos Geodésicos

Punto	Norte (Y)	Este (X)	ALTURA GEOIDAL	Observaciones
001	8,668,350.342	268,646.654	20.666	El punto GPS 01 se encuentra ubicado al lado izquierdo del río aguas abajo, al costado de una trocha, aprox. a 180m del puente Gambeta, sito en el distrito y provincia del Callao. La marca es un disco de bronce de 9cm. de diametro empotrado en un hito de concreto de 40x40x55, lleva la denominacion AUTORIDAD NACIONAL DEL AGUA - PROHIBIDO DESTRUIR - PUNTO DE ORDEN "C" GPS 01 - JULIO 2012.
002	8,668,440.759	268,632.449	18.006	El punto GPS 02 se encuentra ubicado al lado derecho del rio aguas abajo, al costado de una trocha, aprox. a 180m del puente Gambeta, sito en el distrito y provincia del Callao. La marca es un disco de bronce de 9cm. de diametro empotrado en un hito de concreto de 40x40x55, lleva la denominacion AUTORIDAD NACIONAL DEL AGUA - PROHIBIDO DESTRUIR - PUNTO DE ORDEN "C" GPS 02 - JULIO 2012.
003	8,668,051.862	271,175.229	42.888	El punto GPS 03 se encuentra ubicado al lado izquierdo del rio aguas abajo, al costado de un jardin, sobre la Av. Morales Duarez, aprox a 150m del Puente Faucett, sito en el distrito y provincia del Callao. La marca es un disco de bronce de 9cm. de diametro empotrado en un hito de concreto de 40x40x55, lleva la denominacion AUTORIDAD NACIONAL DEL AGUA - PROHIBIDO DESTRUIR - PUNTO DE ORDEN "C" GPS 03 - JULIO 2012.
004	8,668,134.408	271,424.901	44.879	El punto GPS 04 se encuentra ubicado al lado izquierdo del rio aguas abajo, al costado de un jardin, sobre la Av. Morales Duarez, aprox a 20m del Puente Faucett, sito en el distrito y provincia del Callao. La marca es un disco de bronce de 9cm. de diametro empotrado en un hito de concreto de 40x40x55, lleva la denominacion AUTORIDAD NACIONAL DEL AGUA - PROHIBIDO DESTRUIR - PUNTO DE ORDEN "C" GPS 04 - JULIO 2012.
005	8,668,180.897	277,581.799	133.233	El punto GPS 05 se encuentra ubicado en la parte alta y al extremo del puente del ferrocarril en inmediaciones del Puente del Ejercito, sito en el distrito del Rimac, provincia de Lima. La marca es un disco de bronce de 9cm. de diametro empotrado en un hito de concreto de 40x40x55, lleva la denominacion AUTORIDAD NACIONAL DEL AGUA - PROHIBIDO DESTRUIR - PUNTO DE ORDEN "C" GPS 05 - JULIO 2012.
006	8,668,359.293	277,563.936	131.094	El punto GPS 06 se encuentra ubicado al lado derecho del rio aguas abajo, cerca a un jardin, aprox. a 4m del Puente del Ejercito, sito en el distrito del Rimac, provincia de Lima. La marca es un disco de bronce de 9cm. de diametro empotrado en un hito de concreto de 40x40x55, lleva la denominacion AUTORIDAD NACIONAL DEL AGUA - PROHIBIDO DESTRUIR - PUNTO DE ORDEN "C" GPS 06 - JULIO 2012.
007	8,669,495.607	282,176.092	204.616	El punto GPS 07 se encuentra ubicado al lado izquierdo del rio aguas abajo, dentro de un jardin, aprox. a 0.5m al costado de la vereda del Puente Nuevo, distrito El Agustino, provincia de Lima. La marca es un disco de bronce de 9cm. de diametro empotrado en un hito de concreto de 40x40x55, lleva la denominacion AUTORIDAD NACIONAL DEL AGUA - PROHIBIDO DESTRUIR - PUNTO DE ORDEN "C" GPS 07 - JULIO 2012.
008	8,669,515.821	282,283.069	206.701	El punto GPS 08 se encuentra ubicado al lado izquierdo del rio aguas abajo, dentro de un jardin, aprox. a 0.5m al costado de la vereda del Puente Nuevo, distrito El Agustino, provincia de Lima. La marca es un disco de bronce de 9cm. de diametro empotrado en un hito de concreto de 40x40x55, lleva la denominacion AUTORIDAD NACIONAL DEL AGUA - PROHIBIDO DESTRUIR - PUNTO DE ORDEN "C" GPS 08 - JULIO 2012.
009	8,669,665.230	285,320.406	251.067	El punto GPS 09 se encuentra ubicado en la berma central de la autopista Ramiro Priale, aprox. a 3m de un poste de alumbrado, sito en el distrito de San Juan de Lurigancho, provincia de Lima. La marca es un disco de bronce de 9cm. de diametro empotrado en un hito de concreto de 40x40x55, lleva la denominacion AUTORIDAD NACIONAL DEL AGUA - PROHIBIDO DESTRUIR - PUNTO DE ORDEN "C" GPS 09 - JULIO 2012.
010	8,669,814.464	285,674.118	256.678	El punto GPS 10 se encuentra ubicado al lado derecho la autopista Ramiro Priale hacia el norte, aprox. a 3m, sito en el distrito de San Juan de Lurigancho, provincia de Lima. La marca es un disco de bronce de 9cm. de diametro empotrado en un hito de concreto de 40x40x55, lleva la denominacion AUTORIDAD NACIONAL DEL AGUA - PROHIBIDO DESTRUIR - PUNTO DE ORDEN "C" GPS 10 - JULIO 2012.
011	8,677,574.865	311,233.231	748.179	El punto GPS 11 se encuentra ubicado al lado derecho de la Carretera Central, aprox a 4m, con direccion a Lima, al costado del Club El Bosque, sito en el distrito de Chosica, provincia de Lima. La marca es un disco de bronce de 9cm. de diametro empotrado en un hito de concreto de 40x40x55, lleva la denominacion AUTORIDAD NACIONAL DEL AGUA - PROHIBIDO DESTRUIR - PUNTO DE ORDEN "C" GPS 11 - JULIO 2012.
012	8,678,068.447	311,757.562	769.341	El punto GPS 12 se encuentra ubicado al lado derecho de la Carretera Central, aprox a 3m, con direccion a Lima, al costado del Club El Bosque, sito en el distrito de Chosica, provincia de Lima. La marca es un disco de bronce de 9cm. de diametro empotrado en un hito de concreto de 40x40x55, lleva la denominacion AUTORIDAD NACIONAL DEL AGUA - PROHIBIDO DESTRUIR - PUNTO DE ORDEN "C" GPS 12 - JULIO 2012.

Punto	Norte (Y)	Este (X)	ALTURA GEOIDAL	Observaciones
013	8,683,314.015	332,818.530	1,439.080	El punto GPS 13 se encuentra ubicado al lado izquierdo de la carretera central, sito en el distrito de San Bartolome, provincia Huarochiri, region Lima. La marca es un disco de bronce de 9cm. de diametro empotrado en un hito de concreto de 40x40x55, lleva la denominacion AUTORIDAD NACIONAL DEL AGUA - PROHIBIDO DESTRUIR - PUNTO DE ORDEN "C" GPS 13 - JULIO 2012.
014	8,683,468.347	332,958.017	1,454.846	El punto GPS 14 se encuentra ubicado al lado derecho de la carretera central cerca al puente de la linea ferrea, sito en el distrito de San Bartolome, provincia Huarochiri, region Lima. La marca es un disco de bronce de 9cm. de diametro empotrado en un hito de concreto de 40x40x55, lleva la denominacion AUTORIDAD NACIONAL DEL AGUA - PROHIBIDO DESTRUIR - PUNTO DE ORDEN "C" GPS 14 - JULIO 2012.
015	8,685,975.813	343,117.993	2,014.146	El punto GPS 15 se encuentra ubicado en las inmediaciones del pueblo, sito en el distrito de San Jeronimo de Surco, provincia Huarochiri, region Lima. La marca es un disco de bronce de 9cm. de diametro empotrado en un hito de concreto de 40x40x55, lleva la denominacion AUTORIDAD NACIONAL DEL AGUA - PROHIBIDO DESTRUIR - PUNTO DE ORDEN "C" GPS 15 - JULIO 2012.
016	8,686,072.238	343,187.425	2,030.218	El punto GPS 16 se encuentra ubicado al lado izquierdo de la carretera central, sito en el distrito de San Jeronimo de Surco, provincia Huarochiri, region Lima. La marca es un disco de bronce de 9cm. de diametro empotrado en un hito de concreto de 40x40x55, lleva la denominacion AUTORIDAD NACIONAL DEL AGUA - PROHIBIDO DESTRUIR - PUNTO DE ORDEN "C" GPS 16 - JULIO 2012.
017	8,694,679.662	354,009.726	2,682.843	El punto GPS 17 se encuentra ubicado en el ingreso de la carretera a San Miguel de Viso, sito en el distrito de Matucana, provincia Huarochiri, region Lima. La marca es un disco de bronce de 9cm. de diametro empotrado en un hito de concreto de 40x40x55, lleva la denominacion AUTORIDAD NACIONAL DEL AGUA - PROHIBIDO DESTRUIR - PUNTO DE ORDEN "C" GPS 17 - JULIO 2012.
018	8,694,658.695	354,268.589	2,722.945	El punto GPS 18 se encuentra ubicado al borde de la carretera a San Miguel de Viso, sito en el distrito de San Miguel de Viso, provincia Huarochiri, region Lima. La marca es un disco de bronce de 9cm. de diametro empotrado en un hito de concreto de 40x40x55, lleva la denominacion AUTORIDAD NACIONAL DEL AGUA - PROHIBIDO DESTRUIR - PUNTO DE ORDEN "C" GPS 18 - JULIO 2012.
019	8,699,440.993	358,298.816	3,183.844	El punto GPS 19 se encuentra ubicado en la plaza de toros, sito en el distrito de San Mateo, provincia Huarochiri, region Lima. La marca es un disco de bronce de 9cm. de diametro empotrado en un hito de concreto de 40x40x55, lleva la denominacion AUTORIDAD NACIONAL DEL AGUA - PROHIBIDO DESTRUIR - PUNTO DE ORDEN "C" GPS 19 - JULIO 2012.
020	8,699,597.840	358,439.715	3,194.602	El punto GPS 20 se encuentra ubicado en el borde de la curva de la carretera hacia la localidad de San Jose de Parac, sito en el distrito de San Mateo de Huanchor, provincia Huarochiri, region Lima. La marca es un disco de bronce de 9cm. de diametro empotrado en un hito de concreto de 40x40x55, lleva la denominacion AUTORIDAD NACIONAL DEL AGUA - PROHIBIDO DESTRUIR - PUNTO DE ORDEN "C" GPS 20 - JULIO 2012.
021	8,705,338.092	361,857.943	3,705.998	El punto GPS 21 se encuentra ubicado en las inmediaciones del colegio Manuel Odria, sito en el distrito de Chicla, provincia Huarochiri, region Lima. La marca es un disco de bronce de 9cm. de diametro empotrado en un hito de concreto de 40x40x55, lleva la denominacion AUTORIDAD NACIONAL DEL AGUA - PROHIBIDO DESTRUIR - PUNTO DE ORDEN "C" GPS 21 - JULIO 2012.
022	8,705,688.721	361,875.942	3,698.323	El punto GPS 22 se encuentra ubicado en el jardin del malecon cerca al puente peatonal, sito en el distrito de Chicla, provincia Huarochiri, region Lima. La marca es un disco de bronce de 9cm. de diametro empotrado en un hito de concreto de 40x40x55, lleva la denominacion AUTORIDAD NACIONAL DEL AGUA - PROHIBIDO DESTRUIR - PUNTO DE ORDEN "C" GPS 22 - JULIO 2012.

Cuadro 1. Datos de los Puntos de Orden "C"

5.4 Mapas de ubicación de los Puntos de Orden “C”

En la figura 3, se muestran la ubicación de los 69 Puntos Geodésicos instalados por el ANA y COFOPRI.

La ubicación de los puntos de Orden “C” con mayor resolución se incluye en la parte de los anexos.

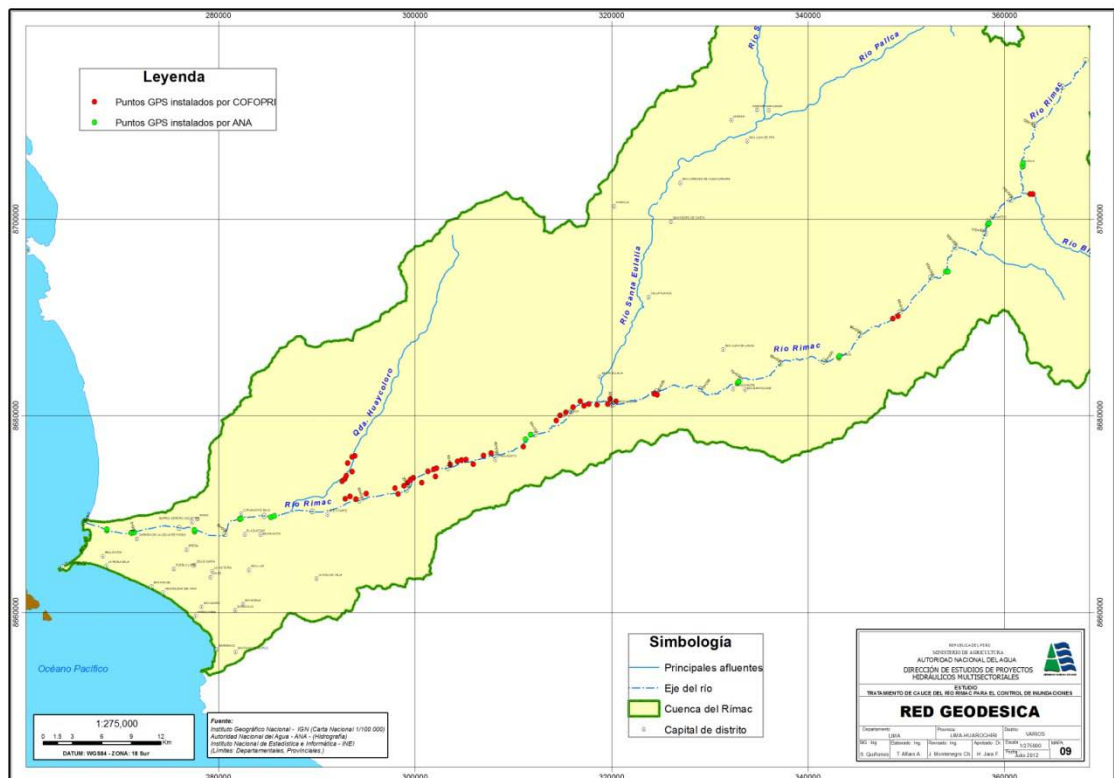


Figura 3. Ubicación de los Puntos de Orden “C”

CAPITULO 6



INFLUENCIA DE LA MALA PRACTICA EN LA EXTRACCION DE MATERIAL DE ACARREO

INDICE

INFLUENCIA DE LA MALA PRACTICA EN LA EXTRACCION DE MATERIAL DE ACARREO	98
6.1 Lineamientos para identificar, seleccionar y explotar zonas de acumulación de material de acarreo	98
6.1.1 Ubicación de las zonas de extracción.....	98
6.1.2 Determinación del volumen de material de acarreo a explotar	101
6.1.3 Explotación de material de acarreo	104
6.2 Puntos de extracción de material de acarreo en el río Rímac.....	110

INFLUENCIA DE LA MALA PRACTICA EN LA EXTRACCION DE MATERIAL DE ACARREO

En el río Rímac a partir del ámbito del distrito de Chosica hasta el delta del mismo, se han identificado tres zonas con potencial para la extracción de material de acarreo; sin embargo, en ellas se realizan malas prácticas en la extracciones de material de acarreo, tales como: la cercanías a las infraestructuras existentes y las sobre excavaciones en el cauce, etc.

En el recorrido realizado en el ámbito de la parte alta del proyecto, se pudo observar que el cauce del río Rímac es angosto y presenta fuertes pendientes, características que no apoyan la formación de acumulaciones de material de acarreo.

En la zona media y baja del proyecto se han identificado varias acumulaciones de material de acarreo en el cauce del río, sin embargo gran parte de este agregado se encuentra mezclado con residuos sólidos provenientes de las construcciones que se viene realizando en la zona.

A continuación se presentan criterios técnicos para la identificación de zonas con potencial de agregados en el cauce natural y ubicación de algunos puntos.

6.1 Lineamientos para identificar, seleccionar y explotar zonas de acumulación de material de acarreo

La Administración Local de Agua Chillón-Rímac-Lurín, pondrá a disposición a las Municipalidades y otras entidades de su ámbito que colindan con el río Rímac, a fin que sea considerado en la solicitud de extracción de material de acarreo.

6.1.1 Ubicación de las zonas de extracción.

Para la ubicación de la zona de extracción se tiene que realizar una inspección de campo para identificar y priorizar los posibles sectores de extracción de material de acarreo, respetando para ello que éstas no se encuentren adyacentes a poblaciones, infraestructura productiva, zonas vulnerables y otros que pudieran ser afectados cuando se realice la explotación.

Para ello, se recomienda considerar como zona de extracción los siguientes puntos:

a. Ríos sin encauzamiento con régimen permanente

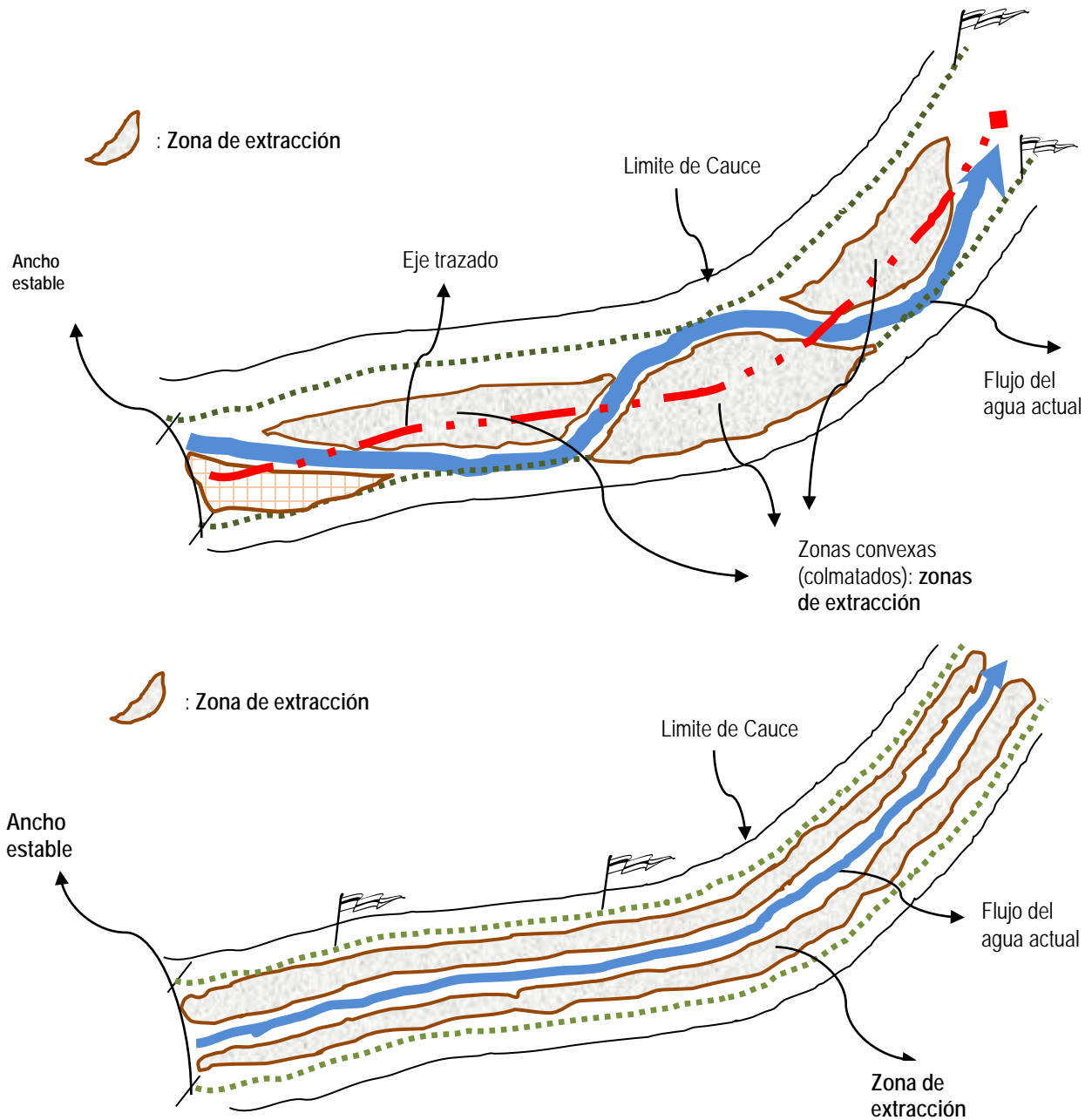


Figura 1. En ríos sin encauzamiento con régimen permanente

b. En ríos con régimen no permanente

Para ríos con régimen no permanente se deberá trazar el eje central del cauce y se determinará el ancho estable, respetando la influencia de estructuras.

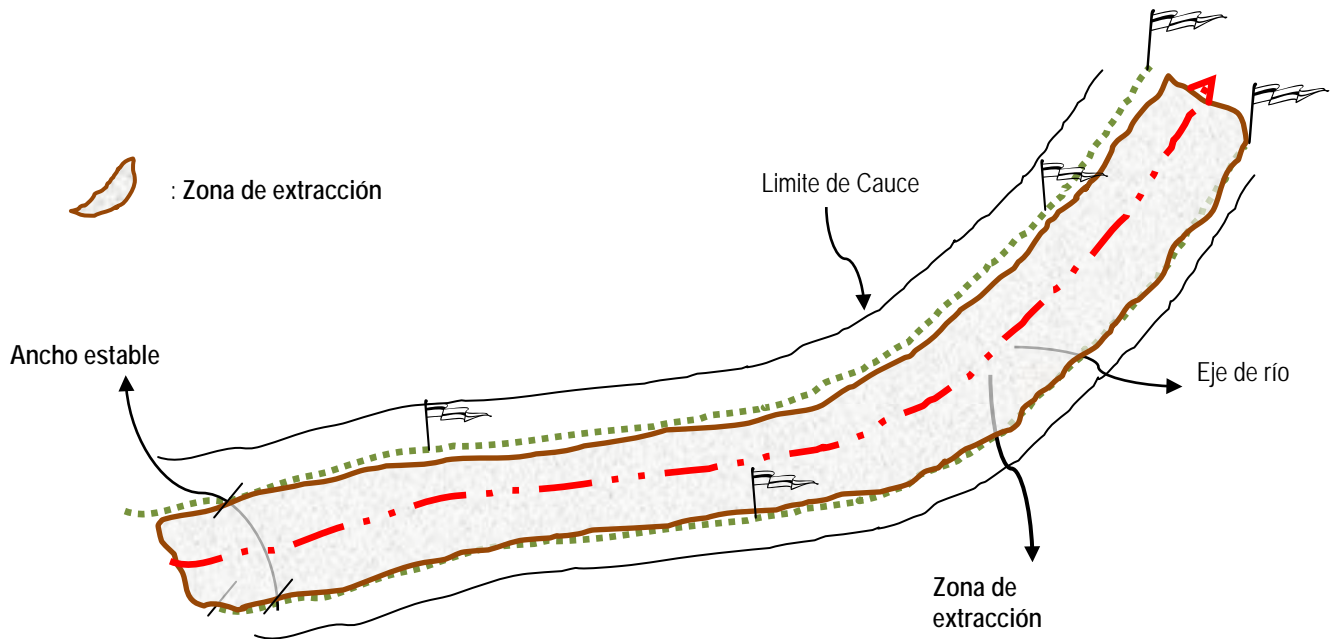


Figura 2. En ríos sin encauzamiento con régimen no permanente

c. En desembocaduras de río.

Considerar como zona de extracción las desembocaduras del río con la finalidad de efectuar el “destaponamiento” del material depositado en el cauce, para evitar las inundaciones por efectos de remanso, tal como se indica la Figura N° 04.

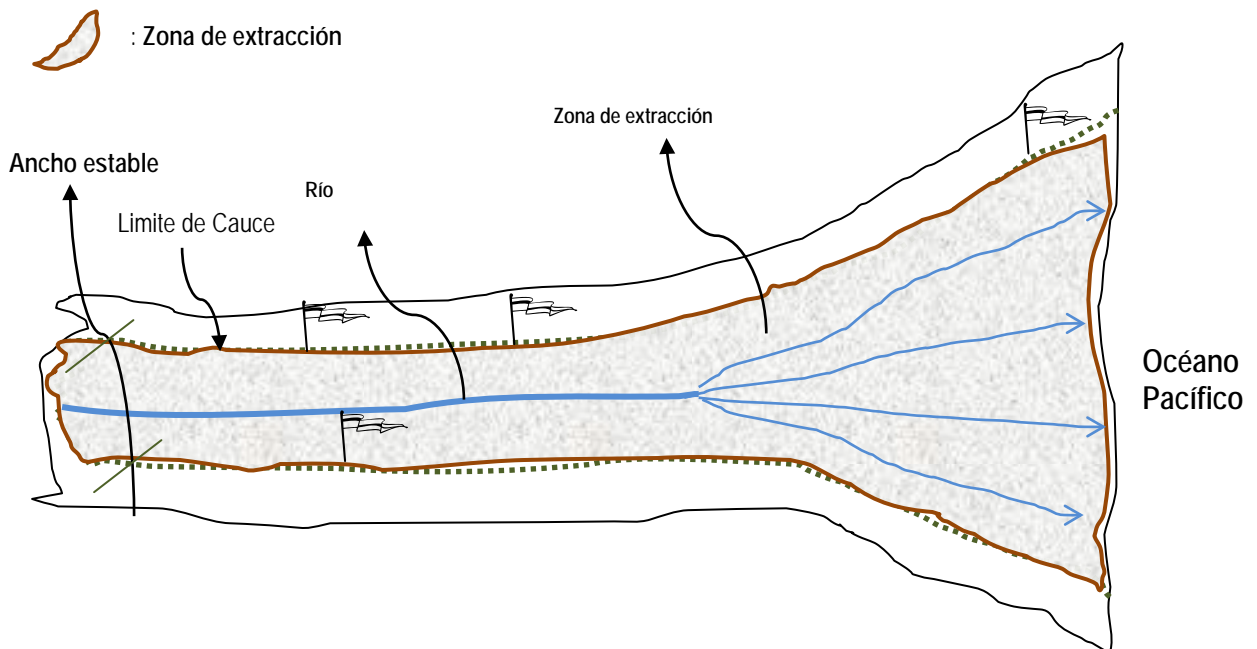


Figura 3. En desembocaduras del río

6.1.2 Determinación del volumen de material de acarreo a explotar

Para determinar el volumen a explotarse se recomienda primeramente fijar el eje y la pendiente del río, considerando para ello la *Línea de Thalweg*. Considerando las dimensiones del ancho estable.

Línea de Thalweg: Sucesión de puntos que forman una línea, siendo cada punto el más profundo de una corriente en cada sitio o sección transversal.

a. Trazo del eje de cauce

Para determinar el eje del cauce se realizará un levantamiento topográfico (planialtimétrico), con vista en planta y curvas de nivel a metros, en ésta se debe visualizar el actual cauce del río y las márgenes dejadas por el paso de las máximas avenidas. El levantamiento se prolongará 100 metros aguas arriba y aguas abajo de la zona evaluada.

b. Secciones transversales

Se realizará las secciones transversales cada 25 metros, en el tramo seleccionado, considerando una escala adecuada.

c. Pendiente del río

Con la información de la topografía se obtendrá la pendiente, dato que se requiere en algunas formulas empíricas para determinar el ancho estable. La pendiente se trazará considerando la *Línea de Thalweg*.

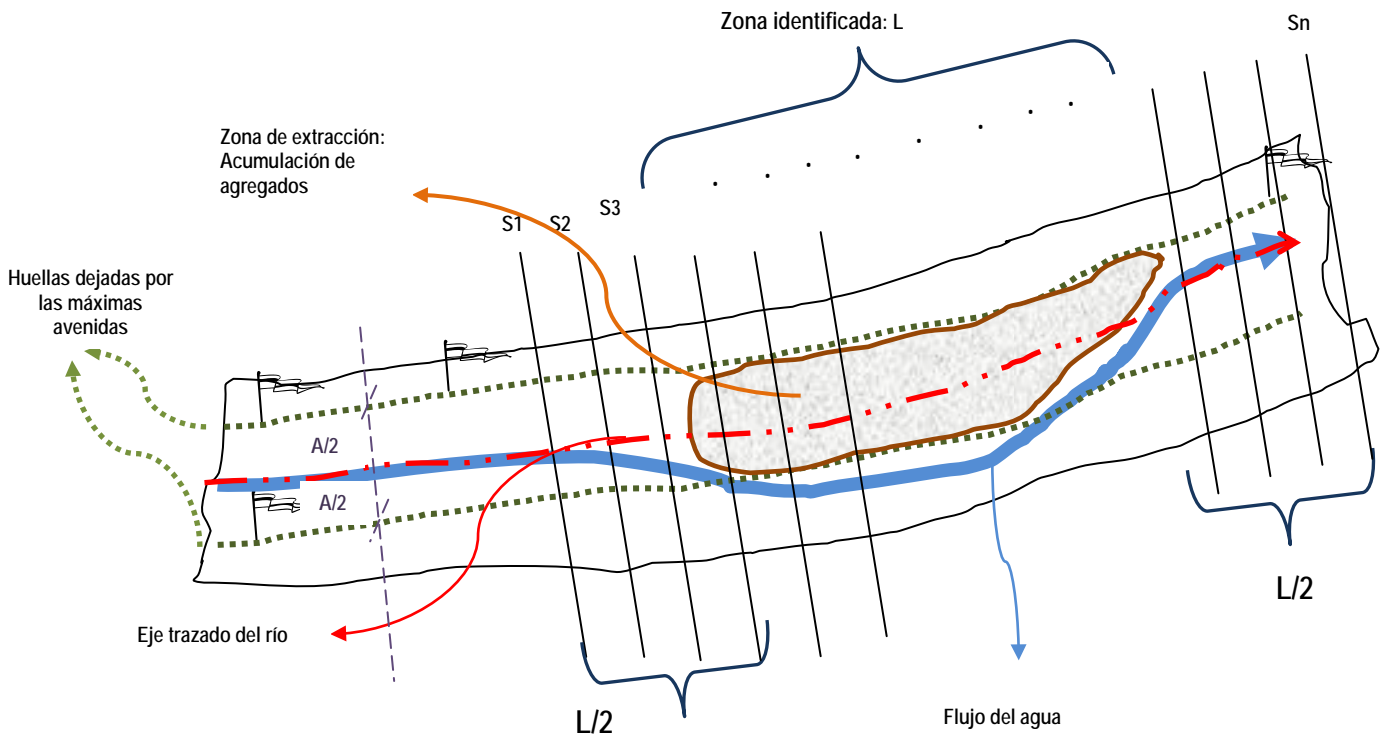


Figura 4. Trazado el eje del río y las secciones transversales

d. Ancho estable.

Para determinar el ancho estable, se debe considerar el caudal máximo, proporcionado por la Administración Local de Agua para los tiempos de retorno de 100 años para zonas urbanas y 50 años para zonas agrícolas.

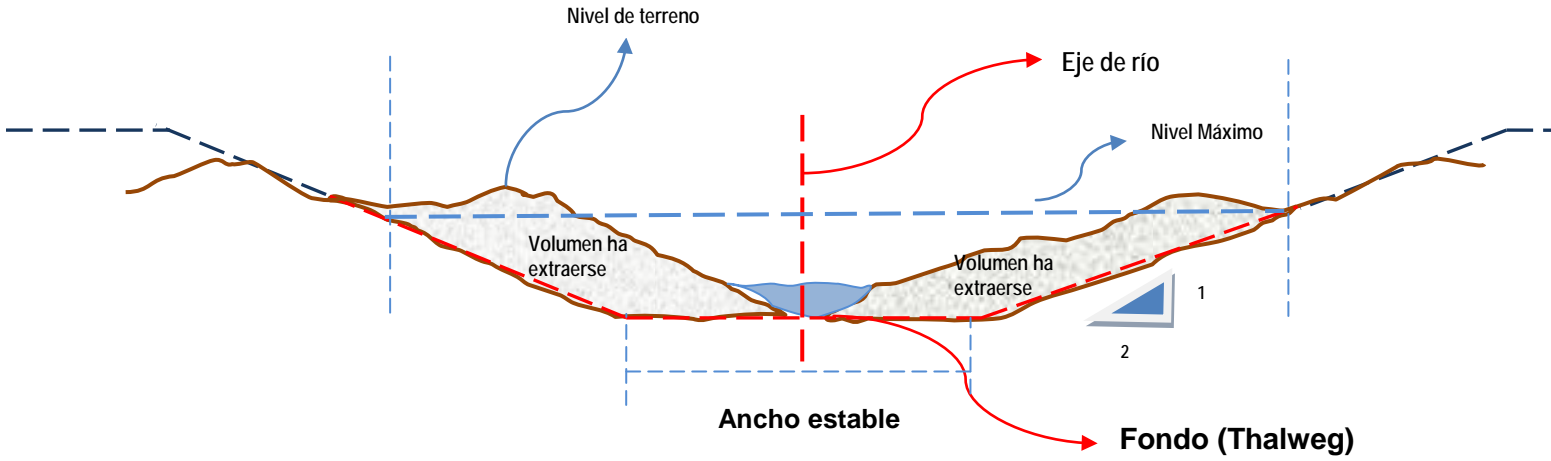


Figura 5. Ancho estable

e. Determinación del área de corte.

Definido el ancho estable, el eje del cauce y las secciones transversales del río, se determinará el área de corte.

A continuación en las Figuras 6 y 7 se muestra secciones típicas con diferentes flujos del río y las áreas de corte.

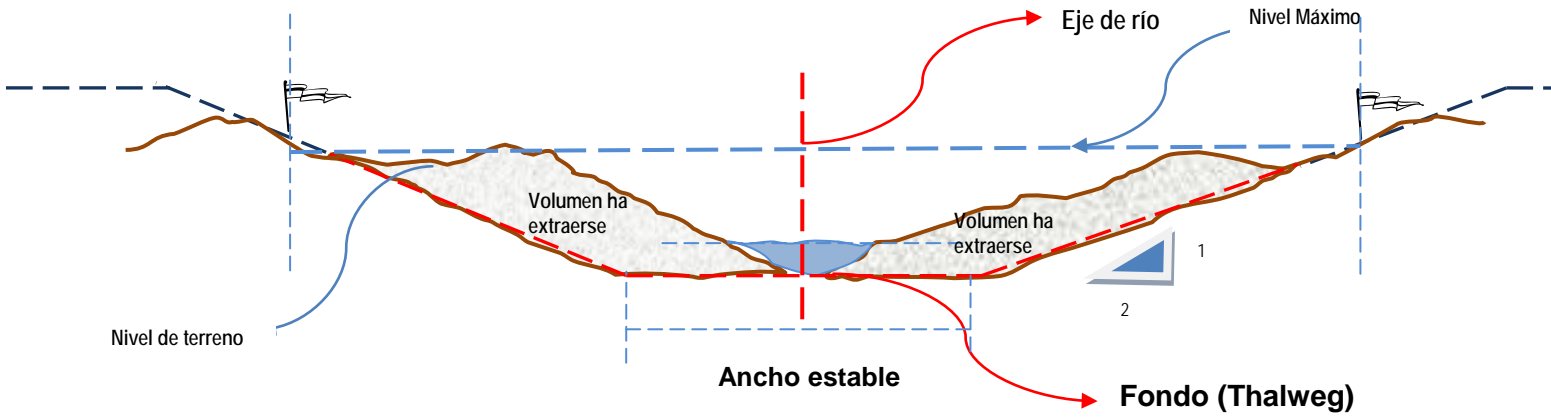


Figura 6. Ancho estable considerando un solo flujo en el río

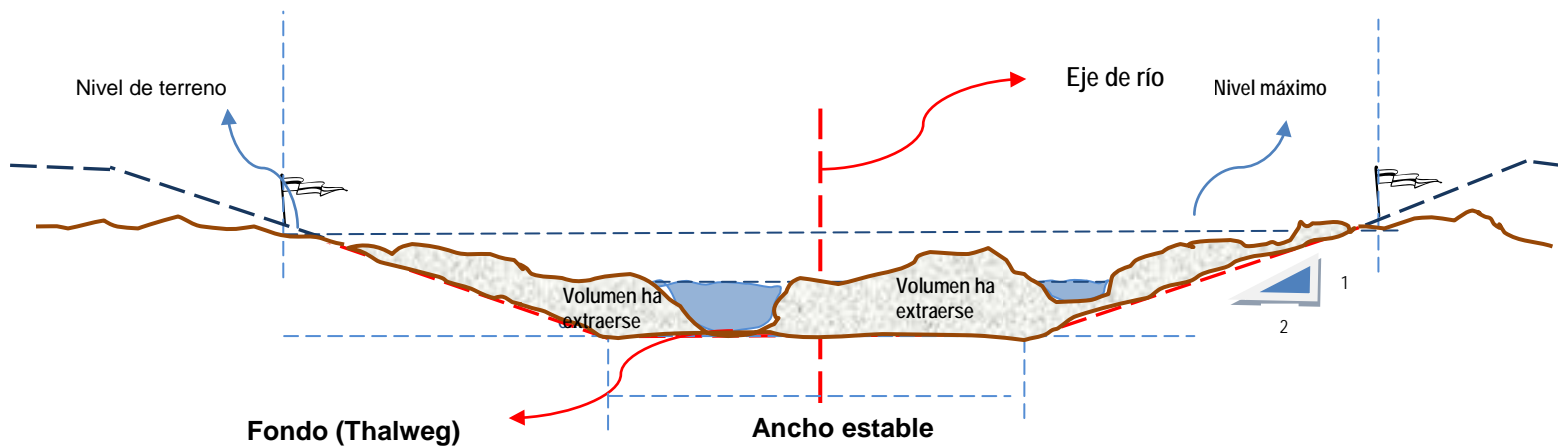


Figura 7. Ancho estable considerando dos a más flujos en el río

6.1.3 Explotación de material de acarreo

Para la extracción de material de acarreo del río se sugiere excavar en forma de barrido, por capas y tramos, respetando la profundidad máxima que es la línea de Thalweg y su ancho estable hasta conformar la caja del río.

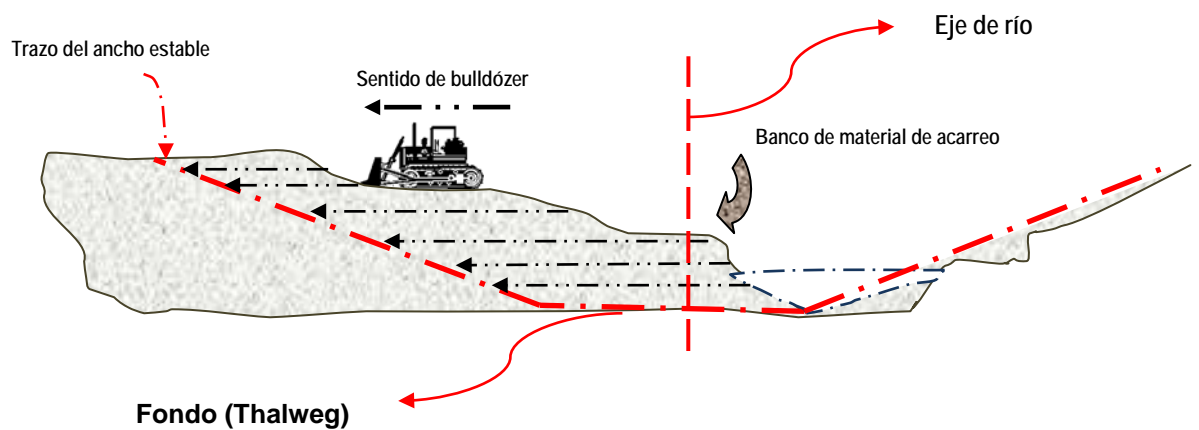


Figura 8. Extracción de material por barrido mediante bulldozer

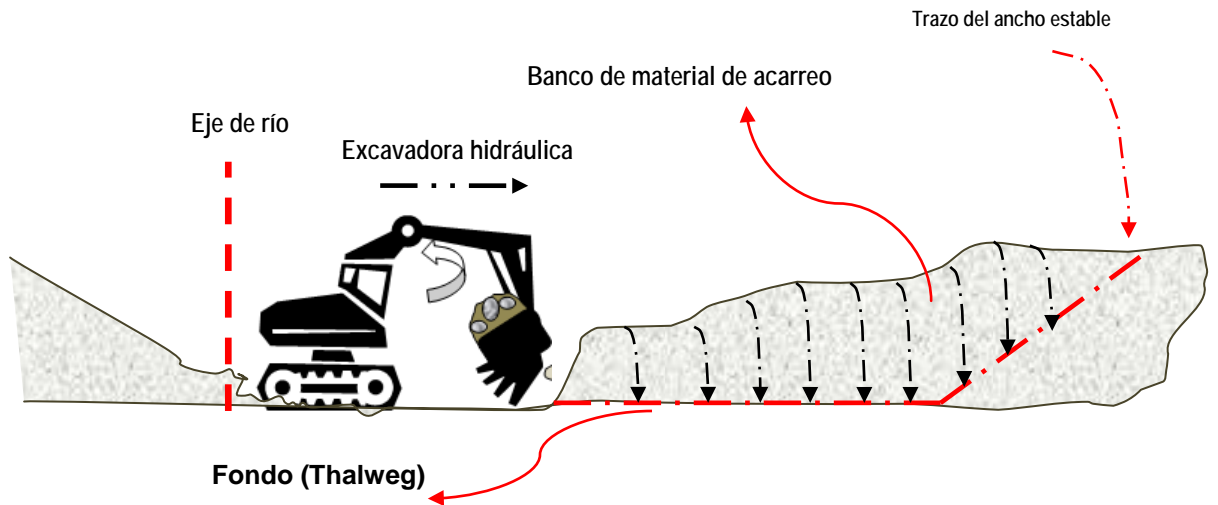


Figura 9. Extracción de material por barrido mediante excavadora hidráulica

Los cortes de material se puede realizar con bulldózer o excavadora hidráulica, pero en ambos casos la extracción se realizará desde el eje del río hacia afuera con la finalidad de conformar la caja.

Material descarte: Producto de la selección y clasificación de la explotación de material de acarreo, se origina un material no utilizado denominado Material de descarte.

Éste no se arrojará en cualquier parte del cauce, si no en la zona indicada en el Expediente Administrativo.

Se recomienda colocar este material, en las riberas debilitadas del río a fin de conformar diques fusibles que protegerían las zonas críticas expuestas a erosiones e inundaciones (figura 10).

En la conformación del dique fusible se realizará encimando el material de descarte y con el paso de las unidades que intervienen en las operaciones de extracción se lograría compactar en algún grado.



Figura 10. Conformación de dique fusible

6.1.4 Tipos de extracción

Está referido a la extracción de material de acarreo cuando el caudal del río es temporal y permanente.

a. En ríos con caudal temporal

Se definirán en la sección transversal del río, tramos y estos dependerá del ancho estable, teniendo como máximo una longitud de 20 metros.

La extracción se iniciará en el tramo I, para pasar al II y así sucesivamente hasta llegar al tramo n ; tal como se muestra en las figuras 11 y 12.

La finalidad, de ésta extracción en el eje del río, es la conformación de una sección típica por donde se conducirá el flujo.

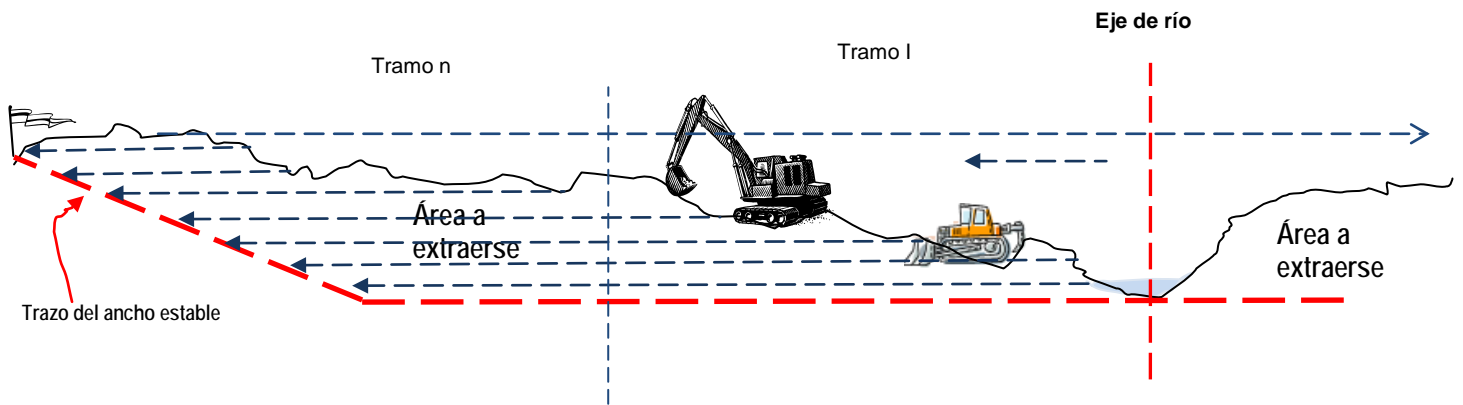


Figura 11. Trabajos de extracción de material I

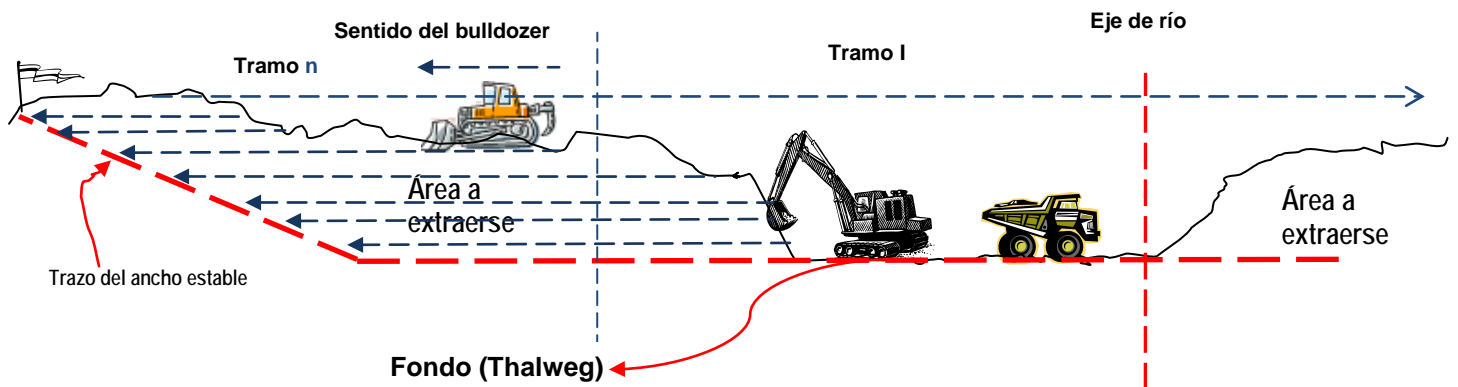


Figura 12. Trabajos de extracción de material II

En figura 13, se observa el avance de las actividades de explotación del material de acarreo, se aprecia que se realiza la excavación hasta el nivel de Thalweg. Se recomienda que el talud del dique fusible sea de 1: 2.

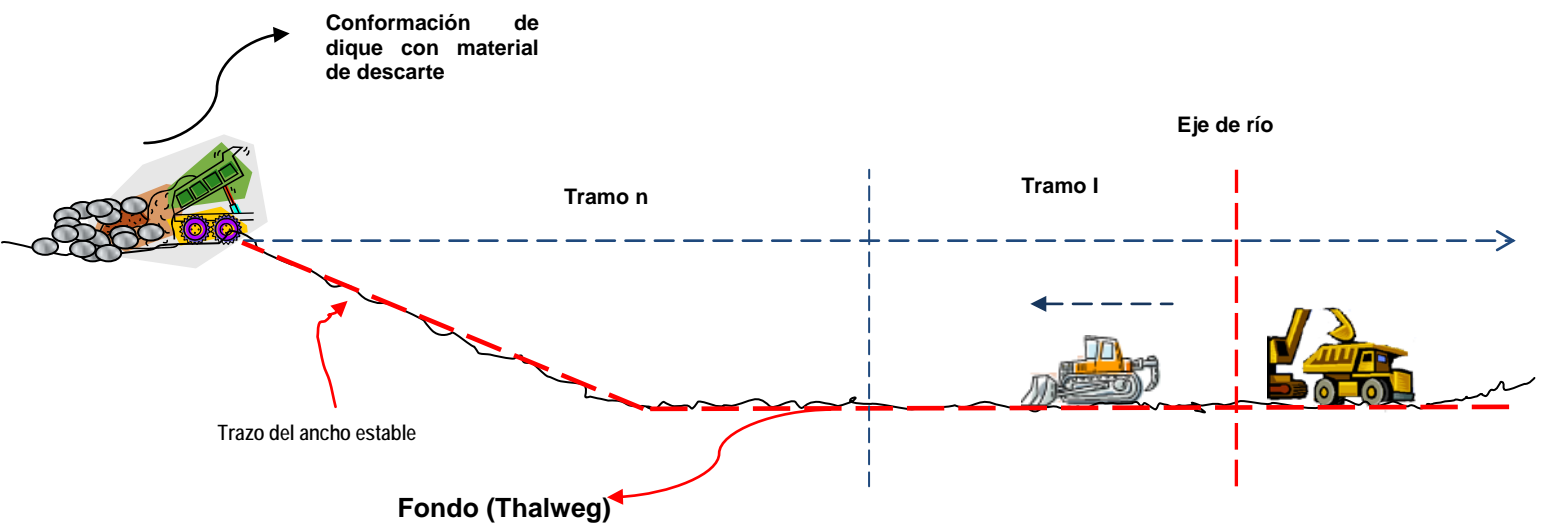


Figura 13. Caja canal del río, después de haber extraído el material de acarreo

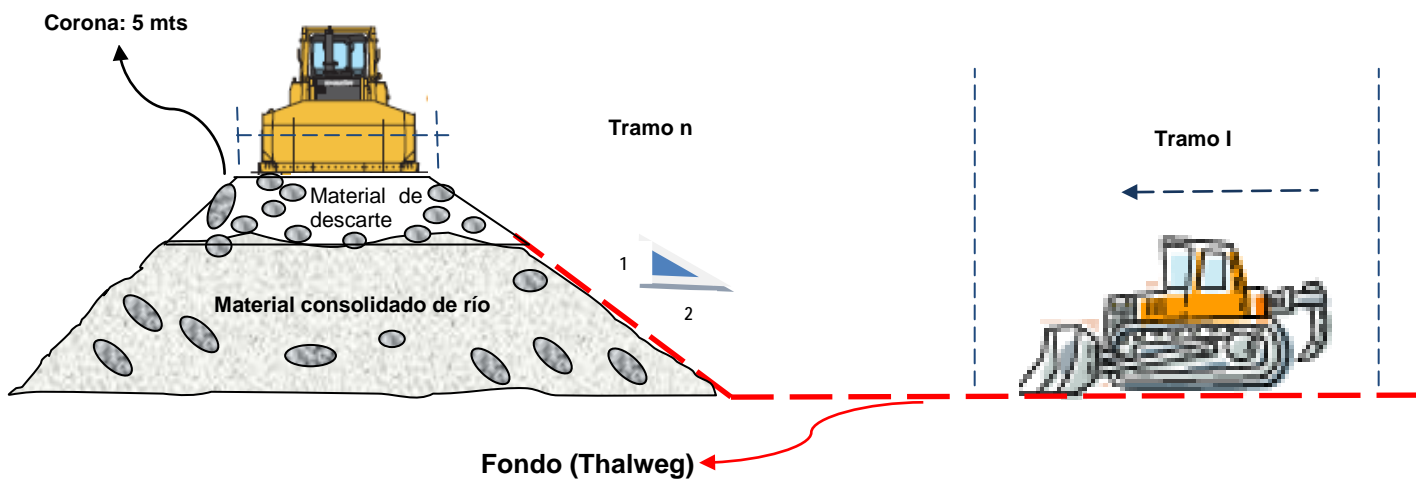


Figura 14. Se aprecia el dique fusible

Por ningún motivo se arrojará el material de descarte en otras zonas que no sea los puntos señalados en el Expediente Administrativo.

b. En ríos con caudal permanente

Se definirán tramos de hasta 20 metros en la sección transversal, tomando como referencia el eje del río.

Para estas características del río la explotación se iniciará en el tramo II y así sucesivamente hasta llegar al tramo n , como se muestra en las figuras 15 y 16.

Por ningún motivo se realizará las operaciones dentro del tramo I, toda vez que perjudicaría el flujo del agua, afectando a la vida que se encuentra en ella.

Figura N° 16:

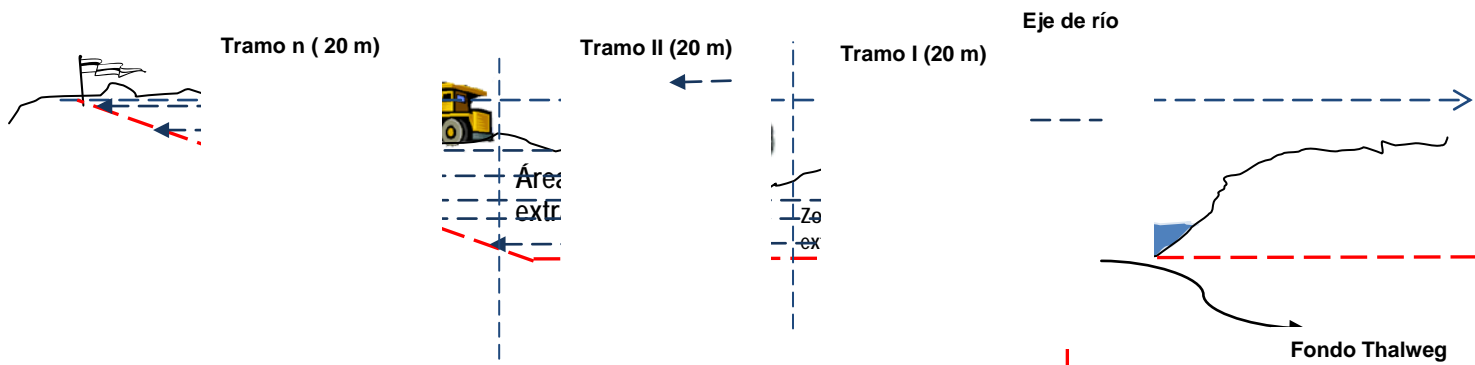


Figura 15. Trabajos de extracción de material I

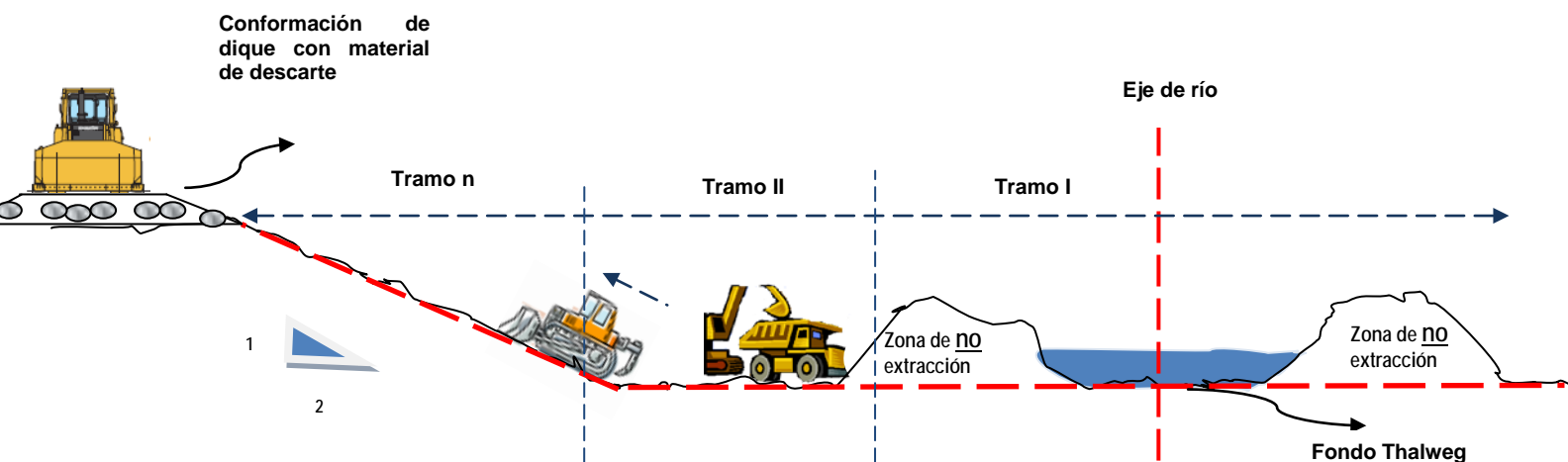


Figura 16. Trabajos de extracción de material I

Por ningún motivo se deberá cambiar el curso del río con la finalidad de realizar la extracción de material de acarreo, y será de entera responsabilidad del extractor y Gobierno Local.

El titular de la autorización de extracción deberá conservar la pendiente promedio del fondo.

6.2 Puntos de extracción de material de acarreo en el río Rímac

Se han identificado las siguientes acumulaciones de material de acarreo en el cauce del río Rímac.

Aguas arriba del puente peatonal Javier Pérez de Cuellar, se ha identificado una acumulación de material de acarreo donde predomina Hormigón y piedras entre 1 a 9 pulgadas, que puede ser utilizada para la construcción; este material colinda con residuos sólidos arrojado por terceros.

Aguas abajo del puente Huachipa, se ha ubicado acumulación de material de acarreo, donde predomina piedras de 1 a 9 pulgadas, arena y hormigón que se utilizaría para la construcción de obras.

Por otro lado, en el Callao, aguas abajo de puente Elmer Faucett, se ha podido identificar acumulaciones de material de acarreo muy variado de 1 a 6 pulgadas, arena y hormigón.

Las zonas para la extracción de material de acarreo identificadas son:

- Aguas arriba del puente Javier Pérez de Cuellar.
- Aguas abajo del puente Huachipa-Ramiro Prialé.
- Aguas abajo del puente Faucett.

Aguas arriba del puente Javier Pérez de Cuellar.

Se ha observado sobre excavaciones en la margen derecha que llegan hasta 1.5 metros de profundidad y como consecuencia el río se ha desviado a esta margen y se direcciona el flujo a el pilar del puente peatonal existente.

En un tramo de 300 metros del cauce del río en la margen izquierda hay presencia de montículos de material de descarte, producto de la explotación, ocasionando el desvío del flujo a la otra margen y dejando en condiciones de vulnerable ante inundaciones.

La zona de explotación identificada tiene un ancho de 35 metros y con una longitud de 300 ml, la cual presenta un área aproximada de 12,600 m², la profundidad de corte asciende a 0.40 metros, respetando la línea de Talweg.

El material de descarte producto de la explotación se recomienda que se trasladen y se depositen en la margen izquierda del río a fin de conformar diques fusibles que mitiguen los efectos negativos de las crecidas que se presenten.

Aguas abajo del puente Huachipa-Ramiro Prialé.

Se ha observado en un tramo de 250 metros a lo largo del eje del cauce del río un montículo de material de descarte producto de la explotación de material de acarreo que ha ocasionando que el flujo del agua se divida en dos y se dirija a ambas márgenes exponiendo a las riberas ante el flujo erosivo de las aguas.

También se presenta zonas sobre excavadas de hasta 1.50 metros en ambas márgenes debido a la explotación desmedida de material de acarreo ocasionando que el flujo de las aguas se concentre en ambas márgenes.

La zona de explotación identificada tiene un ancho de 60 metros y con una longitud de 500 ml, la cual presenta un área aproximada de 30,000 m², la profundidad de corte asciende a 0.40 metros, respetando la línea de Talweg.

Se recomienda que el material de descarte producto de la explotación de material de acarreo se deposite en ambas márgenes a fin de conformar diques fusibles que mitiguen los efectos negativos de las inundaciones que se presenten en la temporada de avenidas.

Aguas abajo del puente Faucett

La zona presenta rastros efectuados por actividades de extracción de material de acarreo sin control que ha ocasionando que se sobre excave en ambas márgenes del río y socave las bases del dique protegido con roca existente en la margen derecha.

La zona de explotación identificada tiene un ancho de 60 metros y con una longitud de 500 ml, la cual presenta un área aproximada de 30,000 m², la profundidad de corte asciende a 0.40 metros, respetando la línea de Talweg.

El material de descarte producto de la explotación se recomienda que se deposite en la margen izquierda a fin de conformar diques fusibles que mitiguen los efectos negativos de las crecidas del río que se presenten en el periodo lluvioso.

En los tres sectores se recomienda cumplir la normatividad indicada en la Resolución Jefatural N° 423-2011-ANA.

La Administración Local de Agua Chillón Rímac Lurín, deberá realizar supervisiones en los sectores donde se viene realizando la extracción de material de acarreo a fin que esta actividad no distorsione el cauce a deje vulnerable estos lugares ante la próxima avenida.

Cuadro 1. Ubicación de las zonas de extracción de material de acarreo

CAPITULO 7



**INFLUENCIA DEL APORTE DE LAS QUEBRADAS Y
DESLIZAMIENTOS AL TRATAMIENTO DEL CAUCE**

INDICE

CAPITULO 7.....	114
INFLUENCIA DEL APORTE DE LAS QUEBRADAS Y DESLIZAMIENTOS AL TRATAMIENTO DEL CAUCE	114
INDICE	115
INFLUENCIA DEL APORTE DE LAS QUEBRADAS Y DESLIZAMIENTOS AL TRATAMIENTO DEL CAUCE	116
7.1 Distrito de Chicla	116
7.2 Distrito de Matucana.....	118
7.3 Distrito de Lurigancho	127
7.4 Conclusiones	130

INFLUENCIA DEL APORTE DE LAS QUEBRADAS Y DESLIZAMIENTOS AL TRATAMIENTO DEL CAUCE

“Los ríos y quebradas altoandinas se caracterizan por tener pendientes pronunciadas, que varían de 1% a >20%, cuya morfología del cauce presentan macrorugosidades, alta turbulencia, cambios abruptos en la geometría del cauce, variaciones en el régimen del flujo y sedimentos de granulometría extendida. Estas condiciones morfológicas producen una alta resistencia al flujo, aumento de las pérdidas de energía estelas de turbulencia y resaltos hidráulicos localizados”.

En el trayecto del río Rímac, se han identificado quebradas que fluyen sus aguas perpendiculares al río Rímac; que en épocas de precipitaciones extremas, arrastran caudales con grandes cantidades de sólidos, obstruyendo el flujo del agua del río Rímac, produciendo un represamiento aguas arriba; que en muchos casos va a generar desastres y daños a nivel de infraestructura de servicios, viviendas y vidas humanas.

7.1 Distrito de Chicla

En este distrito se ha identificado la quebrada Chicla, que presenta las siguientes características.

Quebrada Chicla

Las características hidrogeomorfológicas de la quebrada Chicla se muestra en el siguiente cuadro.

Cuadro 1. Características hidrogeomorfológicas de la quebrada Chicla

Longitud (Km)	Ancho promedio (m)	Pendiente promedio (%)	Pendiente máxima (%)	Altura mínima (m.s.n.m.)	altura máxima (m.s.n.m.)	Área (Km ²)	Caudal (m ³ /s)
2.40	3-5	38.5	55.8	3,712	4,643	1.48	3.0

Fuente: Elaboración propia

De acuerdo a Van Zuidam (1986), la pendiente promedio del cauce es fuerte, con peligro extremo de erosión de suelos. Las Características geológicas de la

quebrada Chicla se muestra en el cuadro 2.

Cuadro 2. Características geológicas

Quebrada	Formaciones	Roca constituyente	Grado de erosión en quebrada	Porcentaje estimado de sedimentos a ser transportados en la subcuenca	Observaciones litológicas estructurales
Chicla	Carlos francisco	Roca volcánica (andesitas porfiroides y afaníticas)	Moderada	30%	Los cerros conformados por estas rocas, presentan laderas medianamente estables, se han localizado pequeños derrumbes, debido al fracturamiento de la roca se pueden producir desprendimientos de fragmentos y bloques rocosos.
	Rio blanco	Roca volcánica			

Fuente: Elaboración propia

En tiempos de fuertes precipitaciones, el caudal máximo puede superar los 3 m³/s, con gran cantidad de material de arrastre. Esta situación logra represar y embalsar al río Rímac, afectando los elementos expuestos principalmente la Carretera Central.

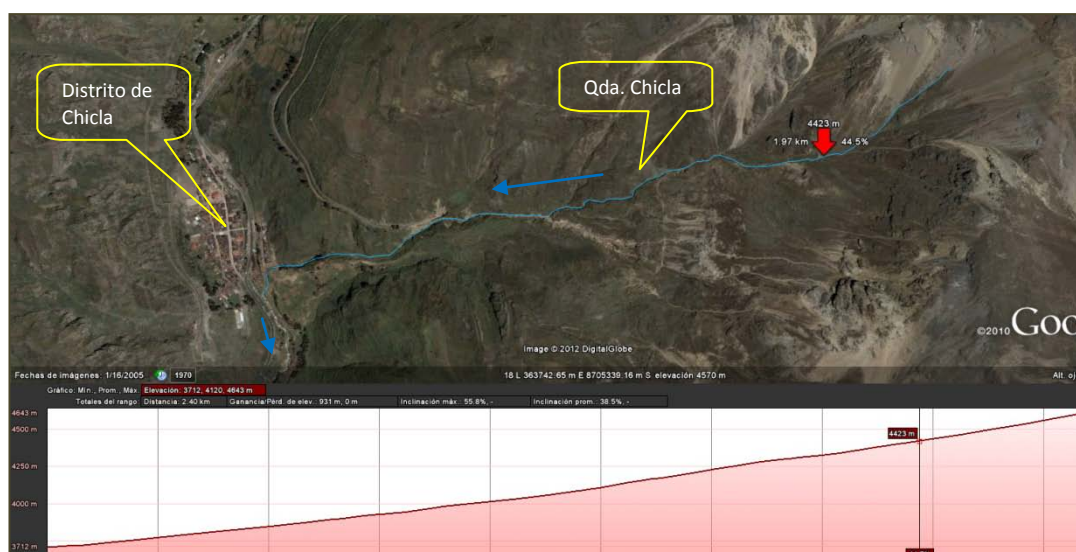


Figura 1. Recorrido y perfil de la Quebrada Chicla



Figura 2. Vista de la quebrada Chicla

7.2 Distrito de San Mateo-Matucana

En el distrito de Matucana, se han identificado las siguientes quebradas.

Quebrada Viso

Las características hidrogeomorfológicas de la quebrada Viso se muestra en el siguiente cuadro.

Cuadro 3. Características hidrogeomorfológicas de la quebrada Viso

Longitud (Km)	Ancho promedio (m)	Pendiente promedio (%)	Pendiente máxima (%)	Altura mínima (m.s.n.m.)	altura máxima (m.s.n.m.)	Área (Km2)	Caudal (m3/s)
5.66	5-20	34.8	60.0	2,665	4,632	5.66	16.0

Fuente: Elaboración propia

De acuerdo a Van Zuidam (1986), la pendiente promedio del cauce es fuerte, con peligro extremo de erosión de suelos. Las Características geológicas de la quebrada Viso se muestra en el cuadro 4.

Cuadro 4. Características geológicas

Quebrada	Formaciones	Roca constituyente	Grado de erosión en quebrada	Porcentaje estimado de sedimentos a ser transportados en la subcuenca	Observaciones litológicas estructurales
Viso	Grupo Rímac	Roca volcánica (andesitas con intercalaciones de areniscas)	Fuerte a moderada	35%	Los cerros conformados por estas rocas, presentan laderas medianamente estables, se han localizado pequeños derrumbes, debido al fracturamiento de la roca se pueden producir desprendimientos de fragmentos y bloques rocosos.
	Volcánico Pacococha	Roca volcánica (andesitas)			

Fuente: Elaboración propia

Durante los periodos de fuertes precipitaciones, el caudal máximo puede superar los $16 \text{ m}^3/\text{s}$, con gran cantidad de material de arrastre. Esta situación genera represamiento del río Rímac, poniendo en riesgo de inundación y erosión la Carretera Central, puente y viviendas aledañas. El último evento de este tipo, afectó entre 10 a 15 casas.

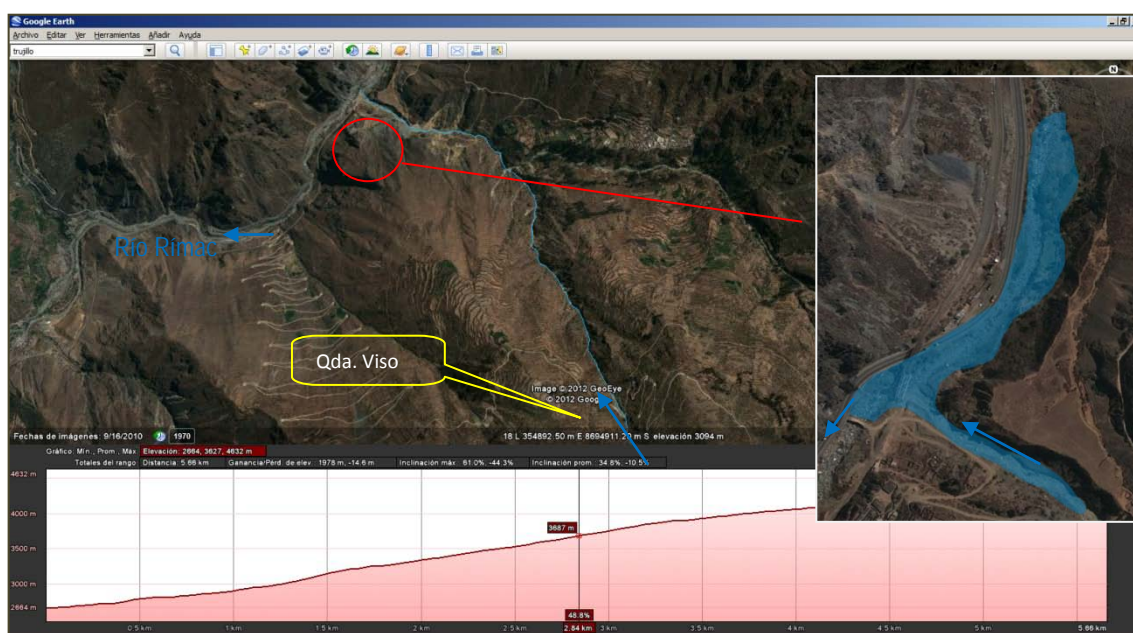


Figura 3. Recorrido y perfil de la Quebrada Viso



Figura 4. Vista de la quebrada Viso y río Rímac

Quebrada Huallatupe

Las características hidrogeomorfológicas de la quebrada Huallatupe se muestra en el siguiente cuadro.

Cuadro 5. Características hidrogeomorfológicas de la quebrada Huallatupe

Longitud (Km)	Ancho promedio (m)	Pendiente promedio (%)	Pendiente máxima (%)	Altura mínima (m.s.n.m.)	altura máxima (m.s.n.m.)	Área (Km2)	Caudal (m3/s)
2.63	2-6	49.6	66.9	2,605	3,907	1.8	4.0

Fuente: Elaboración propia

De acuerdo a Van Zuidam (1986), la pendiente promedio del cauce es fuerte, con peligro extremo de erosión de suelos. Las Características geológicas de la quebrada Huallatupe se muestra en el cuadro 6.

Cuadro 6. Características geológicas

Quebrada	Formaciones	Roca constituyente	Grado de erosión en quebrada	Porcentaje estimado de sedimentos a ser transportados en la subcuenca	Observaciones litológicas estructurales
Huallatupe	Grupo Rímac	Roca volcánica (andesitas con intercalaciones de areniscas)	Moderada	20%	Los cerros conformados por estas rocas, presentan laderas medianamente estables, se han localizado pequeños derrumbes, debido al fracturamiento de la roca se pueden producir desprendimientos de fragmentos y bloques rocosos.

Fuente: Elaboración propia

El caudal máximo generado por las fuertes lluvias puede superar los 4 m³/s y la gran cantidad de material de arrastre, puede represar y embalsar al río Rímac, afectando principalmente la Carretera Central y el puente Huallatupe; tal como ocurrió el último evento hace 10 años atrás.

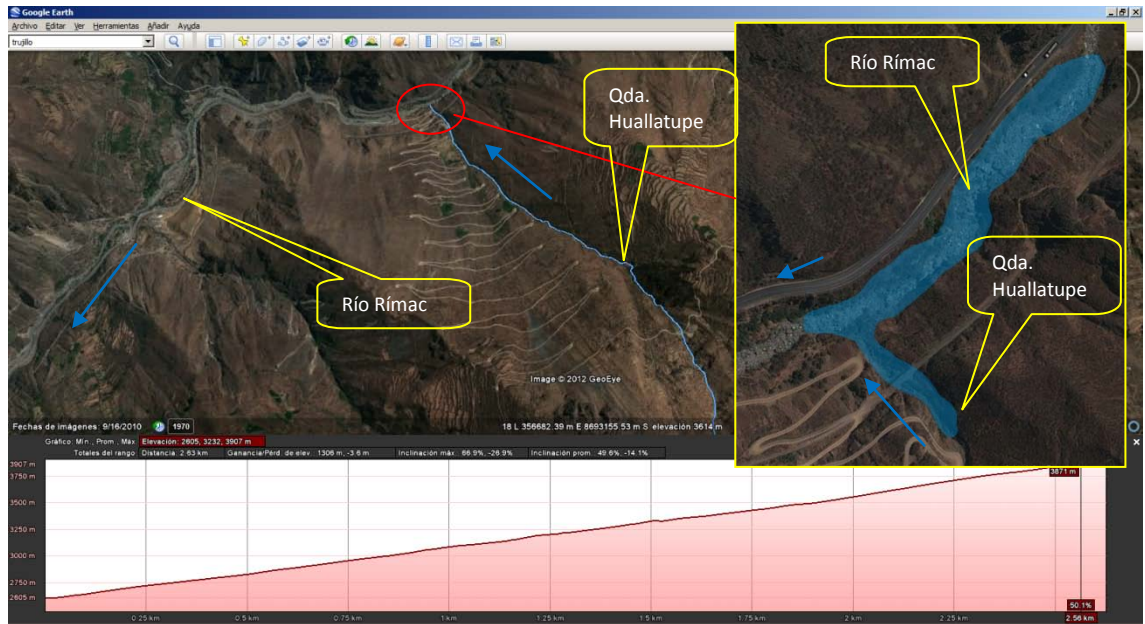


Figura 5. Recorrido y perfil de la Quebrada Huallatupe



Figura 6. Vista de la quebrada Huallatupe

Quebrada Chacahuaro

Las características hidrogeomorfológicas de la quebrada Chacahuaro se muestra en el siguiente cuadro.

Cuadro 7. Características hidrogeomorfológicas de la quebrada Chacahuaro

Longitud (Km)	Ancho promedio (m)	Pendiente promedio (%)	Pendiente máxima (%)	Altura mínima (m.s.n.m.)	altura máxima (m.s.n.m.)	Área (Km2)	Caudal (m3/s)
4.07	2-5	38.1	73.2	2,506	4,079	5.35	7.0

Fuente: Elaboración propia

De acuerdo a Van Zuidam (1986), la pendiente promedio del cauce es fuerte, con peligro extremo de erosión de suelos. Las Características geológicas de la quebrada Huallatupe se muestra en el cuadro 8.

Cuadro 8. Características geológicas

Quebrada	Formaciones	Roca constituyente	Grado de erosion en quebrada	Porcentaje estimado de sedimentos a ser transportados en la subcuenca	Observaciones litologicas estructurales
Chacahuaro	Grupo Rímac	Roca volcánica (andesitas con intercalaciones de areniscas)	Leve a moderada	15%	Los cerros conformados por estas rocas, presentan laderas medianamente estables, se han localizado pequeños derrumbes, debido al fracturamiento de la roca se pueden producir desprendimientos de fragmentos y bloques rocosos.
	Volcánico Pacococha	Roca volcánica (andesitas)			
	Depósitos aluviales	Gravas arenosas, con contenido de finos (limos, arcillas)			Estos depósitos se encuentran en constante erosión debido a las fuertes precipitaciones ocurridas en la zona, la erosión y transporte en los puntos indicados (flechas amarillas) se mantienen activos.

Fuente: Elaboración propia

Durante los periodos de fuertes precipitaciones, el caudal máximo puede superar los 7 m3/s, con gran cantidad de material de arrastre. Esta situación genera represamiento del río Rímac, poniendo en riesgo de inundación y erosión la Carretera Central, puente Chacahuaro y viviendas aledañas. El último evento hace 10 años destruyó viviendas.

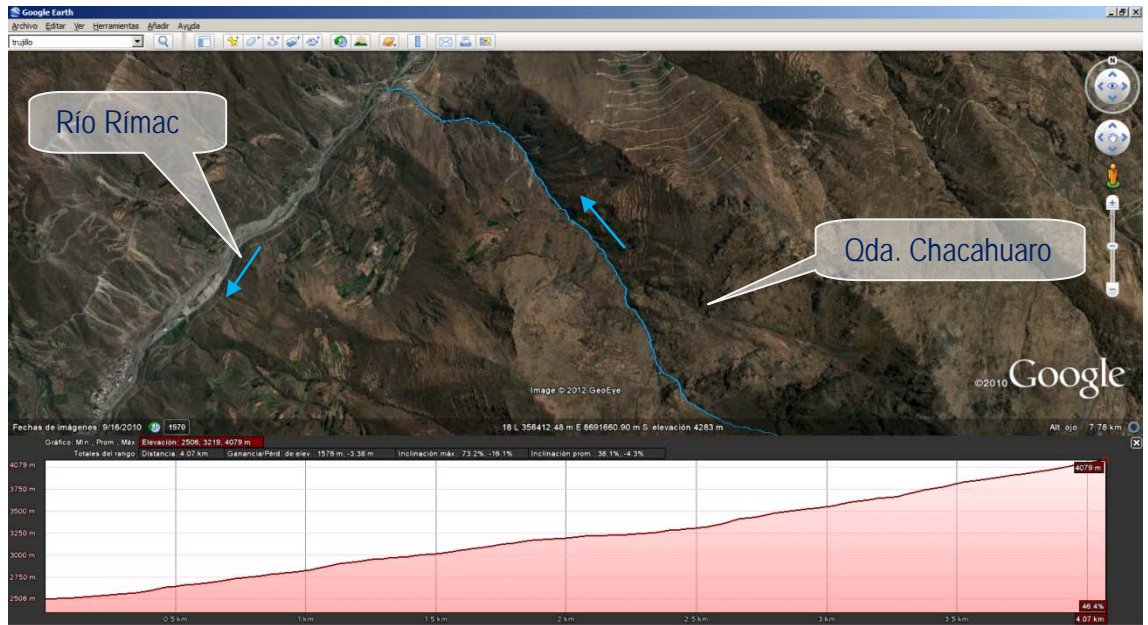


Figura 7. Recorrido y perfil de la Quebrada Chacahuaro



Figura 8. Quebrada de Chacahuaro

Quebrada Huaripachi

Las características hidrogeomorfológicas de la quebrada Huaripachi se muestra en el cuadro 9.

Cuadro 9. Características hidrogeomorfológicas de la quebrada Huaripachi

Longitud (Km)	Ancho promedio (m)	Pendiente promedio (%)	Pendiente máxima (%)	Altura mínima (m.s.n.m.)	altura máxima (m.s.n.m.)	Área (Km2)	Caudal (m3/s)
4.45	2-5	44.2	69.4	2,443	4,431	2.6	5.0

Fuente: Elaboración propia

De acuerdo a Van Zuidam (1986), la pendiente promedio del cauce es fuerte, con peligro extremo de erosión de suelos. Las Características geológicas de la quebrada Huaripachi se muestra en el cuadro 10.

Cuadro 10. Características geológicas

Quebrada	Formaciones	Roca constituyente	Grado de erosión en quebrada	Porcentaje estimado de sedimentos a ser transportados en la subcuenca	Observaciones litológicas estructurales
Huaripachi	Depósitos aluviales	Gravas arenosas, con contenido de finos (limos, arcillas)	Leve a moderada	15%	Estos depósitos se encuentran en constante erosión debido a las fuertes precipitaciones ocurridas en la zona, la erosión y transporte en los puntos indicados (flechas amarillas) se mantienen activos.
	Grupo Rímac	Roca volcánica (andesitas con intercalaciones de areniscas)			Los cerros conformados por estas rocas, presentan laderas medianamente estables, se han localizado pequeños derrumbes, debido al fracturamiento de la roca se pueden producir desprendimientos de fragmentos y bloques rocosos.

Fuente: Elaboración propia

En los periodos de fuertes precipitaciones, el caudal máximo puede superar los 5 m³/s, con gran cantidad de material de arrastre.

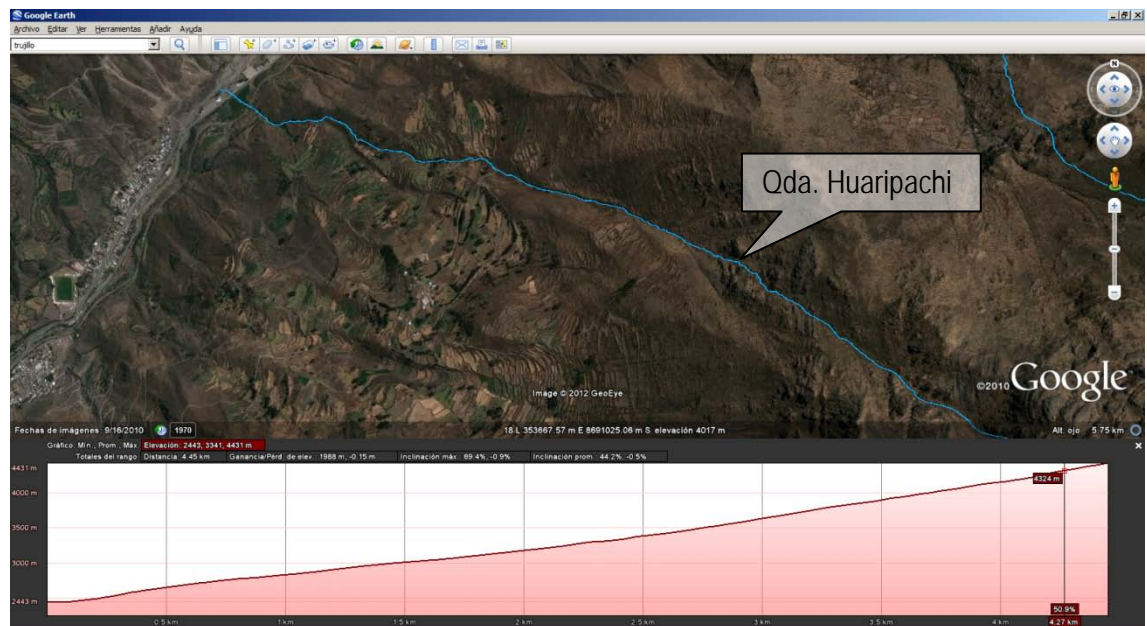


Figura 9. Recorrido y perfil de la Quebrada Huaripachi

Quebrada Payhua

Las características hidrogeomorfológicas de la quebrada Payhua se muestran en el cuadro 11.

Cuadro 11. Características hidrogeomorfológicas de la quebrada Payhua

Longitud (Km)	Ancho promedio (m)	Pendiente promedio (%)	Pendiente máxima (%)	Altura mínima (m.s.n.m.)	altura máxima (m.s.n.m.)	Área (Km2)	Caudal (m3/s)
8.49	5-10	27.4	65.5	2,407	4,668	12.7	13.0

Fuente: Elaboración propia

De acuerdo a Van Zuidam (1986), la pendiente promedio del cauce es moderado, con peligro severo de erosión de suelos. Las Características geológicas de la quebrada Payhua se muestra en el cuadro 12.

Cuadro 12. Características geológicas

Quebrada	Formaciones	Roca constituyente	Grado de erosión en quebrada	Porcentaje estimado de sedimentos a ser transportados en la subcuenca	Observaciones litológicas estructurales
Payhua	Depósitos aluviales	Gravas arenosas, con contenido de finos (limos, arcillas)	Moderada	35%	Estos depósitos se encuentran en constante erosión debido a las fuertes precipitaciones ocurridas en la zona, la erosión y transporte en los puntos indicados (flechas amarillas) se mantienen activos.
	Grupo Rímac	Roca volcánica (andesitas con intercalaciones de areniscas)			Los cerros conformados por estas rocas, presentan laderas medianamente estables, se han localizado pequeños derrumbes, debido al fracturamiento de la roca se pueden producir desprendimientos de fragmentos y bloques rocosos.
	Volcánico collqui	Derrames andesíticos con algo de areniscas y limolitas			

En los periodos de fuertes precipitaciones, el caudal máximo puede superar los 13 m³/s, con gran cantidad de material de arrastre.

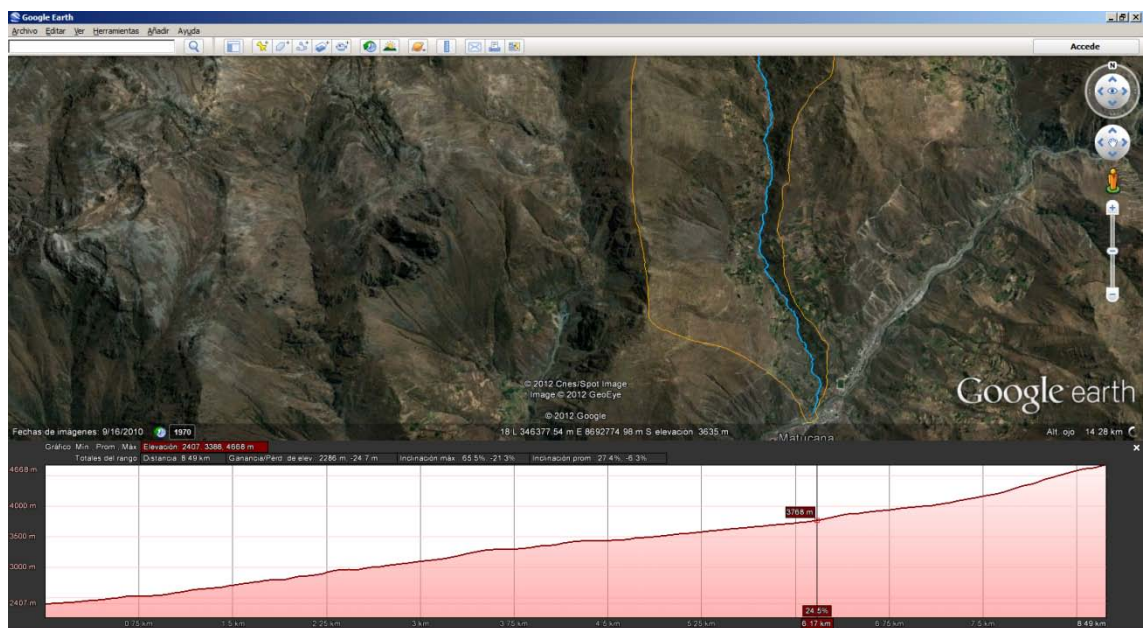


Figura 10. Recorrido de la quebrada Payhua



Figura 11. Vista de la quebrada Payhua

7.3 Distrito de Lurigancho

En el distrito de Lurigancho se ha identificado la quebrada de Huaycoloro, como la más importante.

El último evento que provocó desastres fue en Marzo del 2012, trayendo como consecuencia 2,700 damnificados, 150 casas inhabitables, animales muertos, campos de cultivo y personas desaparecidas. Los sectores afectados por estos desbordes se ubican a lo largo de seis kilómetros de la quebrada Huaycoloro y son Santa Rosa, Pampa Chiri, Las Riberas, Villa Leticia, Valle del Mantaro, Los Huertos de Cajamarquilla, San Miguel, Los Claveles, Residencial Cajamarquilla y Millenium.

El desborde de la quebrada se debe a las fuertes precipitaciones, el estrechamiento del cauce (para ganar terreno y ser aprovechado para actividades permanentes como edificaciones y viviendas) y la acumulación de sedimentos.

Quebrada Huaycoloro

Las características hidrogeomorfológicas de la quebrada Huaycoloro se muestran en el cuadro 13.

Cuadro 13. Características hidrogeomorfológicas de la quebrada Huaycoloro

Longitud (Km)	Ancho promedio (m)	Pendiente promedio (%)	Pendiente máxima (%)	Altura mínima (m.s.n.m.)	altura máxima (m.s.n.m.)	Área (Km2)	Caudal (m3/s)
52.6	2-10	7.2	52.6	285	3,879	482	82

Fuente: Elaboración propia

Según Van Zuidam (1986), la pendiente promedio del cauce es moderado, con peligro severo de erosión de suelos. Las Características geológicas de la quebrada Payhua se muestra en el cuadro 14.

Cuadro 14. Características geológicas

Quebrada	Formaciones	Roca constituyente	Grado de erosión en quebrada	Porcentaje estimado de sedimentos a ser transportados en la subcuenca	Observaciones litológicas estructurales
Huaycoloro	Depósitos aluviales (pleistocénicos)	Conglomerados, gravas arenosas, con contenido de finos (limos, arcillas)	Moderada	40%	Estos depósitos se encuentran en constante erosión debido a las fuertes precipitaciones ocurridas en la zona, la erosión y transporte en los puntos indicados (flechas amarillas) se mantienen activos.

Fuente: Elaboración propia

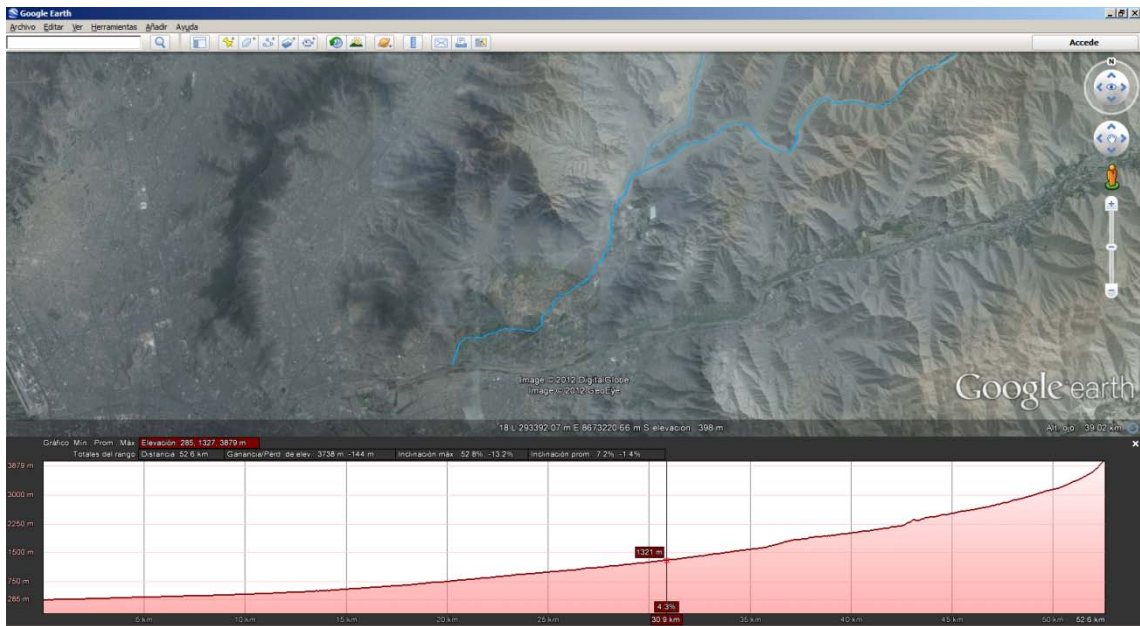


Figura 12. Recorrido y perfil de la quebrada Huaycoloro



Figura 13. Vista de la quebrada Huaycoloro

7.4 Conclusiones

Las quebradas consideradas en este análisis (Chicla, Viso, Payhua, Huaycoloro, Huallatupe, Chacahuaro y Huaripachi), presentan antecedentes de ocurrencias de eventos que han ocasionados pérdidas materiales y vidas humanas; por lo que es necesario plantear medidas estratégicas para reducir estos riesgos climáticos; para ello las autoridades deben priorizar y destinar recursos humanos y financieros para atender esta problemática.

CAPITULO 8



CALIDAD DEL AGUA SUPERFICIAL DEL RIO RIMAC

INDICE

CAPITULO 8	131
CALIDAD DEL AGUA SUPERFICIAL DEL RIO RIMAC	133
8.1 Riesgos en la salud por exposición de As, Cd, Cr, Pb y CF - parámetros de evaluación	133
8.2 Selección de estaciones de monitoreo DIGESA-SEDAPAL	136
8.3 Selección de estaciones de monitoreo Autoridad Nacional del Agua	137
8.4 Normatividad de Estándares de Calidad Ambiental del Agua.....	138
8.5 Evaluación de la calidad del agua del Río Rímac	139
8.5.1 DIGESA-SEDAPAL	139
8.5.2 Autoridad Nacional del Agua	144
8.6 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	146

CALIDAD DEL AGUA SUPERFICIAL DEL RIO RIMAC

El problema de la contaminación del río Rímac históricamente ha estado relacionado con las descargas de los relaves generados por la industria minera en la parte alta y media de la cuenca, por lo que puede existir un alto riesgo de contaminación por metales pesados y causar un impacto negativo en el medio ambiente y en la salud humana. A ello se suma el acelerado crecimiento urbano de los poblados localizados en la parte media y baja de la cuenca, que también descargan en el río importantes caudales de sus desagües domésticos sin ningún tratamiento. Adicionalmente, el crecimiento desordenado de asentamientos humanos alrededor de las zonas de producción agrícola -donde se produce el 35% de las hortalizas que se comercializa en la Lima- agrava esta situación, ya que contribuye a contaminar los productos hortícolas con patógenos entéricos (Centro Internacional de la Papa, 2006).

8.1 Riesgos en la salud por exposición de As, Cd, Cr, Pb y CF - parámetros de evaluación

Los mayores riesgos microbianos son los derivados del consumo de agua contaminada con excrementos humanos o animales (incluidos los de las aves). Los excrementos pueden ser fuente de patógenos, como bacterias, virus, protozoos y helmintos. El agua de consumo no debe contener larvas maduras ni huevos fertilizados, ya que un único ejemplar puede ocasionar una infección. Si no se garantiza la seguridad del agua, la comunidad puede quedar expuesta al riesgo de brotes de enfermedades intestinales y otras enfermedades infecciosas.

Coliformes termotolerantes (o bien *Escherichia coli*). El uso de la presencia de microorganismos indicadores como indicio de contaminación fecal es una práctica bien establecida en la evaluación de la calidad del agua de consumo. Estos indicadores no son patógenos y están presentes, en grandes concentraciones, en las heces de personas y animales; no proliferan en aguas naturales; tienen una persistencia en agua similar a la de los agentes patógenos fecales; están presentes en concentraciones mayores que las de los agentes patógenos fecales.

Hay grandes cantidades de *Escherichia coli* en las heces humanas y animales, en las aguas residuales y en el agua que ha estado expuesta recientemente a contaminación fecal. Es muy poco probable que la disponibilidad de nutrientes y la temperatura del agua en los sistemas de distribución de agua de consumo favorezcan la proliferación de estos microorganismos, (Guías para la calidad del agua potable, OMS 2006).

Los riesgos para la salud asociados a los componentes químicos del agua de consumo se deben principalmente a la capacidad de estos componentes de producir efectos adversos sobre la salud tras periodos de exposición prolongados (Guías para la calidad del agua potable, OMS 2006).

Arsénico. Es un contaminante importante del agua de consumo, ya que es una de las pocas sustancias que se ha demostrado que producen cáncer en el ser humano por consumo de agua potable. El consumo de cantidades altas de arsénico en el agua potable está relacionado causalmente con el desarrollo de cáncer en varios órganos, en particular la piel, la vejiga y los pulmones (Guías para la calidad del agua potable, OMS 2006).

La fuente de contaminación son: la erosión de depósitos naturales, agua de escorrentía de huertos, aguas de residuos de fabricación de vidrio y productos electrónicos (Contaminación del río Rímac por metales pesados y efecto en la agricultura en el Cono Este de Lima Metropolitana, CIP 2006).

Cadmio. El cadmio se libera al medio ambiente en las aguas residuales, y los fertilizantes y la contaminación aérea local producen contaminación difusa. Las impurezas de cinc de las soldaduras y las tuberías galvanizadas y algunos accesorios de fontanería metálicos también pueden contaminar el agua de consumo. El cadmio se acumula principalmente en los riñones y su semivida biológica en el ser humano es prolongada, de 10 a 35 años. Hay pruebas de que el cadmio es cancerígeno por inhalación. No hay pruebas de que sea cancerígeno por vía oral ni pruebas concluyentes de su genotoxicidad (Guías para la calidad del agua potable, OMS 2006).

Cromo. Al parecer, los alimentos son en general la fuente principal de ingesta de cromo. En estudios epidemiológicos han determinado una asociación entre la exposición por inhalación al cromo (VI) y el cáncer de pulmón, por lo que ha clasificado el cromo (VI) en el Grupo 1 (cancerígeno para el ser humano) (Guías para la calidad del agua potable, OMS 2006).

La fuente de contaminación son: los efluentes de fábricas de acero y papel; erosión de depósitos naturales (Contaminación del río Rímac por metales pesados y efecto en la agricultura en el Cono Este de Lima Metropolitana, CIP 2006).

Plomo. Los niños de corta edad absorben 4 o 5 veces más plomo que los adultos y la semivida biológica del plomo puede ser considerablemente más alta en los niños que en los adultos. El plomo es una sustancia tóxica general que se acumula en el esqueleto. Los lactantes, los niños de hasta 6 años y las mujeres embarazadas son las personas más vulnerables a sus efectos adversos para la salud. El plomo también interfiere con el metabolismo del calcio, tanto directamente como por interferencia con el metabolismo de la vitamina D. El plomo es tóxico tanto para el sistema nervioso central como para el periférico e induce efectos neurológicos extraencefálicos y efectos conductuales. Se han comprobado mediante métodos electrofisiológicos efectos sobre el sistema nervioso central en niños con concentraciones sanguíneas de plomo mucho menores que 30 ug/dl. En conjunto, las pruebas obtenidas en estudios epidemiológicos transversales indican que hay asociaciones estadísticamente significativas entre concentraciones sanguíneas de plomo de 30 ug/dl o mayores y una disminución de unos cuatro puntos en el cociente intelectual de los niños. Se ha clasificado el plomo y los compuestos inorgánicos de plomo en el Grupo 2B, posiblemente cancerígenos para el ser humano. El plomo que se encuentra en el agua de grifo rara vez procede de la disolución de fuentes naturales, sino que proviene principalmente de instalaciones de fontanería domésticas que contienen plomo en las tuberías, las soldaduras, los accesorios o las conexiones de servicio a las casas (Guías para la calidad del agua potable, OMS 2006).

Por lo expuesto se ha seleccionado al Arsénico (As), Cadmio (Cd), Cromo (Cr) y Plomo (Pb) por ser los elementos tóxicos que por bio-acumulación tienen mayor impacto en la salud pública. Como indicador de contaminación fecal se ha utilizado los coliformes fecales o termotolerantes.

8.2 Selección de estaciones de monitoreo DIGESA-SEDAPAL

La recopilación de la información sobre la contaminación histórica del río Rímac se basó en los resultados de los programas de monitoreo del río Rímac realizados durante varios años consecutivos por el Servicio de Agua Potable y Alcantarillado de Lima (SEDAPAL), Dirección General de Salud Ambiental (DIGESA) del Ministerio de Salud y de la Autoridad Nacional del Agua.

En la figura 1, se muestra la ubicación de las 26 estaciones de monitoreo de DIGESA; de las cuales se ha tomado 8 estaciones E2, E4, E9, E10, E14, E16, E17, E20 (cuadro 1), distribuidos a lo largo del río Rímac.

Cuadro 1. Estaciones de monitoreo DIGESA-SEDAPAL

Estación	Referencia
E2	Puente Ferrocarril, C.C. Km 119.5
E4	Puente Anchi II C.C. Km 100
E9	Puente tambo de Viso, C.C. Km 83.5
E10	Puente Surco, C.C. Km 66
E14	Moyopampa La Trinchera, Km 35
E16	Puente Huachipa Km 9.5
E17	Puente Huaycoloro, Autopista Ramiro Prialé
E20	Puente Dueñas

Fuente: DIGESA

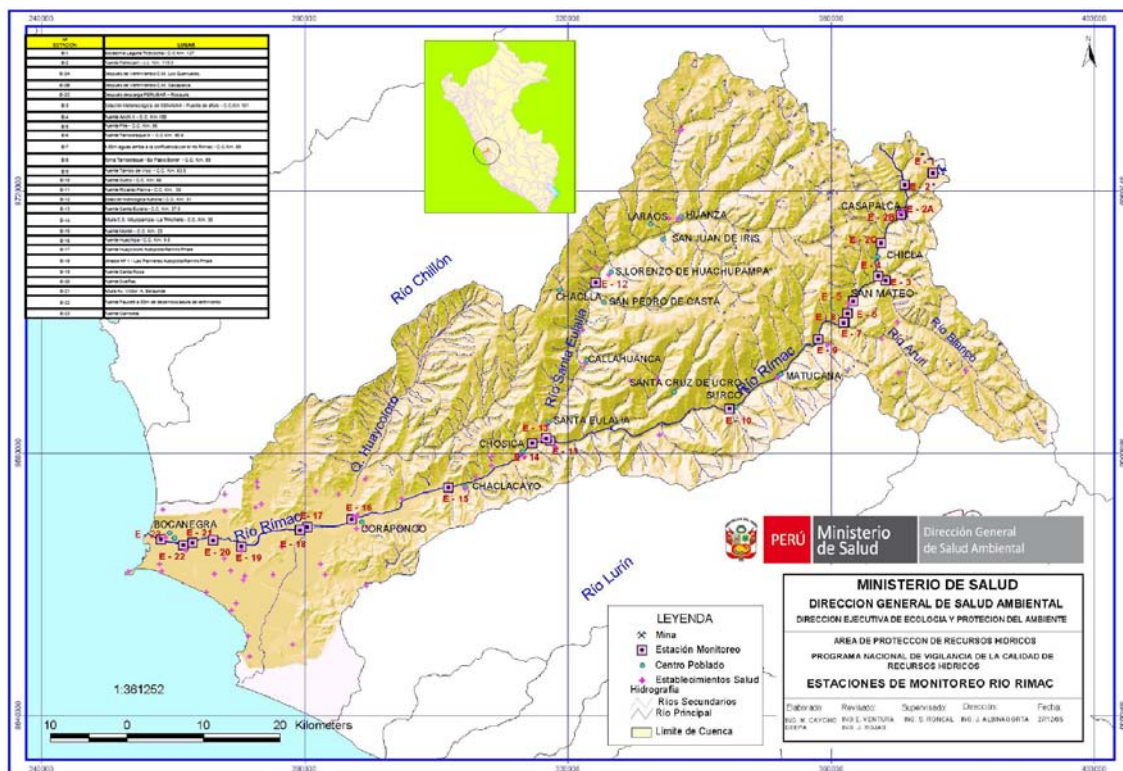


Figura 1. Ubicación de las estaciones de monitoreo por DIGESA
Fuente: DIGESA

Para el análisis Los valores de los parámetros (As, Cd, Cr, Pb y CF), se ha seleccionado el máximo anual indicado en los resultados de monitoreo, para un periodo del 2004 al 2011 (DIGESA-SEDAPAL).

8.3 Selección de estaciones de monitoreo Autoridad Nacional del Agua

Se ha tomado como fuente de análisis el Informe Técnico N° 006- 2012-ANA-DGCRH/JJOS, de la Dirección de Gestión de la Calidad de los Recursos Hídricos, tomando como referencia 10 estaciones ubicados en el río Rímac (cuadro 2). El monitoreo de la calidad del agua fue realizado del 16 al 20 de abril de 2012.

Cuadro 2. Estaciones de monitoreo ANA

Pto. Monitoreo	Descripción
RRimac-3	Puente Anchi II, Km 100
RRimac-4	Minera NYRSTAR CORICANCHA
RRimac-5	Puente tambo de Viso, Km 83.5
RRimac-6	Puente Surco, Km 66
RRimac-7	Puente Ricardo Palma, Km 38
RRimac-8	Puente Morón, Km 23
RRimac-9	Bocatoma agua potable Huachipa
RRimac-10	Bocatoma La Atarjea
RRimac-11	Puente Universitaria
RRimac-12	Puente Gambeta

Fuente: DIGESA

8.4 Normatividad de Estándares de Calidad Ambiental del Agua

Según los Estándares Nacionales de Calidad Ambiental para Agua (D.S. N° 002-2008-MINAM), los valores del arsénico, cadmio, cromo, y plomo y coliformes fecales para la categoría 1, A2 (aguas que pueden ser potabilizadas con tratamiento convencional), se indican en el cuadro 2.

Cuadro 3. Estándares de Calidad de Agua, categoría 1, A2

Parámetro	Valor
Arsénico (mg/L)	0.01
Cadmio (mg/L)	0.03
Cromo (mg/L)	0.05
Plomo (mg/L)	0.05
Coliformes fecales (NMP/100 mL)	2000

Fuente: Ministerio del Ambiente

Los Estándares Nacionales de Calidad Ambiental para Agua, en la categoría 3, riego de vegetales y bebidas de animales, se indican en el cuadro 3.

Cuadro 4. Estándares de Calidad de Agua, categoría 3, riego de vegetales y bebida de animales

Parámetro	Valor
Arsénico (mg/L)	0.05
Cadmio (mg/L)	0.005
Cromo (mg/L)	0.1
Plomo (mg/L)	0.05
Coliformes fecales (NMP/100 mL)	1000 (tallo bajo)

Fuente: Ministerio del Ambiente

8.5 Evaluación de la calidad del agua del Río Rímac

Para cromo, plomo y cadmio, se ha analizado información de monitoreo para el periodo 2004 al 2011; y para el arsénico el periodo de 1997-2004 (SEDAPAL, citato por el Centro Internacional de la Papa).

8.5.1 DIGESA-SEDAPAL

a. Cadmio

Los niveles máximos de concentración multianual y espacial del cadmio se muestran en el cuadro 4 y en la figura

Cuadro 5. Niveles máximos de concentración del cadmio en el río Rímac

AÑO	Estaciones de monitoreo								Estándares de calidad ambiental de agua	
	E2	E4	E9	E10	E14	E16	E17	E20	Categoría 1	Categoría 3
2004	0.010	0.0100	0.025	0.013	0.011	0.0100	0.010	0.0100	0.003	0.005
2005	0.010	0.0100	0.010	0.010	0.010	0.0100	0.015	0.0100	0.003	0.005
2006	0.010	0.0100	0.014	0.010	0.010	0.0100	0.010	0.0100	0.003	0.005
2007	0.010	0.0150	0.021	0.010	0.010	0.0099	0.010	0.0099	0.003	0.005
2008	0.010	0.0099	0.018	0.010	0.010	0.0099	0.010	0.0220	0.003	0.005
2009	0.010	0.0270	0.026	0.024	0.010	0.0099	0.010	0.0110	0.003	0.005
2010		0.0200	0.014	0.011	0.015	0.0140		0.0160	0.003	0.005
2011		0.0190	0.012	0.011			0.011	0.0180	0.003	0.005

Fuente: DIGESA-SEDAPAL

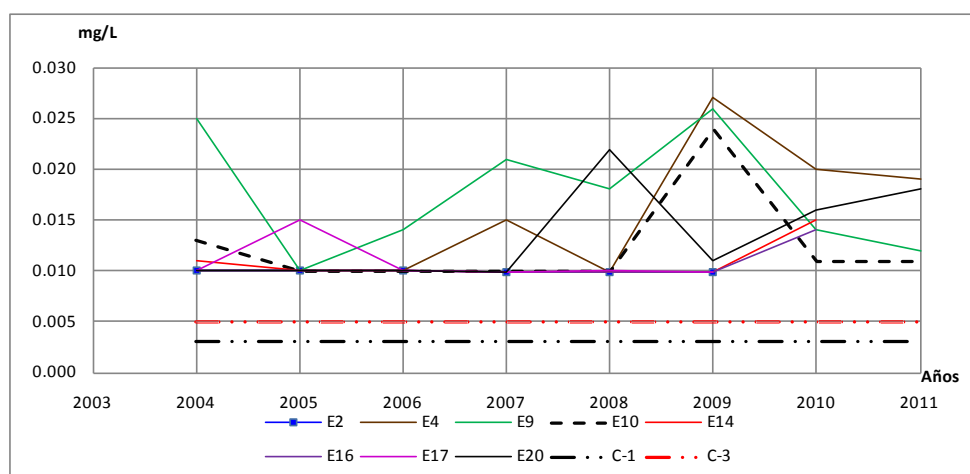


Figura 2. Niveles máximos de concentración espacial y temporal del cadmio en el río Rímac

Fuente: DIGESA-SEDAPAL

Los valores máximos de los resultados de los monitoreos (DIGESA-SEDAPAL), indican que la concentración del cadmio superan los ECA del agua para la categoría 1-A2 y categoría 3 (riego de vegetales de tallo bajo y bebida de animales) en la parte alta, media y baja de la cuenca; así, como a lo largo del periodo de análisis; con valores máximos de 0.027 mg/L en la estación E4 y para el año 2009. Por lo tanto se concluye que para este parámetro la cuenca se encuentra en situación de riesgo.

b. Cromo

Los niveles máximos de concentración multianual y espacial del cromo se muestran en el cuadro 5 y en la figura 3.

Cuadro 6. Niveles máximos de concentración de cromo en el río Rímac

AÑO	Estaciones de monitoreo								Estándares de calidad ambiental de agua	
	E2	E4	E9	E10	E14	E16	E17	E20	Categoría 1	Categoría 3
2004	0.0499	0.0499	0.0499	0.0499	0.0499	0.0499	0.3080	0.0499	0.0030	0.005
2005	0.0500	0.0500	0.0500	0.0500	0.0500	0.0500	0.2380	0.0590	0.0030	0.005
2006	0.0499	0.0499	0.0499	0.0499	0.0499	0.0499	0.4900	0.0590	0.0030	0.005
2007	0.0499	0.0499	0.0499	0.0499	0.0499	0.0499	1.2290	0.0680	0.0030	0.005
2008	0.0499	0.0499	0.0499	0.0499	0.0499	0.0499	0.9240	0.5930	0.0030	0.005
2009	0.0280	0.0280	0.0280	0.0280	0.0500	0.0500	0.1990	0.0500	0.0030	0.005
2010	0.0280	0.0280	0.0280	0.0280	0.0430	0.0410	0.5250	0.0630	0.0030	0.005
2011	0.0280	0.0280	0.0280	0.0280	0.0280	0.0280	0.5180	0.0890	0.0030	0.005

Fuente: DIGESA-SEDAPAL

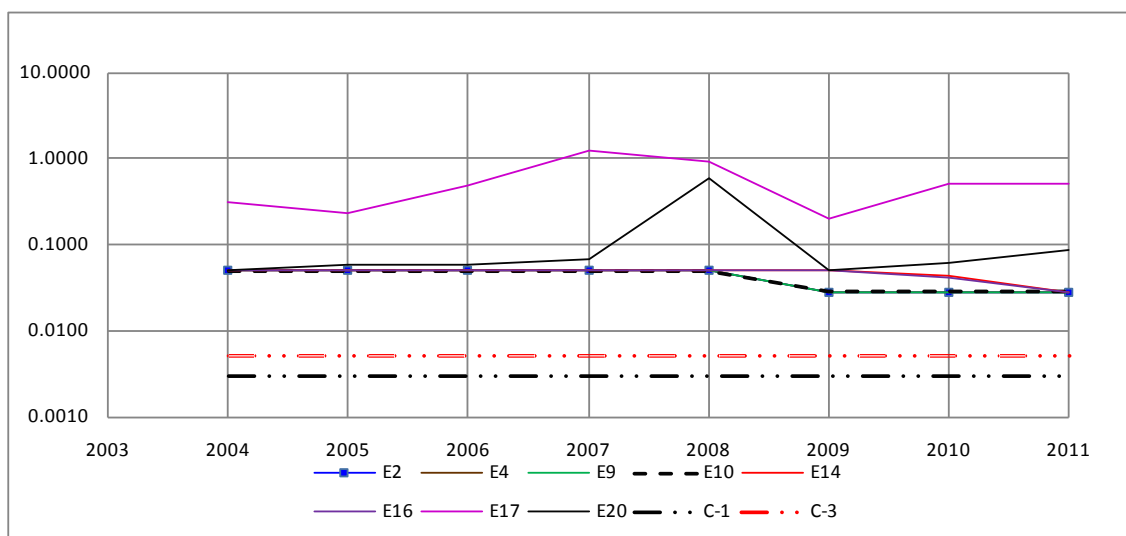


Figura 3. Niveles máximos de concentración espacial y temporal del cromo en el río Rímac

Fuente: DIGESA-SEDAPAL

Los **niveles máximos de los resultados de los monitoreos de DIGESA-SEDAPAL**, indican que la concentración de cromo superan los estándares de calidad ambiental del agua en las categorías 1 -A2 y 3 (riego de vegetales de tallo bajo y bebida de animales) para la parte alta, media y baja de la cuenca del Rímac, y en el periodo de análisis; con valores máximos de 1.229 mg/L en la estación E17 y para el año 2007. Por lo tanto se concluye que para este parámetro la cuenca se encuentra en situación de riesgo.

c. Plomo

Los niveles máximos de concentración multianual y espacial del cromo se muestran en el cuadro 6 y en la figura 4.

Los **niveles máximos de los resultados de los monitoreos de DIGESA-SEDAPAL**, muestra que la concentración del plomo superan los estándares de calidad ambiental del agua en las categorías 1-A2 y 3 (riego de vegetales de tallo bajo y bebida de animales), en la parte alta, media y baja de la cuenca del Rímac y en el periodo de análisis. Por lo tanto se concluye que para este parámetro la cuenca se encuentra en situación de riesgo.

Cuadro 7. Niveles máximos de concentración del plomo en el río Rímac

AÑO	Estaciones de monitoreo								Estándares de calidad ambiental de agua	
	E2	E4	E9	E10	E14	E16	E17	E20	Categoría 1	Categoría 3
2004	0.0250	0.3250	0.3800	0.0470	1.4230	0.0750	0.0750	0.0750	0.0030	0.005
2005	0.0380	0.1950	0.0770	0.1040	0.5180	0.1350	0.1100	0.1260	0.0030	0.005
2006	0.0250	0.1100	0.0660	0.0480	0.1580	0.2580	0.0840	0.2270	0.0030	0.005
2007	0.0250	0.1600	0.4750	0.0340	0.0470	0.9030	0.2660	0.1400	0.0030	0.005
2008	0.0600	0.1680	0.1150	0.0950	0.3240	0.4870	0.2380	0.6840	0.0030	0.005
2009	0.0270	0.1410	0.0580	0.0380	0.0900	0.0830	0.0790	0.1980	0.0030	0.005
2010	0.0250	0.1320	0.2120	0.0710	0.9960	0.8390	0.2810	0.8080	0.0030	0.005
2011	0.0250	0.0970	0.1650	0.2790	0.0920	0.1040	0.1750	0.1890	0.0030	0.005

Fuente: DIGESA-SEDAPAL

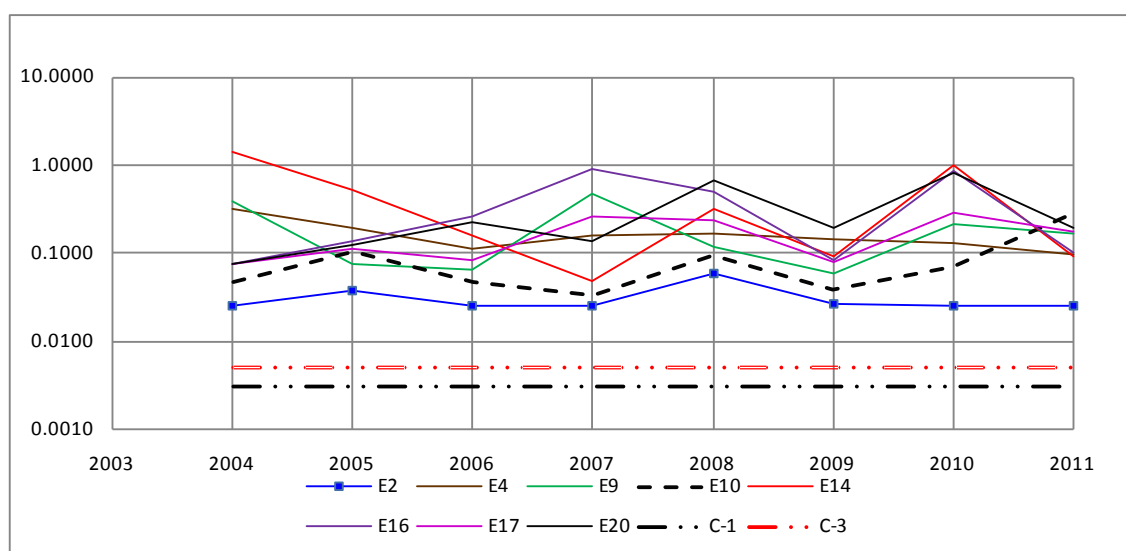


Figura 4. Niveles máximos de concentración espacial y temporal del plomo en el río Rímac

Fuente: DIGESA-SEDAPAL

d. Arsénico

Según Juárez, H. (Contaminación del río Rímac por metales pesados y efecto en la agricultura en el Cono Este de Lima Metropolitana-Centro Internacional del Papa), en promedio anual, los niveles de concentración para arsénico han sido menores a 0.2 mg/L (aceptable para el regadío de hortalizas) para los años 1997, 1998, 1999, 2003 y 2004. Aunque para el año 1997, el promedio anual fue menor a 0.2 mg/L, se pudo observar contaminación puntual en la zona del Río Aruri (cuenca alta) la cual alcanzó niveles concentración de As de 0.29 mg/L.

Los niveles de concentración de arsénico en la cuenca del Río Rímac fueron muy severos en los demás años (2000, 2001 y 2002).

La concentración media de arsénico para el año 2000 fue de 0.26 mg/L para SEDAPAL y 0.71 mg/L para DIGESA. Los niveles de contaminación de As más altos se reportaron en el puente Santa Rosa con niveles de As de hasta 1.63 mg/L.

En este análisis espacial se muestra que las zonas de mayor impacto por contaminación de arsénico se encuentran en la cuenca alta del Río Rímac.

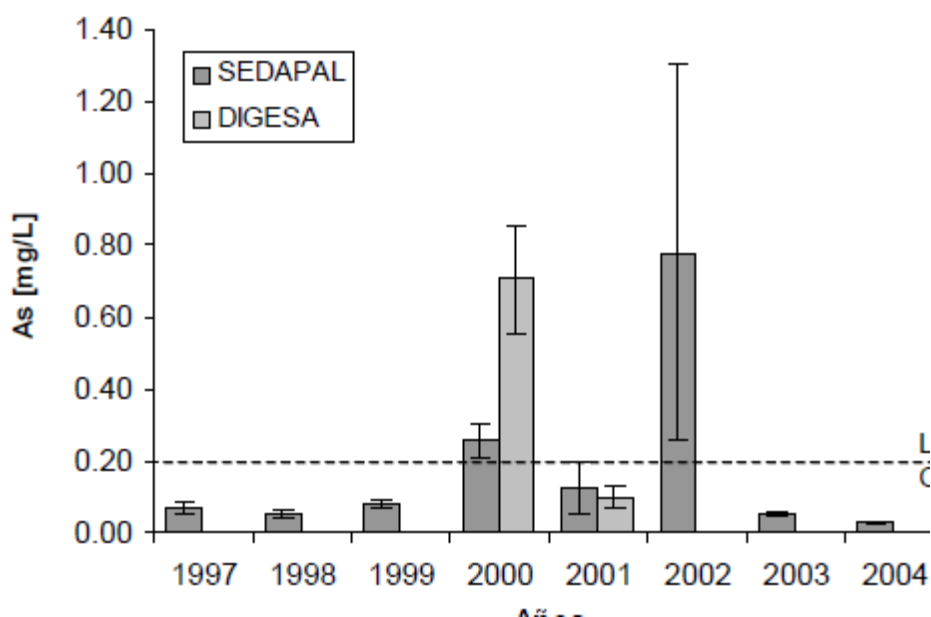


Figura 5. Niveles de concentración del Arsénico

Fuente: DIGESA-SEDAPAL, citado por CIP, 2006

e. Coliformes fecales

Los mayores niveles de concentración de coliformes fecales se encuentran en la parte media y baja de la cuenca. En la parte alta de la cuenca los valores máximos de coliformes fecales están en el rango de 10^2 a 10^5 . En la cuenca media y baja los valores de este parámetro varían en el rango de 10^5 a 10^{10} .

Ecuación 1. Niveles máximos de concentración de coliformes fecales

AÑO	Estaciones de monitoreo								Estándares de calidad ambiental de agua	
	E2	E4	E9	E10	E14	E16	E17	E20	Categoría 1	Categoría 3
2004	3.30E+02	1.70E+05	2.40E+04	1.50E+05	4.60E+07	4.60E+06	4.60E+07	4.60E+06	2000	1000
2005	2.40E+03	2.40E+04	2.40E+05	4.60E+05	4.60E+06	1.10E+06	4.60E+06	4.30E+05	2000	1000
2006	3.50E+02	1.60E+04	2.40E+03	2.40E+03	4.60E+05	4.60E+06	4.60E+06	4.30E+05	2000	1000
2007	9.00E+03	1.60E+05	3.30E+03	2.80E+05	2.40E+05	1.10E+06	4.60E+10	1.50E+06	2000	1000
2008	2.40E+04	1.70E+05	2.40E+04	3.50E+04	4.60E+07	4.60E+07	4.60E+06	2.40E+07	2000	1000
2009	4.00E+03	2.00E+05	2.00E+03	2.00E+04	2.00E+06	2.00E+06	2.00E+07	9.00E+05	2000	1000
2010					2.00E+06	2.00E+07	5.00E+07	2.00E+06	2000	1000
2011	1.00E+04	8.00E+02	3.00E+03	5.00E+03	1.00E+06	7.00E+06	4.00E+08	5.00E+04	2000	1000

Fuente: DIGESA-SEDAPAL

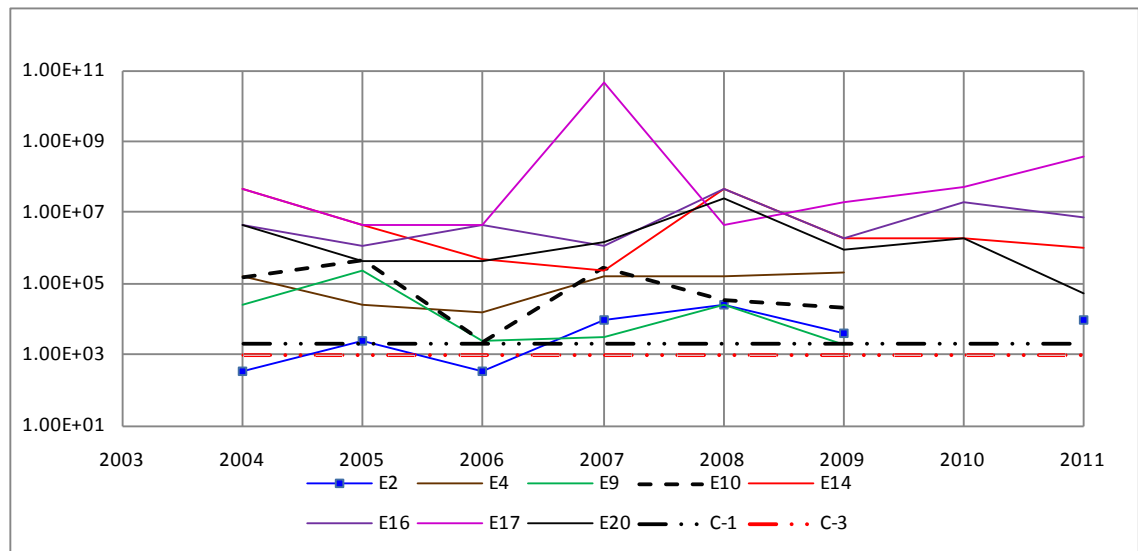


Figura 6. Niveles máximos de concentración espacial y temporal de coliformes fecales

8.5.2 Autoridad Nacional del Agua

Arsénico (mg/L). A lo largo de toda la cuenca, la concentración de arsénico supera los niveles de los ECA para la categoría 1. En 3 estaciones de monitoreo (parte alta de la cuenca), los niveles de arsénico superan los ECA para la categoría 3, (cuadro 8).

Cadmio (mg/L). La concentración de cadmio en toda la cuenca supera los niveles de los ECA para la categoría 1. La concentración del cadmio para la categoría 3, supera en dos estaciones ubicadas en la parte alta, (cuadro 8).

Cromo (mg/L). Según los resultados del monitoreo, los niveles de concentración del cromo están por debajo de los ECA para ambas categorías consideradas, (cuadro 8).

Plomo (mg/L). La concentración del plomo en todas las estaciones de monitoreo superan los niveles de los ECA en las dos categorías analizadas, (cuadro 8).

Coliformes fecales (NMP/100mL). En la parte media y baja de la cuenca los niveles de colimetría superan los niveles de los ECAS para ambas categorías, (cuadro 8).

Cuadro 8. Resultados del monitoreo en el río Rímac

Elemento	Estaciones de monitoreo											Estándares de calidad ambiental de agua	
	RRimac-1	RRimac-3	RRimac-4	RRimac-5	RRimac-6	RRimac-7	RRimac-8	RRimac-9	RRimac-10	RRimac-11	RRimac-12	Categoría 1	Categoría 3
Arsénico (mg/L)	0.011	0.004	0.0210	0.064	0.049	0.090	0.0520	0.067	0.066	0.079	0.118	0.010	0.050
Cadmio	0.0046	<0.0006	0.0062	0.0060	0.0035	0.0048	0.0031	0.0034	0.003	0.0036	0.0049	0.003	0.005
Cromo	<0.005	<0.005	<0.005	<0.005	<0.005	<0.005	<0.005	<0.005	<0.005	<0.005	<0.005	0.003	0.005
Plomo	0.011	<0.001	0.0240	0.039	0.033	0.113	0.0760	0.081	0.076	0.104	0.1372	0.003	0.005
Coliformes Fecales (NMP/100 mL)	330	490	1100	490	790	2.E+04	2.E+04	3.E+04	2.E+04	8.E+04	2.E+04	2.E+03	1.E+03

Fuente: Autoridad Nacional del Agua

8.6 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

En general, los resultados del monitoreo de la calidad de agua del río Rímac (DIGESA-SEDAPAL, CIP y Autoridad Nacional del Agua), muestran que las concentraciones del cadmio, plomo, cromo, arsénico y coliformes fecales, están por encima de los estándares de calidad ambiental. Por lo tanto, es importante que las empresas asentadas en la cuenca, organizaciones de regantes y gobiernos locales, traten y mejoren la calidad de sus efluentes (aguas residuales industriales y domésticas). Asimismo, las instituciones públicas deben asumir sus responsabilidades de supervisión, fiscalización y sancionadora, sobre las empresas que operan transgrediendo los instrumentos legales y ambientales.

CAPITULO 9



IDENTIFICACIÓN DE PUNTOS CRÍTICOS DE INUNDACION Y EROSION FLUVIAL

INDICE

INDICE	148
IDENTIFICACIÓN DE PUNTOS CRITICOS DE INUNDACION Y EROSION FLUVIAL	149
9.1 Distrito de Chicla	149
9.2 Distrito de San Mateo	152
9.3 Distrito de Matucana.....	153
9.4 Distrito de San Bartolomé.....	156
9.5 Distrito de Ricardo Palma	157
9.6 Distrito de Lurigancho.....	160
9.7 Distrito de Chaclacayo.....	151
9.8 Distrito de Ate-Lurigancho-Callao	155

IDENTIFICACIÓN DE PUNTOS CRITICOS DE INUNDACION Y EROSION FLUVIAL POR AVENIDAS

Este capítulo se refiere a la identificación de puntos críticos por desborde y erosión, como consecuencia de la topografía de las riberas áreas aledañas, condiciones físico-mecánico del suelo y a caudales máximos en época de precipitaciones fuertes.

La identificación de los puntos críticos se realizó in situ y se analizaron por distritos desde Chicla en la parte alta de la cuenca hacia el litoral marino, en el Callao.

9.1 Distrito de Chicla

1. Sector: Puente Chicla

Ubicación: coordenadas UTM, WGS 84, 18S

X: 361897, Y: 8705662

Efectos previsibles: daños en casas y Carretera Central

Elementos expuestos: distrito de Chicla y Carretera Central

Las casas de la zona urbana de Chicla y la Carretera Central se encuentran al borde del río Rímac, lo que significa que se encuentran en riesgo de inundación y erosión.



Figura 1. Zona de inundación del área urbana de Chicla



Figura 2. Casas en riesgo a inundación y destrucción

2. Sector: Puente Chicla I

Ubicación: coordenadas UTM, WGS 84, 18S

X: 361651, Y: 8705073

Efectos previsibles: daños en planta de tratamiento de aguas residuales (en construcción) y carretera central.

La planta de tratamiento de aguas residuales (en construcción), está siendo construida en una zona con riesgo a inundación y erosión de laderas.

Elementos expuestos: planta de tratamiento de aguas residuales y Carretera Central.



Figura 3. Planta de Tratamiento de Aguas Residuales construido en la ribera del río Rímac, por la municipalidad de Chicla

3. Sector: Pablo Pober

Ubicación: coordenadas UTM, WGS 84, 18S

X: 355366, Y: 8697080

Efectos previsibles: daños en puente de la vía del tren e interrupción y daños de la Carretera Central.

Los estribos del puente están en riesgo de erosión y socavación.

Elementos expuestos: Carretera Central y puente del ferrocarril.



Figura 4. Estribos de puente en riesgo de socavación

9.2 Distrito de San Mateo

1. Sector: Piti-San Mateo

Ubicación: coordenadas UTM, WGS 84, 18S

X: 358890, Y: 8700368

Efectos previsible: daños en viviendas por efecto de las inundaciones y erosiones del río. Las casas está construidas en el borde del río, en algunos casos están obstaculizando el flujo del agua.

Elementos expuestos: casas construidas en el borde del río y tubería de desagüe.



Figura 5. Casas construidas en el borde del río Rímac

9.3 Distrito de Matucana

1. Sector: Llican

Ubicación: coordenadas UTM, WGS 84, 18S

X: 351545, Y: 8692793

Efectos previsibles: daños en la carretera Central por inundación y erosión.

Elementos expuestos: Carretera Central.



Figura 6. Riesgo de erosión e inundación de la Carretera Central

2. Sector: Huaripachi

Ubicación: coordenadas UTM, WGS 84, 18S

X: 349985, Y: 8690879

Efectos previsibles: daños en los estribos del puente Huaripachi (aguas arriba), línea de conducción del agua potable, carretera Central y ferrocarril; debido a inundaciones y erosiones del río.

Elementos expuestos: puente Huaripachi, Carretera Central, ferrocarril y tubería de agua potable de la ciudad de Matucana.



Figura 7. Riesgo a inundación y erosión de puente Huaripachi y Carretera central

3. Sector: Huariquiña

Ubicación: coordenadas UTM, WGS 84, 18S

X: 347366, Y: 8689263

Efectos previsibles: daños en la carretera Matucana-Surco y puente Huariquiña, por erosión e inundación del río.

Elementos expuestos: Carretera Matucana-Surco y puente Huariquiña.



Figura 8. Riesgo por erosión e inundación de la carretera de Matucana a Surco y del puente Huariquiña

4. Sector: Cacacachi

Ubicación: coordenadas UTM, WGS 84, 18S

X: 350132, Y: 8691099

Efectos previsibles: daños en vivienda y carretera Central.

Elementos expuestos: Carretera Central y viviendas de la zona urbana de Matucana.



Figura 9. Riesgo de inundación en el sector Cacacachi-Matucana

9.4 Distrito de San Bartolomé

1. Sector: Tornamesa-río Seco

Ubicación: coordenadas UTM, WGS 84, 18S

X: 333889, Y: 8683711

Efectos previsibles: daños en pozos sépticos, erosión e inundación de campos de cultivos.

Elementos expuestos: pozos sépticos y cultivos.



Figura 10. Riesgo de erosión e inundación de letrinas y áreas de cultivos

2. Sector: Corcona

Ubicación: coordenadas UTM, WGS 84, 18S

X: 327789, Y: 8682937

Efectos previsibles: daños a la Carretera Central, colegio República de Colombia y viviendas del centro poblado Corcona. Existe un dique de tierra que se ha ido formando con el tiempo con la acumulación de desmorte, pero se encuentra desprotegido por falta de revestimiento, haciéndolo vulnerable a las erosiones del río.

Elementos expuestos: Carretera Central y viviendas.



Figura 11. Riesgo de erosión de dique de tierra, que podría ocasionar daños a Corcona

9.5 Distrito de Ricardo Palma

1. Sector: Puente Peatonal

Ubicación: coordenadas UTM, WGS 84, 18S

X: 318740, Y: 8681435

Efectos previsibles: daños en viviendas, puente peatonal y muros de contención. Las casas está ubicadas en el borde del río; obstaculizando el flujo del río

Elementos expuestos: viviendas y puente peatonal.

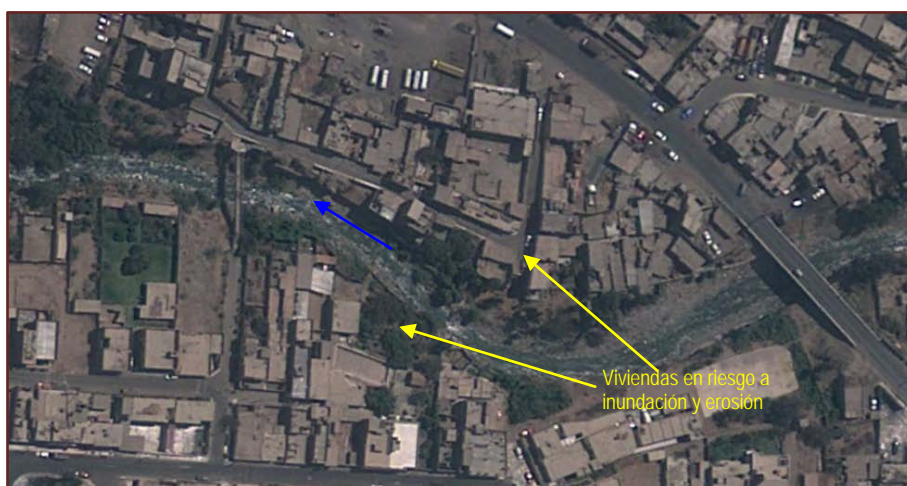


Figura 12. Viviendas en riesgo por inundación y erosión en Ricardo Palma



Figura 13. Viviendas en riesgo por inundación-erosión daños en muros de contención

2. Sector: Bocatoma Ricardo Palma

Ubicación: coordenadas UTM, WGS 84, 18S

X: 318496, Y: 8681410

Efectos previsibles: inundación de cultivos, viviendas, vías; en la margen izquierda.

Elementos expuestos: cultivos y viviendas.



Figura 14. Viviendas expuestas a erosión e inundación

3. Sector: Acueducto

Ubicación: coordenadas UTM, WGS 84, 18S

X: 318360, Y: 8681326

Efectos previsibles: daños en canal principal Ricardo Palma.

Elementos expuestos: canal principal Ricardo Palma.



Figura 15. Canal Ricardo Palma en riesgo a inundación

9.6 Distrito de Lurigancho

Gran parte del centro urbano de Chosica, se encuentra en riesgo de inundación; es decir existen viviendas construidas al borde del río Rímac, obstaculizando el libre flujo del agua (figura 16).

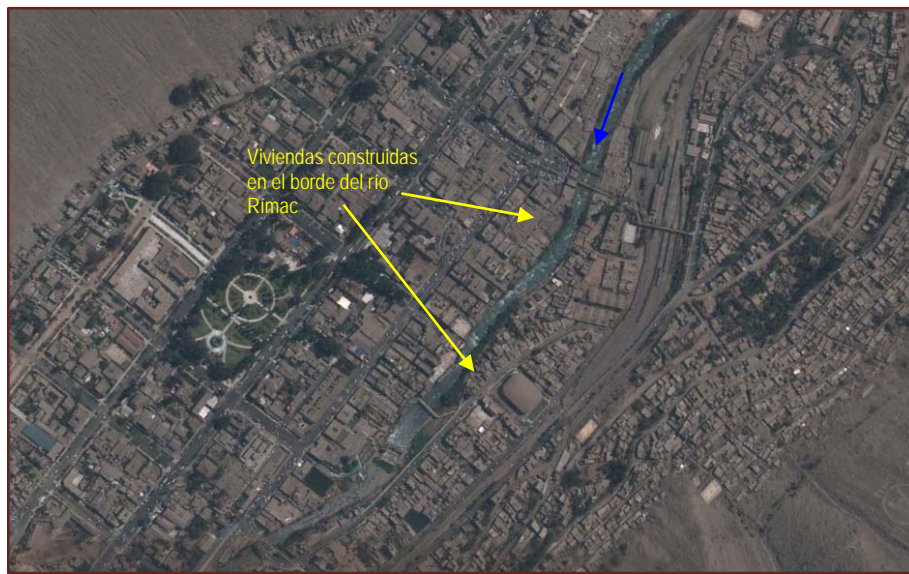


Figura 16. Viviendas de la zona urbana de Chosica, ubicadas en el borde del río Rímac

En ambos márgenes del río Rímac a la altura del centro urbano de Chosica, se ha identificado 12 quebradas, que se activan cada cierto periodo de tiempo, en épocas de fuertes precipitaciones, ocasionando destrucción de viviendas, vías de comunicación, centros recreacionales y pérdidas de vidas humanas.

Por acción antropogénica, varias de estas quebradas no logran desembocar al río Rímac debido a la obstrucción de las construcciones en los cauces (figura 17).

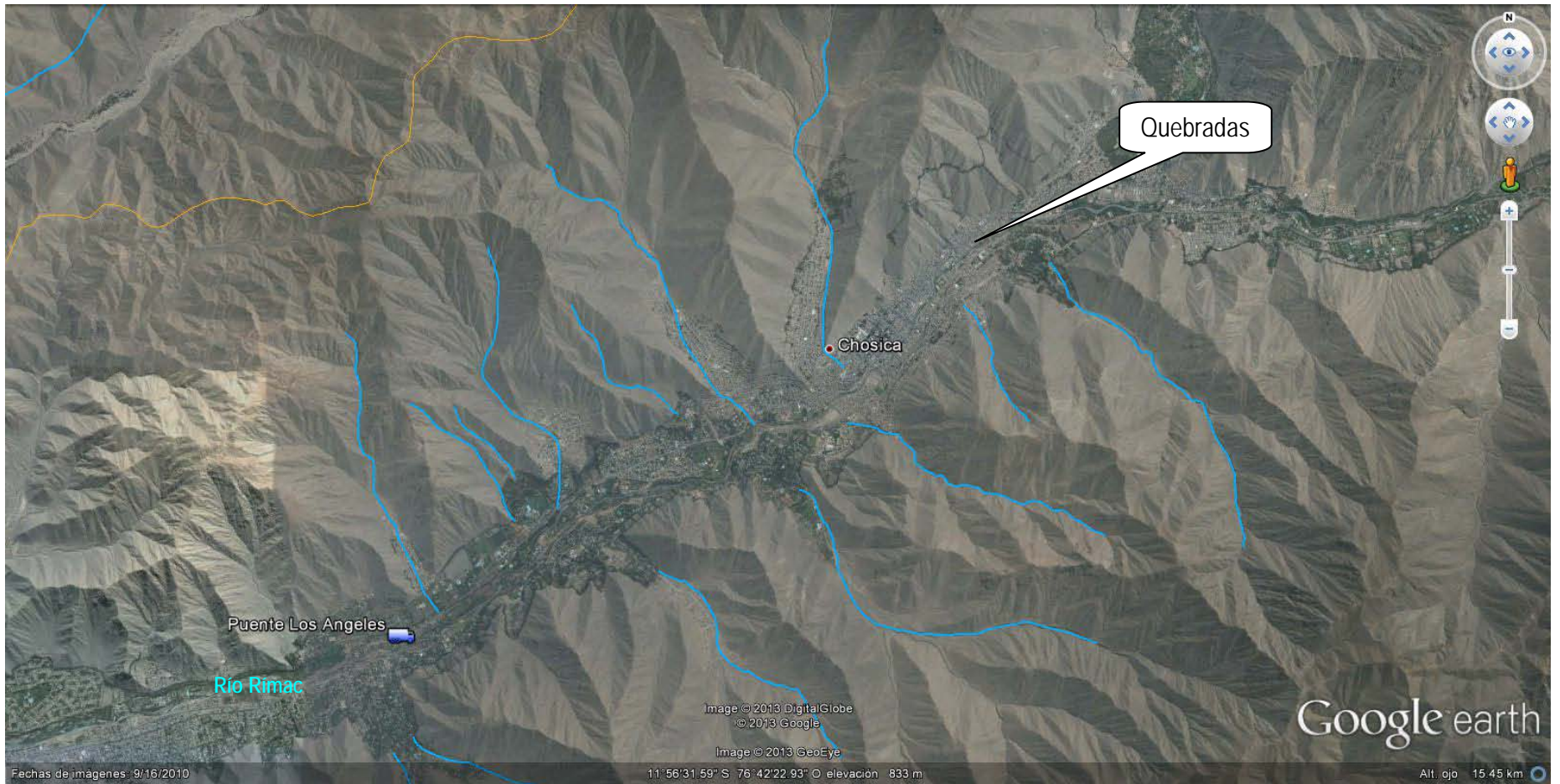


Figura 17. Quebradas secas que se activan en épocas de precipitaciones, zona urbana de Chosica

1. Sector: Cooperativa Pablo Patron

Ubicación: coordenadas UTM, WGS 84, 18S

X: 316321, Y: 878088

Efectos previsibles: daños en viviendas y puente peatonal, por erosión e inundación, en la margen izquierda.

Elementos expuestos: viviendas y puente peatonal.



Figura 18. Margen izquierda en riesgo de erosión e inundación

2. Sector: Pedregal

Ubicación: coordenadas UTM, WGS 84, 18S

X: 314812, Y: 8679218

Efectos previsibles: daños en viviendas por erosión. El talud de la margen izquierda es erosionable, las viviendas están construidas cerca al borde del río

Elementos expuestos: viviendas.



3. Sector: La Cantuta

Ubicación: coordenadas UTM, WGS 84, 18S

X: 313817, Y: 8678715

Efectos previsibles: daños en viviendas y puente peatonal por inundación y erosión. El suelo del talud de la margen izquierda es erosionable.

Elementos expuestos: viviendas y puente peatonal.



Figura 19. Margen izquierda del cauce es erosionable, suelo inestable

4. Sector: Puente California

Ubicación: coordenadas UTM, WGS 84, 18S

X: 311936, Y: 8677892

Efectos previsibles: daños en puente y cultivos en la margen izquierda. En la margen derecha hay riesgo por inundación y erosión de la Carretera Central.

Elementos expuestos: cultivos, puente peatonal y Carretera Central.



Figura 20. Riesgo por erosión margen derecha e inundación margen izquierda



Figura 21. Riesgo por erosión e inundación, ambas márgenes

5. Sector: Alto Huampani-Canada

Ubicación: coordenadas UTM, WGS 84, 18S

X: 310322, Y: 8676698

Efectos previsibles: daños en bocatoma y viviendas por acción de las inundaciones y erosiones.

Elementos expuestos: viviendas y bocatoma.



Figura 22. Riesgo por erosión e inundación de bocatoma y viviendas

6. Sector: Toma Monte Bajo

Ubicación: coordenadas UTM, WGS 84, 18S

X: 304207, Y: 8674948

Efectos previsibles: daños en bocatoma y viviendas por acción de las inundaciones y erosiones.

Elementos expuestos: viviendas y bocatoma.



Figura 23. Riesgo por inundación sector Monte Bajo

9.7 Distrito de Chaclacayo

1. Sector: Puente Los Ángeles

Ubicación: coordenadas UTM, WGS 84, 18S

X: 309923, Y: 8676403

Efectos previsibles: daños en la vía del tren, aguas arriba del puente Los Ángeles y margen izquierda, daños en viviendas y estribos del puente.

Elementos expuestos: viviendas, puente peatonal y ferrocarril.

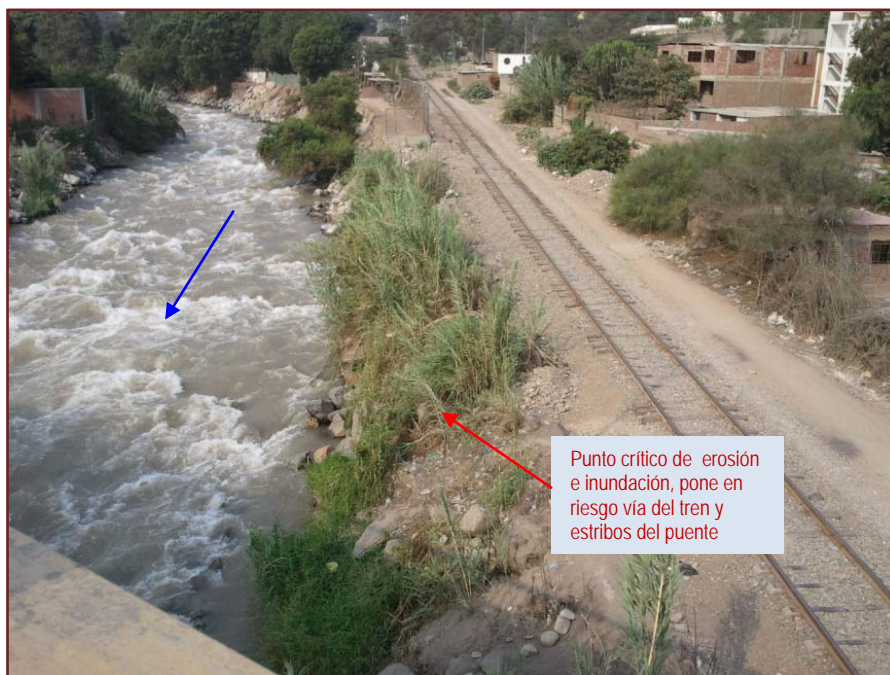


Figura 24. Riesgo de erosión e inundación de la vía del tren, aguas arriba del puente Los Ángeles



Figura 25. Riesgo de erosión e inundación de viviendas, aguas abajo del puente Los Ángeles

2. Sector: Puente Pérez de Cuellar

Ubicación: coordenadas UTM, WGS 84, 18S

X: 308020, Y: 8675964

Efectos previsibles: daños en viviendas, cultivos y puente peatonal, debido a inundaciones y erosiones.

Elementos expuestos: viviendas y puente peatonal.



Figura 26. Riesgo de erosión margen derecha, inundación margen izquierda



Figura 27. Se aprecia material colmatado en el cauce

3. Sector: Huampaní

Ubicación: coordenadas UTM, WGS 84, 18S

X: 306854, Y: 8675663

Efectos previsibles: daños en viviendas, socavación de puente peatonal y centro Recreacional Huampaní, producto de las inundaciones y erosiones.

Elementos expuestos: viviendas, puente peatonal y centro recreacional Huampaní.



Figura 28. Material colmatado en el cauce del río, sector Huampaní

4. Sector: Girasoles

Ubicación: coordenadas UTM, WGS 84, 18S

X: 305660, Y: 8675310

Efectos previsibles: daños en viviendas de la margen izquierda, socavación del puente Girasoles. Presencia de material colmatado aumenta el riesgo de las inundaciones y erosiones. El suelo del talud de la margen izquierda es erosionable.

Elementos expuestos: viviendas y puente.



Figura 29. Riesgo de erosión e inundación de viviendas y puente

5. Sector: Ñaña

Ubicación: coordenadas UTM, WGS 84, 18S

X: 301820, Y: 8674373

Efectos previsibles: daños en viviendas, socavación del puente Ñaña, producto de las inundaciones y erosiones. El suelo del talud de la margen derecha es erosionable.

Elementos expuestos: viviendas y puente.



Figura 30. Viviendas y puente Ñaña en riesgo por erosión e inundación

6. Sector: Bocatoma Estrella

Ubicación: coordenadas UTM, WGS 84, 18S

X: 303178, Y: 8674604

Efectos previsibles: daños en viviendas; presencia de relleno con material de desmonte en la margen izquierda.

Elementos expuestos: viviendas.



Figura 31. Riesgo de erosión en la margen izquierda

9.8 Distrito de Ate-Lurigancho-Callao

1. Sector: Carapongo

Ubicación: coordenadas UTM, WGS 84, 18S

X: 296986, Y: 8672020

Efectos previsibles: daños en viviendas, cultivos y socavación del puente peatonal Carapongo. En la margen izquierda hay presencia de relleno con material de construcción obstaculizando el flujo del agua. En la derecha existe riesgo de inundación, debido a los niveles topográficos.

Elementos expuestos: viviendas, puente peatonal y áreas cultivos.



Figura 32. Sector Carapongo, riesgo por erosión e inundación



Figura 33. Riesgo por inundación, margen derecha

2. Sector: Gloria Baja

Ubicación: coordenadas UTM, WGS 84, 18S

X: 294485, Y: 8671372

Efectos previsibles: Riesgo de erosión en la margen izquierda, ocasionando daños en viviendas, sector industrial y socavación en puente.

Elementos expuestos: viviendas, fábricas y puente



Figura 34. Riesgo por erosión, margen izquierda

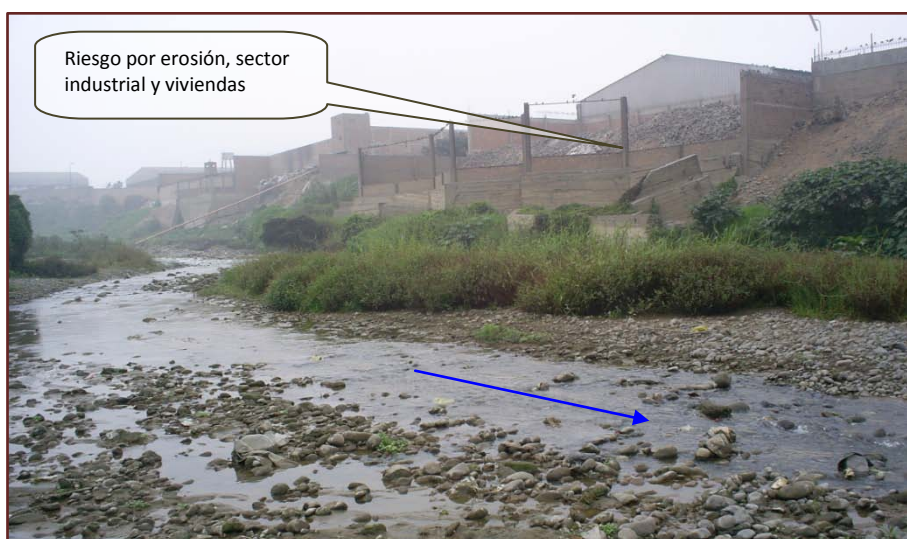


Figura 35. Riesgo por erosión en la margen izquierda

3. Sector: Puente Huachipa

Ubicación: coordenadas UTM, WGS 84, 18S

X: 293097, Y: 8671090

Efectos previsibles: daños en viviendas en ambas márgenes, daños en la vía Prialé de la margen derecha y socavación del puente Huachipa.

Elementos expuestos: viviendas, puente y vías.



Figura 36. Daños en ambas márgenes por erosión

4. Sector: Puente Huachipa-bocatoma La Atarjea

Ubicación: coordenadas UTM, WGS 84, 18S

X: 292081, Y: 8670593

X: 289283, Y: 8670234

Efectos previsibles: daños de inundación y erosión en cultivos, bocatoma Surco y autopista Ramiro Prialé.

Elementos expuestos: cultivos, autopista Ramiro Prialé.



Figura 37. Relleno con material de construcción obstaculizan el flujo del agua



Figura 38. Riesgo de erosión e inundación de la bocatoma Surco

5. Sector: Puente El Ejército

Ubicación: coordenadas UTM, WGS 84, 18S

X: 277531, Y: 8668330

Efectos previsibles: daños en viviendas e infraestructura de servicios, por erosión del río Rímac. El río presenta forma de acantilados en ambas márgenes, con taludes que presentan poca resistencia a la erosión

Elementos expuestos: viviendas, puente El Ejército y vías de acceso.



Figura 39. Viviendas en el borde del río Rímac



Figura 40. Viviendas en riesgo a erosión

6. Sector: Puente Dueñas

Ubicación: coordenadas UTM, WGS 84, 18S

X: 275083, Y: 8668739

Efectos previsibles: daños en viviendas e infraestructura de servicios, por erosión del río Rímac. En este tramo el río presenta la forma de acantilados en ambas márgenes, con taludes que presentan poca resistencia a la erosión.

Elementos expuestos: viviendas, puente Dueñas, vías de acceso.



Figura 41. En el sector Puente Dueñas, las viviendas están ubicadas en el borde del río Rímac



Figura 42. Viviendas en riesgo a erosión y colapso

7. Sector: Puente Universitaria

Ubicación: coordenadas UTM, WGS 84, 18S

X: 273098, Y: 8668504

Efectos previsibles: Las viviendas están ubicadas en el borde del río Rímac y se encuentran en riesgo por erosión del río. Aguas abajo del puente Universitaria, la Municipalidad de Carmen de la Legua del Callao ha construido ambientes deportivos estrangulando la caja hidráulica del río.

Elementos expuestos: viviendas, puente Universitaria e infraestructura de servicios.



Figura 43. Infraestructura de servicio estrangula el flujo del agua



Figura 44. Sector puente Universitaria, crítico a erosión e inundación



Figura 45. Aguas abajo del puente Universitaria

8. Sector: Puente Faucett

Ubicación: coordenadas UTM, WGS 84, 18S

X: 271058, Y: 8668075

Efectos previsible: daños en viviendas, por inundación y erosión. En el año 1994, el río Rímac se desbordó afectando a 1,500 personas en las urbanizaciones Nestor Gambeta, Dulanto y otros.

Elementos expuestos: viviendas

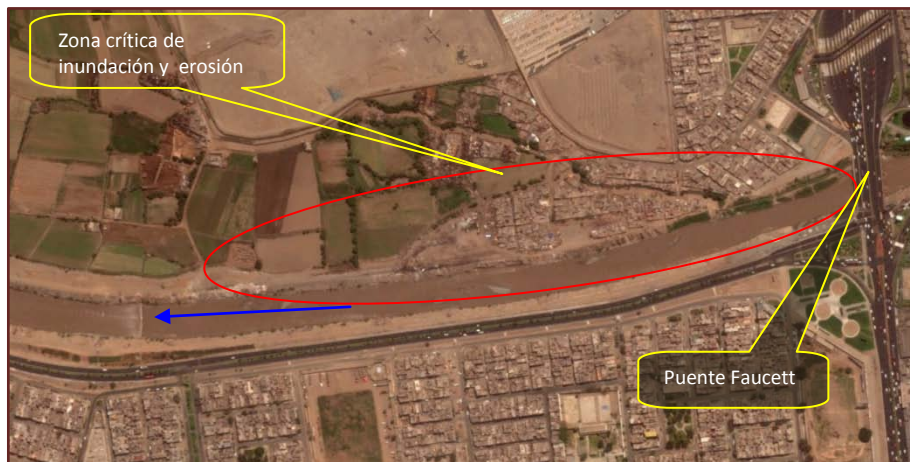


Figura 46. Sector puente Faucett, zona de riesgo a desborde y erosión



Figura 47. Diques de tierra sin revestimiento expuesto a la erosión

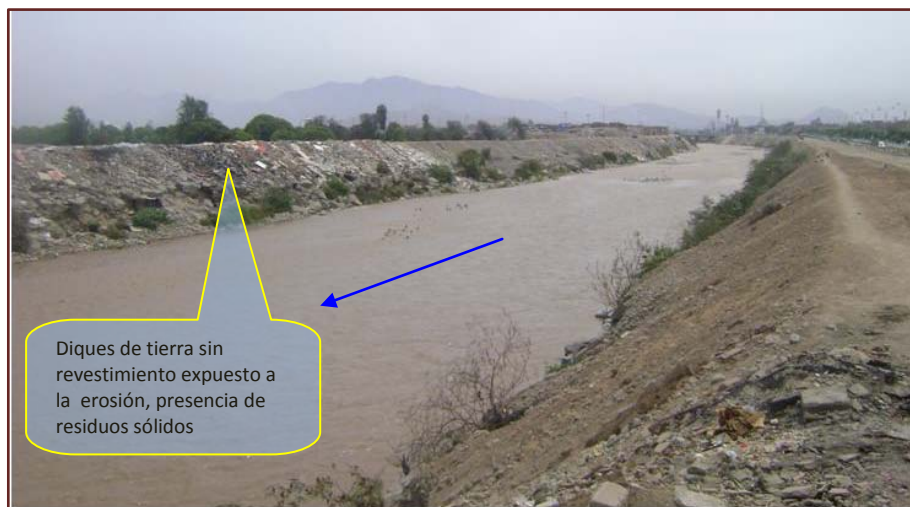


Figura 48. Diques de tierra sin revestimiento expuesto a la erosión

9. Sector: Base Naval

Ubicación: coordenadas UTM, WGS 84, 18S

X: 268854, Y: 8668268

Efectos previsibles: daños en viviendas, calles, avenidas y campos de cultivos, ocasionados por inundación y erosión.

En el año 1994, el río Rímac se desbordó afectando a 1,500 personas en las urbanizaciones Néstor Gambeta, Dulanto y otros

Elementos expuestos: viviendas, vías de comunicación y cultivos.

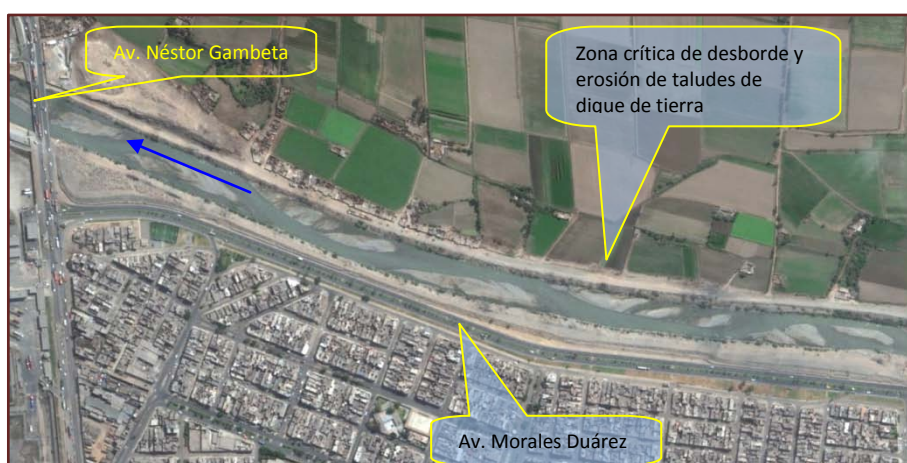


Figura 49. Punto crítico de inundación y erosión, zona Base Naval



Figura 50. Punto crítico de inundación y erosión, zona Base Naval

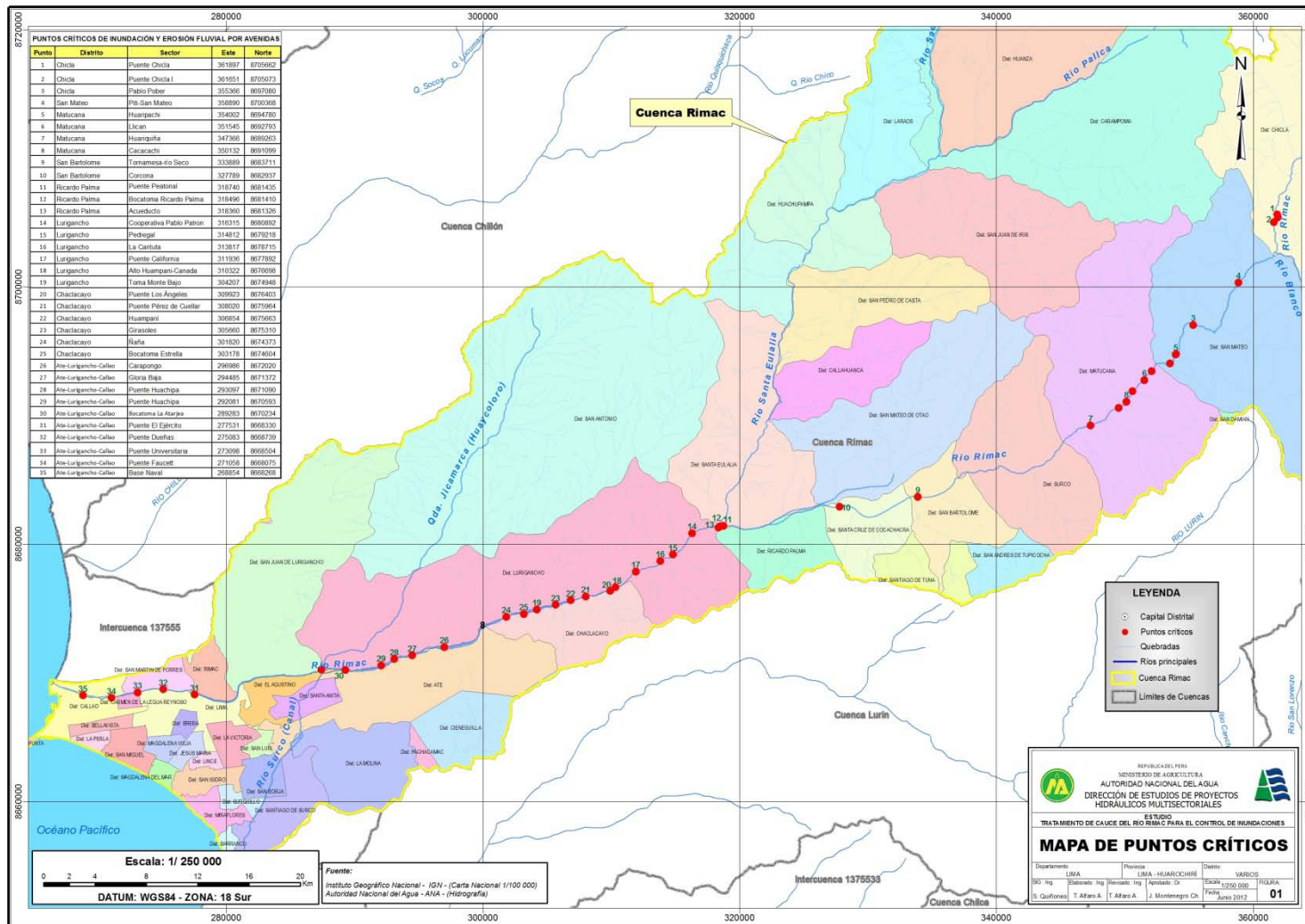
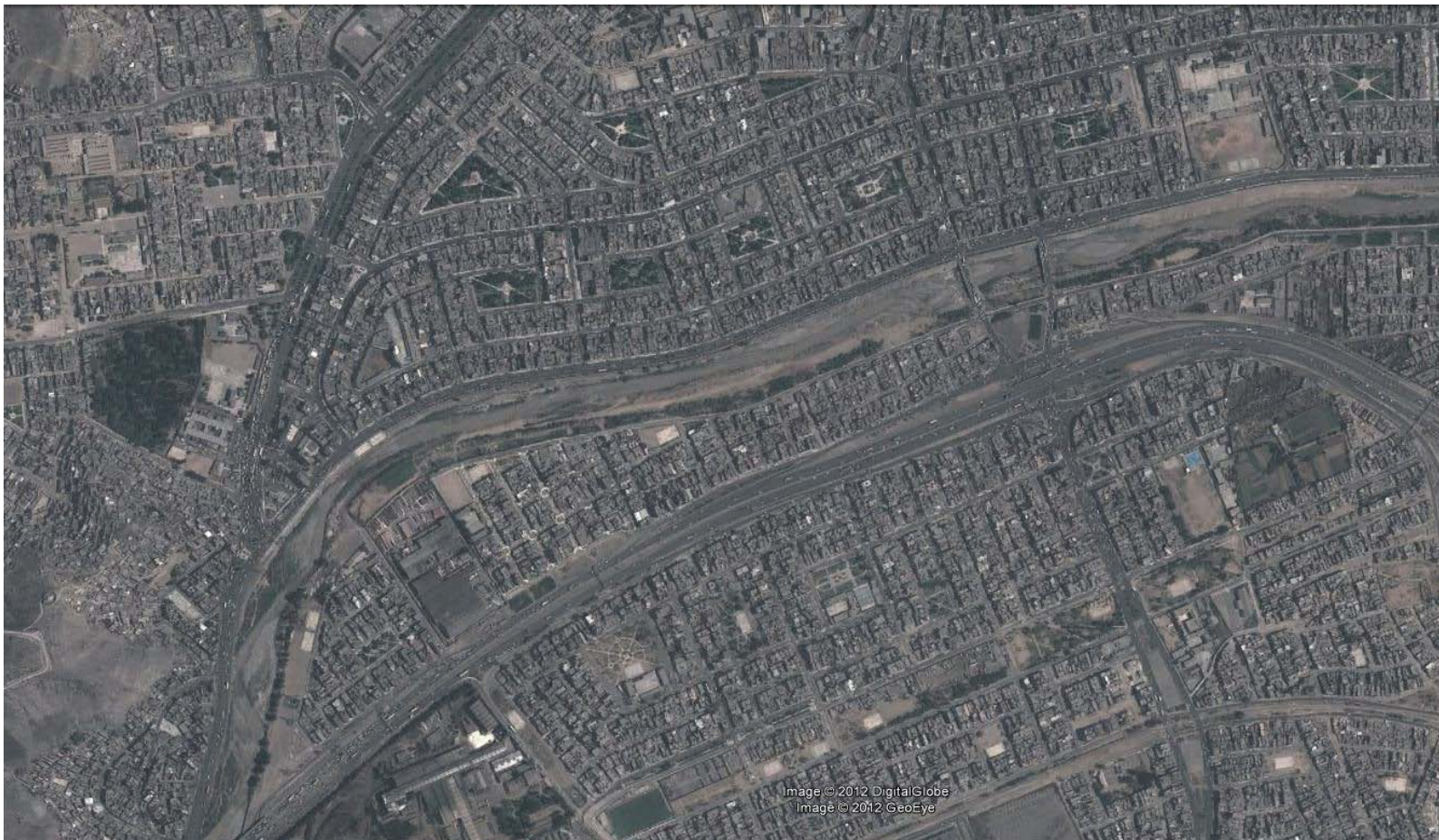


Figura 51. Ubicación de los puntos críticos a inundación y erosión

CAPITULO 10



PARAMETROS HIDRÁULICOS Y ACONDICIONAMIENTO DEL CAUCE EN REGIMEN ESTABLE

INDICE

PARAMETROS HIDRÁULICOS Y ACONDICIONAMIENTO DEL CAUCE EN REGIMEN ESTABLE	168
10.1 Morfología fluvial	168
10.2 Acondicionamiento del cauce.....	169
10.2.2 Pendiente del eje del cauce	173
10.2.3 Granulometría	174
10.2.4 Coeficiente de rugosidad.....	174
10.2.5 Cálculo del ancho estable	176
10.2.6 Tiempo de Concentración	180

PARAMETROS HIDRÁULICOS Y ACONDICIONAMIENTO DEL CAUCE EN REGIMEN ESTABLE

Los factores físicos principales que actúan como condicionantes en un cauce estable son el régimen hidrológico y la sinuosidad o geomorfología.

El caudal del río Rímac es variable durante el año y espacialmente. Una gran parte del año el caudal es pequeño o mediano, que discurre en una franja relativamente estrecha y otra parte del año el caudal es alto (enero, febrero y marzo), que ocupa franjas mayores para el transporte del flujo. Es importante que el cauce principal, dominado por el ancho estable, garantice el flujo de esta variación de caudales, sin generar erosiones o colmataciones de importancia.

La sinuosidad es otro factor importante en la estabilidad de un río. Un río en estado natural no es recto. Por lo tanto, un encauzamiento recto con curvaturas pequeñas (fondo móvil), no es capaz de conducir las aguas en línea recta sino que desarrolla inestabilidad lateral. Los ríos de gran sinuosidad tienen mayor longitud y menor pendiente; asimismo, las curvas generan resistencia al flujo; por lo tanto la capacidad de desagüe es menor, pudiendo originar desbordamiento mayores. Si las orillas no son resistentes, la acción sobre las curvas puede causar erosión en las márgenes.

10.1 Morfología fluvial

El río Rímac es un río Permanente o perenne. En la parte alta de la cuenca presenta un lecho rocoso y encajonado, mientras que en la parte baja se puede apreciar zonas aluviales con menores pendientes que pueden conformar las llanuras de inundación.

La pendiente de un río establece el aspecto más importante para definir el régimen hidráulico. De acuerdo a este parámetro el río Rímac se comporta como un río torrencial en la parte baja y media de la cuenca y torrente en la parte alta de la cuenca.

En el tramo del puente Girasoles y el puente Huachipa, el río presenta una morfología tipo trenzado, mientras que para el resto del río se comporta con una

morfología tipo recto. Si relacionamos la pendiente con el caudal mediante la relación $i \cdot Q^{0.44} > 0.0116$ (i = pendiente y Q = caudal), entonces el río se comporta del tipo trezado.

10.2 Acondicionamiento del cauce

Para tratar de dar las condiciones de régimen estable del río Rímac se ha considerado determinar algunos parámetros fundamentales como los que se describen.

10.2.1 Trazo del eje del río

Sobre la base de imágenes satelitales e información de la carta nacional, se ha trazado el eje del río, teniendo en cuenta los siguientes criterios:

CRITERIOS

- **Sinuosidad del río.** Se ha rectificadado con tramos compuesto por curvas grandes y ligeramente rectas, considerando que la pendiente de equilibrio va a permitir un equilibrio entre la sedimentación y la erosión. Teniendo en cuenta que no deben existir alineaciones rectas sino curvas (figura 1).

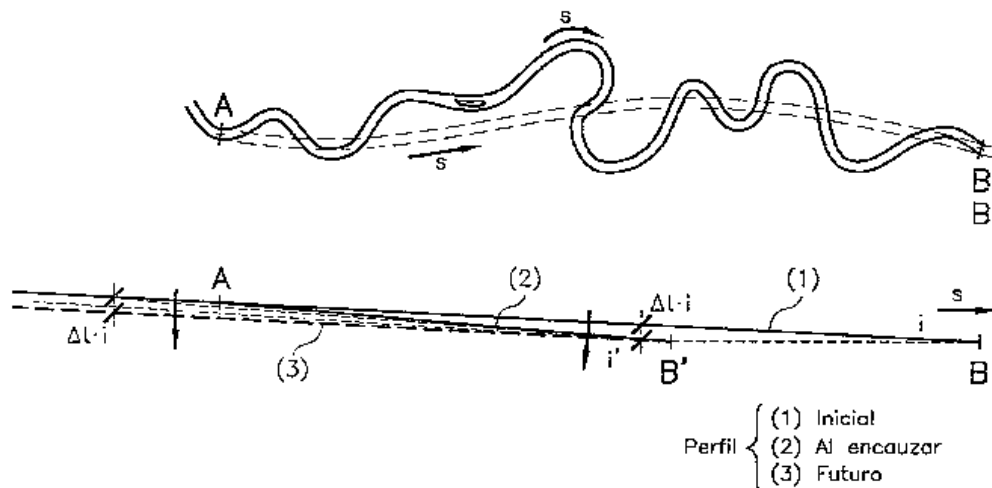


Figura 1. Trazo para reducir curvas

Fuente: Ingeniería de Ríos- Martín, J.

Dentro de la curvatura no es recomendable trazar arcos de círculos, ya que la curvatura es constante y cambiaría bruscamente de signo en el punto de tangencia (figura 2).

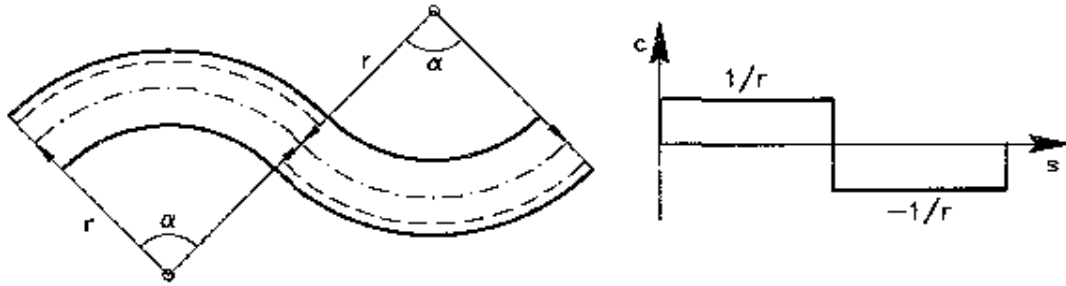


Figura 2. Alineaciones circulares alternadas

- **Estructuras viales de cruce e hidráulicas.** Los puentes y bocatomas de alguna forma definen el ancho de un río en ese tramo (figura 3).



Figura 3. Existencia de estructuras hidráulicas

Fuente: Google Earth

- **Predios agrícolas.** Se ha tenido en cuenta la propiedad privada, para no generar conflictos con los propietarios.

- **Estrangulaciones naturales.** Existen tramos del río con presencia de zonas rocosas que definen de manera natural el ancho del río, el cual no puede ser modificado.



Figura 4. Estrangulaciones naturales y predios agrícolas

Fuente: Google Earth

- **Existencia de obras de defensa ribereña.** Las obras construidas en los cauces de los ríos pueden estar bien o mal ubicadas con respecto a la alineación de los bordes de las márgenes y ancho estable.



Figura 5. Defensas ribereñas mal ubicadas en el cauce

Fuente: Autoridad Nacional del Agua

- **Aspectos legales.** Se hace referencia a la Ley de Recursos Hídricos y a la Directiva sobre delimitación de Fajas Marginales.

De acuerdo a los criterios descritos se propone un eje de longitud 135,000 m. Desde la progresiva 0+000, que inicia en el litoral marino con las siguientes coordenadas: Este (X) 266312, Norte (Y) 8669139. Hasta la progresiva 135+000 (fin del tramo), que tiene las siguientes coordenadas: Este (X) 368282, Norte (Y) 8716189 (figura 6).

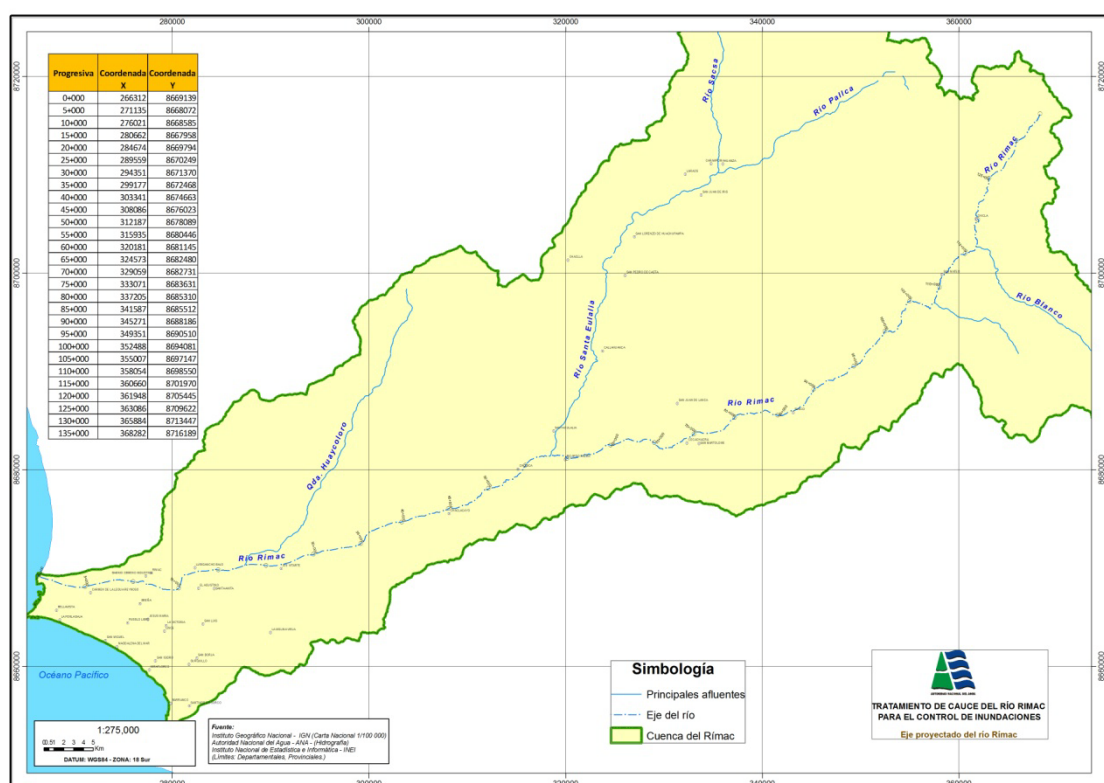


Figura 6. Eje y coordenadas del río Rímac

Fuente: Elaboración propia, con información del IGN e INEI.

En el cuadro 1, se indican las coordenadas de las progresivas del eje del río, desde el litoral marino hasta el kilómetro 135, ubicado en la naciente de la cuenca.

Las coordenadas están expresadas en coordenadas UTM, datum WGS 84 y zona 18 Sur.

Cuadro 1. Coordenadas de las progresivas

Progresiva	Coordenada X	Coordenada Y			
			60+000	320181	8681145
			65+000	324573	8682480
			70+000	329059	8682731
			75+000	333071	8683631
0+000	266312	8669139	80+000	337205	8685310
5+000	271135	8668072	85+000	341587	8685512
10+000	276021	8668585	90+000	345271	8688186
15+000	280662	8667958	95+000	349351	8690510
20+000	284674	8669794	100+000	352488	8694081
25+000	289559	8670249	105+000	355007	8697147
30+000	294351	8671370	110+000	358054	8698550
35+000	299177	8672468	115+000	360660	8701970
40+000	303341	8674663	120+000	361948	8705445
45+000	308086	8676023	125+000	363086	8709622
50+000	312187	8678089	130+000	365884	8713447
55+000	315935	8680446	135+000	368282	8716189

Fuente: Elaboración propia.

10.2.2 Pendiente del eje del cauce

La pendiente promedio del eje del río Rímac es 6.8%. La pendiente del río aumenta a medida que sube la cota de la cuenca. La pendiente mínimo promedio es 0.8%, ubicado en los 5 primeros kilómetros del río. La pendiente promedio hasta el distrito de Chaclacayo es 1.9%. En el tramo ubicado hasta el distrito Ricardo Palma la pendiente promedio es 3.8%. En el tramo hasta Matucana es 7.5%. Las mayores pendientes se ubican en el tramo que va hasta el distrito de Chicla con 18.4%; luego disminuye hasta las nacientes con un promedio de 9.1%.

En el cuadro 5, se indica las pendientes de equilibrio promedio por tramos cada 5 kilómetros.

10.2.3 Granulometría

La granulometría se realizó con fines de cimentación de las obras estructurales, mediante excavaciones exploratorias hasta los 2 metros de profundidad. Los resultados se presentan en 4 sectores tal como se muestran en el cuadro 2.

Cuadro 2. Granulometría del cauce del río

Progresiva (Km)	Referencia	Clasificación SUCS		Clasificación AASHTO		D ₅₀ (Pulg)	D ₅₀ (mm)
0 - 20	Callao-Atarjea	GP:	Gravas mal graduadas, mezclas grava-arena, pocos finos o sin finos.	A-1-a(0)	Fragmentos de roca, grava y arena	3/8"	9.50
20 - 55	Atarjea-Chosica	GW	Gravas, bien graduadas, mezclas grava-arena, pocos finos o sin finos.	A-1-a(0)	Fragmentos de roca, grava y arena	3/4" - 1/2"	15.90
20 - 95	Chosica-Matucana	GP-GM	Gravas mal graduadas, mezclas grava-arena, pocos finos o sin finos. Gravos limosas, mezclas grava-arena-limo.			Nº 4	6.00
95 - 120	Matucana-Chicla	GP-GM	Gravas mal graduadas, mezclas grava-arena, pocos finos o sin finos. Gravos limosas, mezclas grava-arena-limo.			3/8 - Nº 4	8.00

Fuente: resultados de laboratorios

10.2.4 Coeficiente de rugosidad

La elección del coeficiente de rugosidad ("n" de Manning), se realizó mediante la observación en campo de las características del cauce principal y de los márgenes derecha e izquierda, así como la comparación con estudios anteriores y tablas (Cuadro 3).

Cuadro 3. Valores de Manning

Tipo de canal y descripción	Minimo	Normal	Máximo
A. Cauces naturales			
1. Canales principales			
a. Limpio, recto, lleno, sin fisuras, fondo profundo	0.025	0.03	0.033
b. Igual al anterior, pero con algo de piedras y hierba	0.03	0.035	0.04
c. Limpio, sinuoso, poco profundo y bancos	0.033	0.04	0.045
d. Igual al anterior, pero con algo de hierba y piedras	0.035	0.045	0.05
e. Igual al anterior, niveles inferiores, más pendientes y secciones menos efectivas	0.04	0.048	0.055
f. Como el "d" pero mas piedras	0.045	0.05	0.06
g. Tramo lento, hierbas, fondo profundo	0.05	0.07	0.08
h. Tramo con mayor maleza, fondo profundo, o recorrido de crecidas con soporte de madera y arbustos bajos	0.07	0.1	0.15
2. Llanura de inundación			
a. Pastura sin arbustos			
1. Pasto corto	0.025	0.03	0.035
2. Pasto alto	0.03	0.035	0.05
b. Áreas cultivadas			
1. Sin cultivo	0.02	0.03	0.04
2. Cultivo maduro alineado	0.025	0.035	0.045
3. Campo de cultivo maduro	0.03	0.04	0.05
c. Arbustos			
1. Arbustos escasos, mucha maleza,	0.035	0.05	0.07
2. Pequeños arbustos y árboles, en invierno	0.035	0.05	0.06
3. Pequeños arbustos y árboles, en verano	0.04	0.06	0.08
4. Arbustos mediano a denso, en invierno	0.045	0.07	0.11
5. Arbustos mediano a denso, en verano	0.07	0.1	0.16
d. Árboles			
1. Terreno despejado con tocones de árboles, sin brotes	0.03	0.04	0.05
2. igual que el anterior, pero con muchos brotes	0.05	0.06	0.08
3. Soporte de madera, algunos árboles caídos, pequeño crecimiento inferior, flujo por debajo de las ramas	0.08	0.1	0.12
4. Igual al anterior, pero con flujo por encima de las ramas	0.1	0.12	0.16
5. Sauces densos, en verano, rectos	0.11	0.15	0.2
3. Cauces de montañas, sin vegetación en el canal, márgenes usualmente empinados, con árboles y arbustos sobre márgenes sumergidos			
a. Fondo: grava, guijarros, y algo de cantos radodos	0.03	0.04	0.05
b. Fondo: guijarros con mucho canto rodado	0.04	0.05	0.07

Fuente: Ven T. Chow

Los valores de “n” varían según las características de los tramos del río.
 En el cuadro 4, se muestra los valores del coeficiente de Manning (“n”) del cauce y llanura del río Rímac.

Cuadro 4. Valores de Manning del río Rímac

Progresiva (Km)	Referencia	Coeficiente rugosidad (n)		
		Margen derecha	Cauce	Margen izquierda
0 - 7	Callao	0.050	0.03-0.035	0.050
7 - 20	Callao-Atarjea	0.050	0.035-0.04	0.050
20 - 55	Atarjea-Chosica	0.045	0.04-0.05	0.045
20 - 95	Chosica-Matucana	0.045	0.04-0.05	0.045
95 - 120	Matucana-Chicla	0.04	0.035-0.045	0.04

10.2.5 Cálculo del ancho estable

El ancho estable, se calculó tomando en consideración 5 criterios o métodos: (1) Recomendación Práctica, (2) Método de Petits, (3) Método de Simons y Henderson, (4) Método de Blench y Altunin y (5) Método de Manning y Strickler. Todos estos métodos son empíricos y bajo la teoría del régimen estable.

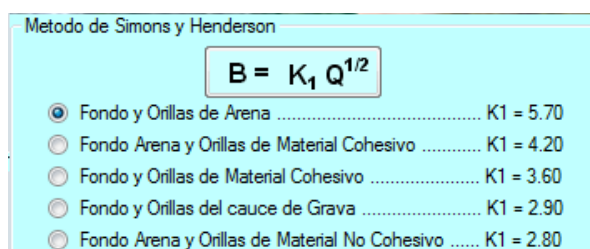
a. **Recomendación Práctica.** Este método está en función directa del caudal.

RECOMENDACIÓN PRACTICA	
Q (M ³ /S)	ANCHO ESTABLE (B2)
3000	200
2400	190
1500	120
1000	100
500	70

b. **Método de Petits.** La expresión empleada es la siguiente

$$B = 4.44 * Q^{0.5}$$

c. **Método de Simons y Henderson.** está basado en la teoría de régimen estable y está en función del caudal de diseño y de las condiciones de fondo del río.



d. **Método de Blench y Altunin.** está basado en la teoría de régimen estable y en función del caudal de diseño, factor de fondo (F_b) y en el factor de orilla (F_s). Los factores F_b y F_s , tienen en cuenta la concentración del material transportado en suspensión, el diámetro de las partículas de fondo y la resistencia de las orillas a ser erosionada.

Un factor de orilla (F_s) puede tomar los siguientes valores:

- ✓ Orilla de barro y arena toma el valor de F_s : 0.1.
- ✓ Orilla de barro, arcilla, fangosa toma un valor de F_s : 0.2.
- ✓ Orilla de material muy cohesivo, toma un valor de F_s : 0.3.

El factor de fondo F_b , puede ser valuado mediante las expresiones siguientes:

- ✓ Sí el canal arrastra poco sedimento y el fondo es arenoso, emplear la siguiente expresión: $F_b = 1.9\sqrt{D}$, donde "D" es el diámetro medio de las partículas, en mm.
- ✓ Sí existe arrastre de sedimentos y el fondo es arenoso, emplear la siguiente expresión:

$$F_b = 1.9\sqrt{D}(1 + 0.012Cs) \text{ o } F_b = (d_{50})^{\frac{1}{3}}$$

$$B = 1.81(Q F_b/F_s)^{1/2}$$

<p>Factor de Fondo (F_b)</p> <p><input type="radio"/> 0.80 - Mat. Finos (D_m<0.50 mm)</p> <p><input checked="" type="radio"/> 1.20 - Mat. Gruesos (D_m>0.50 mm)</p>	<p>Factor de Orilla (F_s)</p> <p><input checked="" type="radio"/> 0.10 - Mat. Suelos</p> <p><input type="radio"/> 0.20 - Mat. ligeramente Cohesivos</p> <p><input type="radio"/> 0.30 - Mat. Cohesivos</p>
---	--

e. Método de Manning Strickler. Este método incluye a la rugosidad (n), tipo de material (k) y de cauce (m).

Para el caso del coeficiente de rugosidad (n) los valores recomendados varían de 0.035 a 0.05, según el tipo de material presente. La variación de los valores para K, va a depender del tipo de material, si es aluvial, erosionable o muy resistente y un valor práctico de 10.

En el caso del coeficiente “m”, los valores varían de 0.5 a 1, según el tipo de cauce: aluvial, arenoso o de montaña.

Metodo de Manning y Strickler

$$B = (Q^{1/2}/S^{1/5}) (n K^{5/3})^{3/(3+5m)}$$

<p>Coficiente - Tipo de Material (K)</p> <p><input checked="" type="radio"/> 10 - Valor Practico</p> <p><input type="radio"/> 12 - Mat. Aluvial</p> <p><input type="radio"/> 16 - Mat. Facilmente erosionable</p> <p><input type="radio"/> 03 - Mat. muy resistente</p>	<p>Coficiente Cauce (m)</p> <p><input checked="" type="radio"/> 0.50 - Rios de Cauces Aluviales</p> <p><input type="radio"/> 0.70 - Rios de Cauces Arenosos</p> <p><input type="radio"/> 1.00 - Rios de Cauce de Montaña</p>
---	--

En el cuadro 5, se indican las características del cauce y los parámetros hidráulicos del río Rímac.

Cuadro 5. Características hidráulicas del río Rímac

Progresiva	Pendiente (%)	Pendiente promedio por tramos (m/m)	Ancho natural (m)	Ancho estable (m)	Caudal max. instantáneo (m ³ /s)	Tirante estable (m)	Velocidad (m/s)	Lugar de referencia																																																																																																						
0+000		0.008	142.50	60-100	425.2	1.9-1.8	3.0-3.7	Callao																																																																																																						
5+000	0.8		55.00						10+000	1.5	0.019	20.50	50-95	425.2	1.6-1.2	4.5-3.8	San Martín, Ate, Chaclacayo, Lurigancho	15+000	1.9	56.00	20+000	1.7	29.00	25+000	2.0	197.00	30+000	1.9	151.50	35+000	1.8	178.00	40+000	2.1	85.00	45+000	2.0	42.00	50+000	2.9	0.038	32.00	30-50	286.9	1.4-1.1	5.1-4.4	Lurigancho, Ricardo Palma, Cocachacra	55+000	3.3	30.00	60+000	4.3	13.00	65+000	4.7	29.50	70+000	6.2	0.075	15.00	25-40	209.3	1.1-0.8	5.6-5.0	San Bartolomé, Matucana	75+000	7.6	15.00	80+000	7.0	18.00	85+000	9.1	21.00	90+000	7.1	25.00	95+000	8.7	32.00	100+000	7.1	25.50	105+000	23.0	0.184	26.50	25-30	203-166.8	1.0-0.6	6.7-8.6	San Mateo-Chicla	110+000	18.3	18.00	115+000	17.2	10.50	120+000	15.2	5.00	125+000	10.0	0.091	4.00	20-30	106	0.9-0.7	5.0-6.0	Chicla-Naciente
10+000	1.5	0.019	20.50	50-95	425.2	1.6-1.2	4.5-3.8	San Martín, Ate, Chaclacayo, Lurigancho																																																																																																						
15+000	1.9		56.00																																																																																																											
20+000	1.7		29.00																																																																																																											
25+000	2.0		197.00																																																																																																											
30+000	1.9		151.50																																																																																																											
35+000	1.8		178.00																																																																																																											
40+000	2.1		85.00																																																																																																											
45+000	2.0		42.00																																																																																																											
50+000	2.9		0.038						32.00	30-50		286.9						1.4-1.1	5.1-4.4	Lurigancho, Ricardo Palma, Cocachacra																																																																																										
55+000	3.3								30.00																																																																																																					
60+000	4.3	13.00																																																																																																												
65+000	4.7	29.50																																																																																																												
70+000	6.2	0.075	15.00	25-40	209.3	1.1-0.8	5.6-5.0	San Bartolomé, Matucana																																																																																																						
75+000	7.6		15.00																																																																																																											
80+000	7.0		18.00																																																																																																											
85+000	9.1		21.00																																																																																																											
90+000	7.1		25.00																																																																																																											
95+000	8.7		32.00																																																																																																											
100+000	7.1		25.50																																																																																																											
105+000	23.0	0.184	26.50	25-30	203-166.8	1.0-0.6	6.7-8.6	San Mateo-Chicla																																																																																																						
110+000	18.3		18.00																																																																																																											
115+000	17.2		10.50																																																																																																											
120+000	15.2		5.00																																																																																																											
125+000	10.0	0.091	4.00	20-30	106	0.9-0.7	5.0-6.0	Chicla-Naciente																																																																																																						
130+000	8.3		4.50																																																																																																											
135+000	9.1		6.00																																																																																																											

Según el cuadro 5, el ancho natural es variado a lo largo del curso del río. Hay tramos donde el ancho natural es mayor o menor al ancho estable del río.

Las velocidades aumentan a medida que aumenta la altitud, llegando a su máximo valor en el tramo Matucana-Chicla. Los valores mínimos están en los 5 primeros kilómetros del cauce.

10.2.6 Tiempo de Concentración

Si consideramos la estación Hidrológica de Chosica operado por SENAMHI, el tiempo que se demoraría una avenida, desde este punto hasta los lugares de interés se muestra en el cuadro 6.

Cuadro 6. Tiempo de Concentración

Estación hidrológica	Lugar de interés	Distancia (Km)	Cotas (m)	Tiempo de concentración (h)	Promedio (h)
Chosica	Puente Jirasoles	13	230	1.7-2.5	2.1
	Puente Huachipa	26.5	470	3.3-4.4	3.8
	Parque La Muralla	41.5	700	4.6-6.2	5.5
	Puente El Ejército	43.5	720	4.8-6.5	5.7
	Puente Faucett	50	800	5.3-7.1	6.4

CAPITULO 11



Gestión de Riesgo Propuesta de Medidas Estratégicas

INDICE

INDICE	182
PROPUESTA DE MEDIDAS ESTRATÉGICAS	183
11.1 Comportamiento hidráulico del río Rímac: sustento teórico.....	183
11.2 Propuesta de medidas estratégicas	187
A. Medidas estructurales.....	187
B. Medidas no estructurales.	191
C. Propuesta en zonas Vulnerables de inundación y erosión fluvial	191
D. Propuesta en zonas Vulnerables por influencia de quebradas	214
E. Propuesta de delimitación de la faja marginal	220

PROPUESTA DE MEDIDAS ESTRATÉGICAS

El riesgo es la medida de la probabilidad y severidad de un efecto adverso para la salud humana, propiedad o en el medio ambiente. Generalmente se define como las posibles consecuencias desfavorables económicas, sociales y ambientales que puedan presentarse a raíz de la ocurrencia de un evento dañino en un contexto de debilidad social y física ante el mismo.

La Gestión del Riesgo de Desastre (GRD) es el conjunto de decisiones administrativas, de organización y conocimientos operacionales desarrollados por sociedades y comunidades para implementar políticas y estrategias, y para fortalecer sus capacidades, con el fin de reducir el impacto de amenazas naturales y de desastres ambientales y tecnológicos. Esto involucra todo tipo de actividades, incluyendo medidas estructurales (por ejemplo, construcción de defensas ribereñas para evitar el desbordamiento de un río) y no-estructurales (por ejemplo, la reglamentación de los terrenos) para evitar o limitar los efectos adversos de los desastres (ITDG, 2009).

11.1 Comportamiento hidráulico del río Rímac: sustento teórico

El análisis hidráulico permite determinar los niveles de aguas máximas, llanura de inundación, velocidades y otros parámetros hidráulicos, para avenidas extremas con diferentes períodos de retorno; de manera se visualice el comportamiento del flujo de acuerdo a las características morfológicas del cauce.

Flujo gradualmente variado

Se puede simplificar el flujo del agua en un cauce natural como unidimensional, es decir, la profundidad y velocidad sólo varían en la dirección longitudinal del canal, cuyo eje se supone aproximadamente una línea recta, la velocidad es constante en cualquier punto de una sección transversal

Si mantenemos la hipótesis metodológica de un flujo permanente, es decir que el caudal no varía con el tiempo, pero con una variación paulatina de la velocidad en el espacio, y por tanto del tirante, al no modificarse el caudal, el régimen recibe el nombre de gradualmente variado, y en él se produce una distribución

hidrostática de las presiones. Los perfiles pueden analizarse considerando régimen supercrítico y subcrítico.

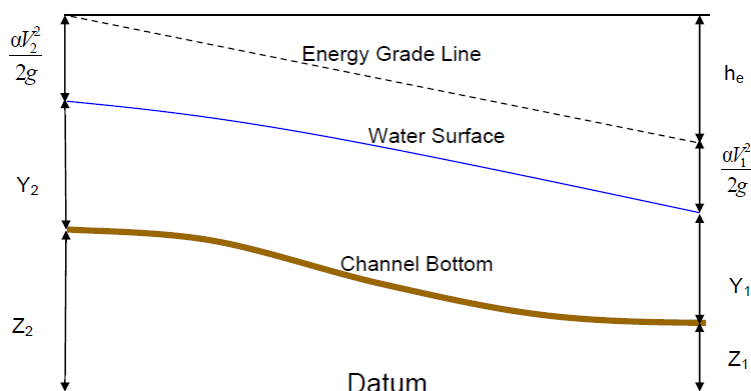
Los cálculos están orientados a flujo unidimensional, para flujo estacionario gradualmente variado y para régimen mixto (subcrítico y supercrítico). Desarrollado con la ecuación de la energía, por un proceso iterativo: standart step method. Que resuelve la ecuación dinámica del flujo gradualmente variado igualando la energía en dos secciones consecutivas mediante un procedimiento cíclico de aproximaciones sucesivas. Para ellos se empleó el modelo computacional HEC-RAS (River Analysis System; USACE),

$$Z_2 + Y_2 + \frac{\alpha_2 V_2^2}{2g} = Z_1 + Y_1 + \frac{\alpha_1 V_1^2}{2g} + h_e$$

Donde,

- Z_1 y Z_2 = elevación del cauce en la sección
- Y_1 y Y_2 = elevación del agua en la sección
- V_1 y V_2 = velocidades promedio
- α_1 y α_2 = coeficiente de velocidad
- g = aceleración de la gravedad
- h_e = pérdida de energía

A continuación se muestra un diagrama de los términos de la ecuación.



Fuente: HEC RAS

La pérdida *he* se compone de pérdidas por fricción y pérdidas por contracción o expansión.

Condiciones de frontera

Una condición de frontera aguas arriba es aplicada como un hidrograma del flujo de descarga en función del tiempo.

Cuatro tipos de condiciones de frontera para aguas abajo, se indica:

Stage Hydrograph. Nivel de agua en función del tiempo, si la corriente fluye en un entorno como el remanso de un estuario o bahía en la que se rige la elevación de la superficie del agua por las fluctuaciones de la marea, o donde desemboca en un lago o reservorios.

Flow Hydrograph. Puede utilizarse si los datos registrados está disponible y el modelo está calibrado a un evento de inundación específico

Single Valued Rating Curve. Es función monótona de la etapa y el flujo. Puede emplearse para describir con precisión la etapa de flujo como cascadas, estructuras hidráulicas de control, aliviaderos, presas.

Normal Depth. Se introduce la pendiente de fricción, considerada como la profundidad normal, si existen las condiciones de flujo uniforme. Dado que las condiciones de flujo uniforme no existen normalmente en las corrientes naturales, esta condición de frontera debe ser utilizada aguas abajo del área de estudio.

Información requerida para la simulación

- Coeficientes de rugosidad
- Caudales
- Pendiente del cauce
- Topografía

- ✓ Curvas de nivel cada metro de desnivel.
- ✓ La faja topográfica del cauce y llanura de inundación. La cobertura de la llanura de inundación garantiza que los resultados de la simulación queden dentro de esta faja.
- ✓ La faja topográfica abarca campos de cultivos, vías de comunicación, obras hidráulicas y centros poblados.



Figura 1. Topografía del río Rímac

➤ Modelo Digital de Terreno (MDT)

Es la representación digital de la superficie terrestre; conjunto de capas (generalmente ráster) que representan distintas características de la superficie terrestre derivadas de una capa de elevaciones a la que se denomina Modelo Digital de Elevaciones (DEM). A partir de las curvas de nivel se elaboró una Red Irregular de Triángulos (TIN), en los que se conoce la elevación y posición.

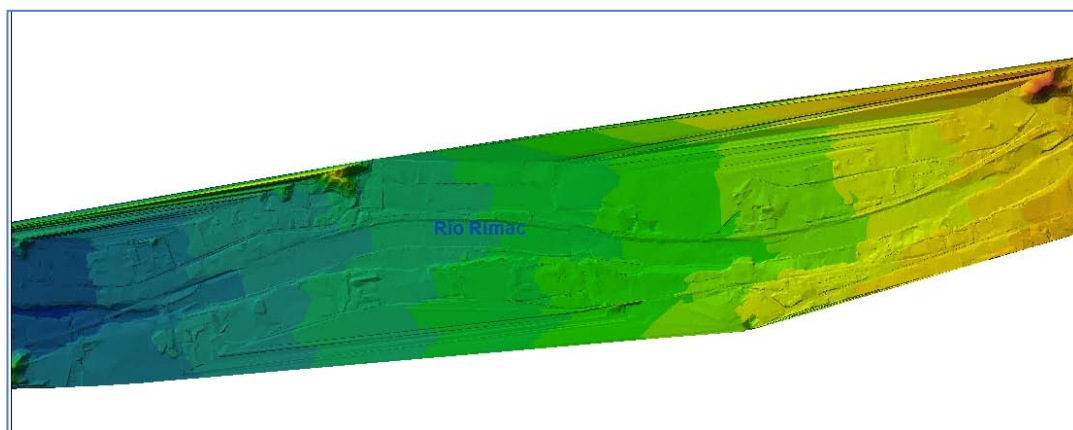


Figura 2. Modelo Digital de Elevaciones - TIN

- Ancho estable teórico del cauce (B)
- Determinación del eje del río
- Identificación de defensas ribereñas existentes

11.2 Propuesta de medidas estratégicas

Dentro de las estrategias de intervención para prevenir y reducir el riesgo por inundación y erosión, tenemos las medidas estructurales y no estructurales.

A. Medidas estructurales

Son obras de defensa ribereñas como diques, espigones, encauzamiento, reforestación, entre otros.

Dentro de las medidas estructurales para evitar los desbordes y erosión se propone principalmente diques revestido de roca u otro material adecuado a cada lugar de intervención; el cuerpo del dique puede ser material del lugar o material de préstamo.

Cuando se refiera a diques, debe tenerse en cuenta, sí la velocidad del agua es mayor a la velocidad que puede soportar el suelo sin ser erosionado, se recomienda emplear filtro de geotextil o filtro de grava; así como, la plantación de gramíneas (carrizos) entre los poros dejados por el enrocado, el cual fortalecerá, la protección contra el lavado del material del cuerpo del dique.

En la figura 3, se esquematiza un modelo del dique y en el cuadro 1, se indica las principales dimensiones de las estructuras que deben considerarse cuando se formula un perfil de defensas ribereñas.

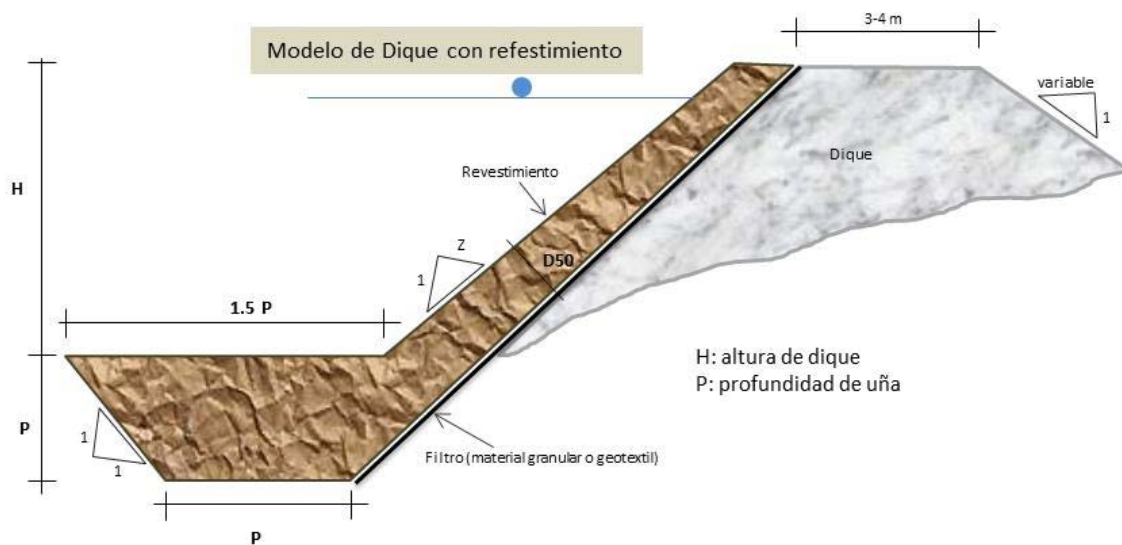


Figura 3. Modelo de dique

También se propone muros de contención de concreto para el caso donde el ancho del río se reducido

En la figura 4, se esquematiza el muro de contención y sus dimensiones principales, para que se considere en los sectores que han sido propuestos como medidas de protección.

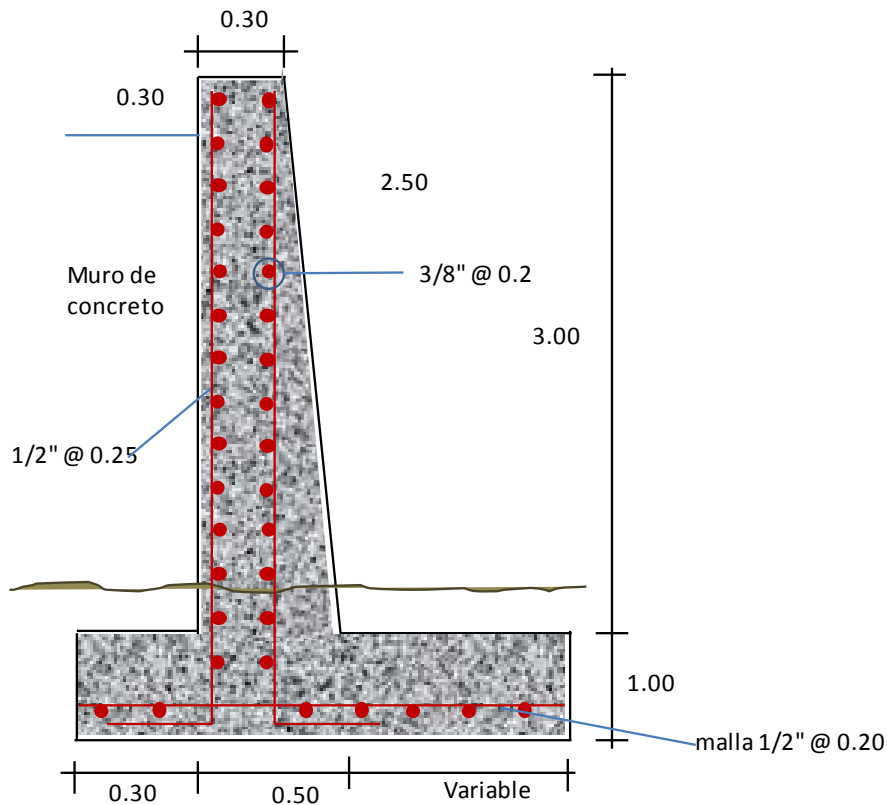


Figura 4. Modelo de muro de contención

La limpieza y descolmatación del cauce toma como referencia el ancho estable y la pendiente indicada. Para estas actividades se recomienda emplear los siguientes tipos de maquinaria pesada: Bulldozer con una potencia promedio de 250 HP, excavadora de potencia 190 HP, volquete de 12 m³ o más, cargador frontal de 170 HP.

En la figura 5, se representa un esquema indicando algunas características en las actividades de descolmatación.

En la descolmatación se debe tener en cuenta la pendiente de equilibrio indicado en el capítulo 10, el ancho estable y la altura de corte que puede variar entre 0.5 a 1.5 metros.

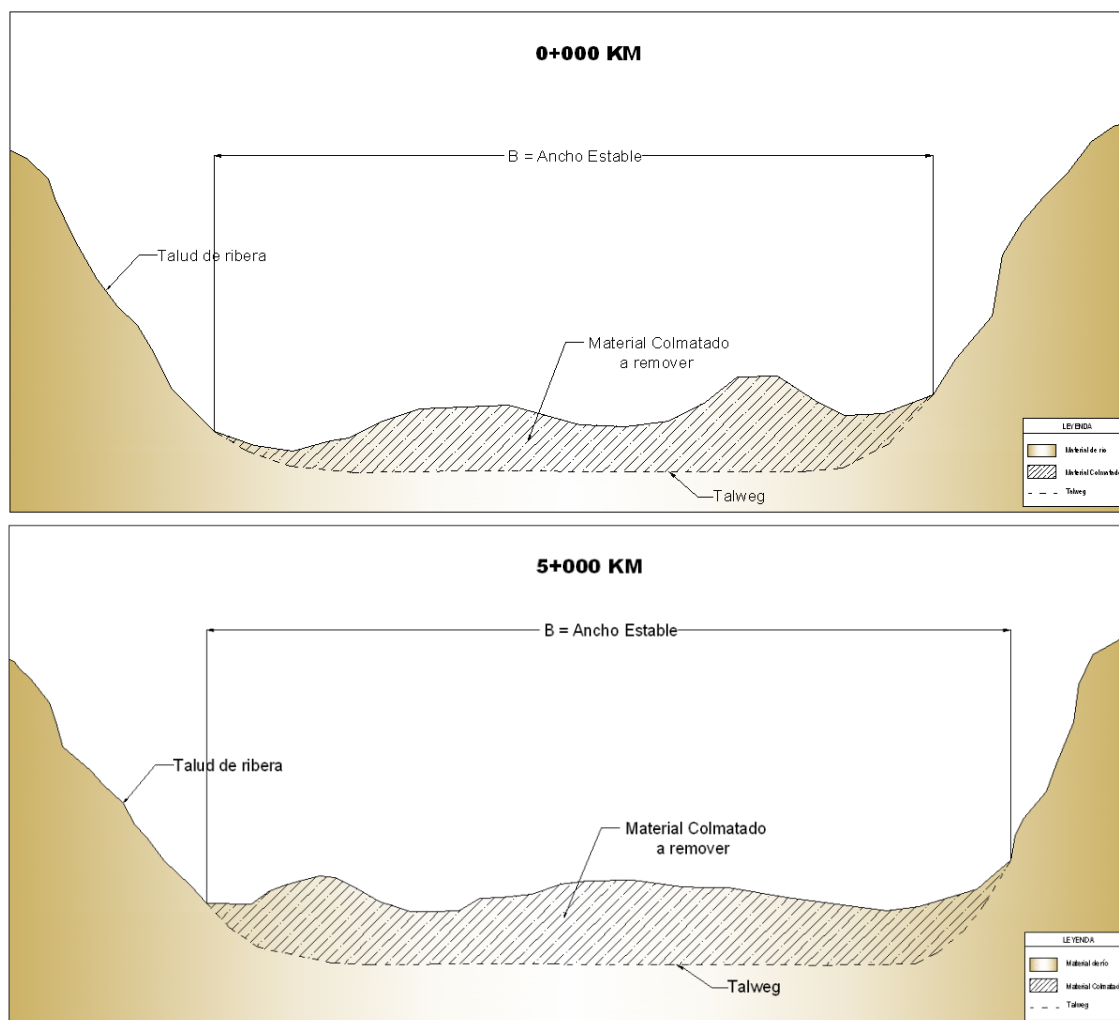


Figura 5. Esquema del material a descolmatar

Las actividades de forestación y reforestación deben realizarse en la parte alta y media de la cuenca; así como, en las áreas de recuperación, ubicado en la faja marginal.

B. Medidas no estructurales.

- ✓ Resoluciones Administrativas, emitidas por la Autoridad Nacional del Agua; donde se indiquen los parámetros más importantes del río como ancho estable del río, caudales máximos de diseño y pendiente, que deben ser tomados en cuenta en los proyectos a ejecutar.

- ✓ Programa de capacitación y sensibilización, sobre Alerta Temprana, Gestión de Riesgos ante inundaciones, simulacros, etc. Este programa debe ser promovido por el Gobierno Regional, Gobierno Local, Sectores y entidades privadas.

- ✓ Ordenamiento territorial de la faja marginal, liderado por las municipalidades, respetando la normatividad sobre delimitación de fajas marginales.

C. Propuesta en zonas Vulnerables de inundación y erosión fluvial

Los proyectos que involucren el cauce del río Rímac y bienes asociados, deberán tomar como referencia las dimensiones del dique revestido que se muestra en el cuadro 3, y están identificados por progresiva cada 5 kilómetros.

En este cuadro se indica la altura y ancho del dique, profundidad y ancho de uña y el talud de la cara seca y húmeda del dique.

Cuadro 1. Dimensiones del dique, según ubicación

Progresiva	Pendiente (%)	Lugar de referencia	Modelo de dique con recubrimiento				
			H: Altura de dique (m)	Ancho de dique (m)	P: profundidad de uña (m)	1.5P: ancho de uña (m)	Z
0+000		Callao	3.5	4.0	2.0	3.0	1.75
5+000	0.8						
10+000	1.5	San Martín, Ate, Chaclacayo, Lurigancho	3.5	4.0	2.0	3.0	1.5
15+000	1.9						
20+000	1.7						
25+000	2						
30+000	1.9						
35+000	1.8						
40+000	2.1						
45+000	2						
50+000	2.9	Ricardo Palma, Cocachacra	3.0	4.0	2.8	4.2	1.5
55+000	3.3						
60+000	4.3						
65+000	4.7						
70+000	6.2	San Bartolomé, Matucana	3.0	3.0	3.0	4.5	1.0
75+000	7.6						
80+000	7						
85+000	9.1						
90+000	7.1						
95+000	8.7						
100+000	7.1	San Mateo-Chicla	3.0	3.0	3.0	4.5	1.0
105+000	23						
110+000	18.3						
115+000	17.2						
120+000	15.2						
125+000	10	Chicla-Naciente	3.0	3.0	3.0	4.5	1.0
130+000	8.3						
135+000	9.1						

Las medidas estratégicas de prevención contra las inundaciones y erosión se han estudiado por progresiva cada 5 kilómetros, denominado sectores.

c.1 Sector Puente Gambeta: 0-5 Km

Comprendido entre el litoral marino hasta el kilómetro 5; en este tramo el cauce se encuentra definido, por lo que se recomienda lo siguiente en orden de importancia:

1. Limpieza y descolmatación, considerando un ancho mínimo estable de 70 metros, aproximadamente un volumen de 70 mil metros cúbicos de material acumulado.
2. Protección del dique existente, dentro de los materiales a revestir puede considerarse rocas.
3. Reforestación de las fajas marginales.

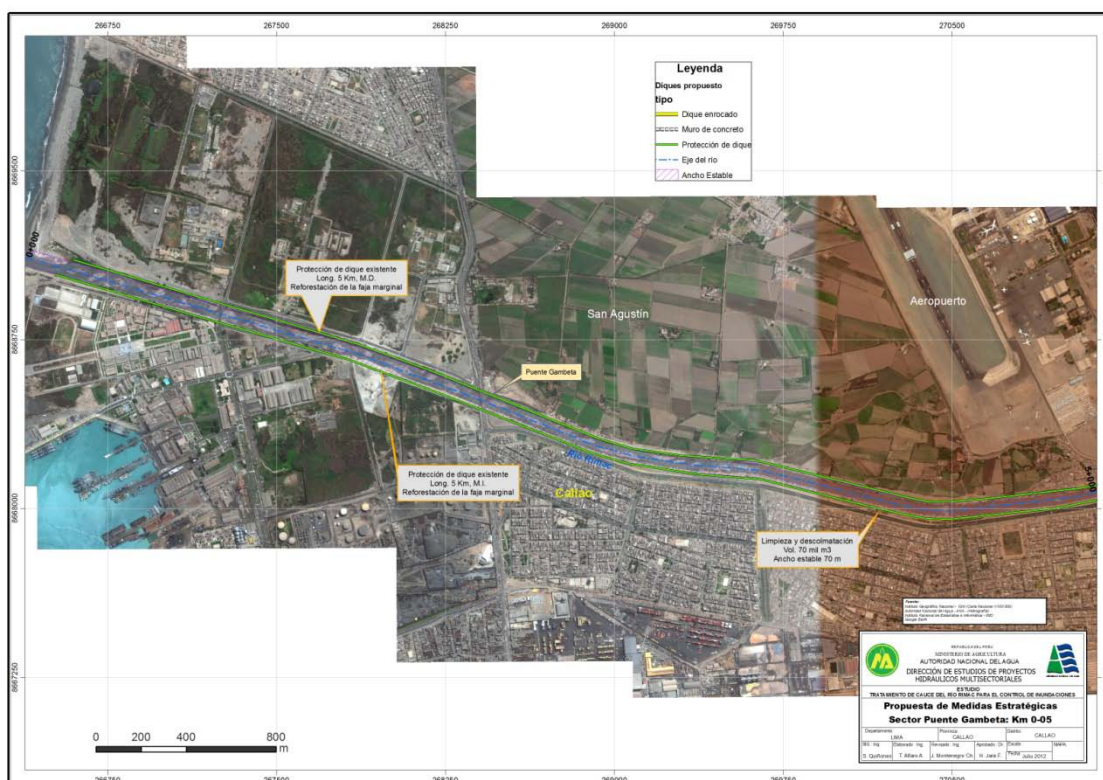


Figura 6. Propuesta de medidas de prevención, sector Puente Gambeta

c.2 Sector Puente Dueñas: 5-10 Km

Entre el puente Faucett y el puente Dueñas, se caracteriza por tener un tramo del cauce definido de 1.9 Km, estrangulamiento antrópico (relleno para ganar terreno al cauce, con fines de viviendas y otras construcciones) y natural

(acantilados con viviendas en el borde del cauce). Se propone las siguientes medidas de prevención:

1. Reubicación de las viviendas que se encuentran ubicados en el borde del cauce o zonas de alto riesgo. El área necesaria a desocupar debe considerar la faja marginal y obras anexas como el Proyecto Vía Parque Rímac. Esta acción debe ser asumido por los gobiernos locales (Municipalidad Metropolitana de Lima y distritales), en coordinación con Defensa Civil y otras instituciones de interés.
2. Protección de los estribos del puente Dueñas a ambos márgenes.
3. Protección de dique existente en una longitud de 1.9 Km. El material a revestir puede ser roca u otro acorde al aspecto ambiental.
4. Estabilización de los taludes para reducir el riesgo por efectos de la erosión de taludes.
5. Reforestación de las fajas marginales.

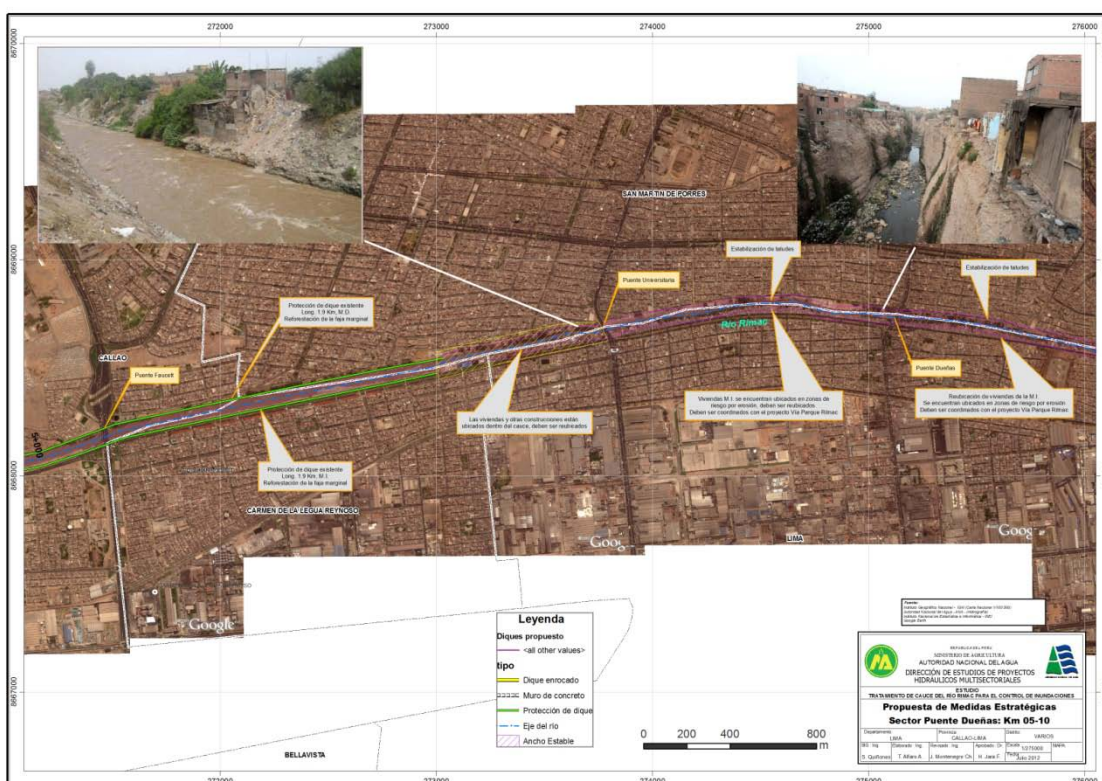


Figura 7. Propuesta de medidas de prevención, sector Puente Dueñas

c.3 Sector Puente El Ejército: 10-15 Km

Entre el distrito de San Martín y el puente Huánuco, se caracteriza por existir viviendas en el borde del cauce y vivir en permanente peligro de deslizamientos y erosión de los taludes. Este tramo se encuentra en ejecución el Proyecto Vía Parque Rímac; por lo tanto, se propone la siguiente medida:

1. Reubicación de las viviendas que se encuentran ubicados en el borde del cauce o zonas de alto riesgo. El área necesaria a desocupar debe considerar la faja marginal y obras anexas como el Proyecto Vía Parque Rímac. Esta acción debe ser asumido por los gobiernos locales (Municipalidad Metropolitana de Lima y distritales), en coordinación con Defensa Civil y otras instituciones de interés.
2. Protección de los estribos del puente El Ejército a ambos márgenes
3. Estabilización de los taludes para reducir el riesgo por efectos de la erosión de taludes.

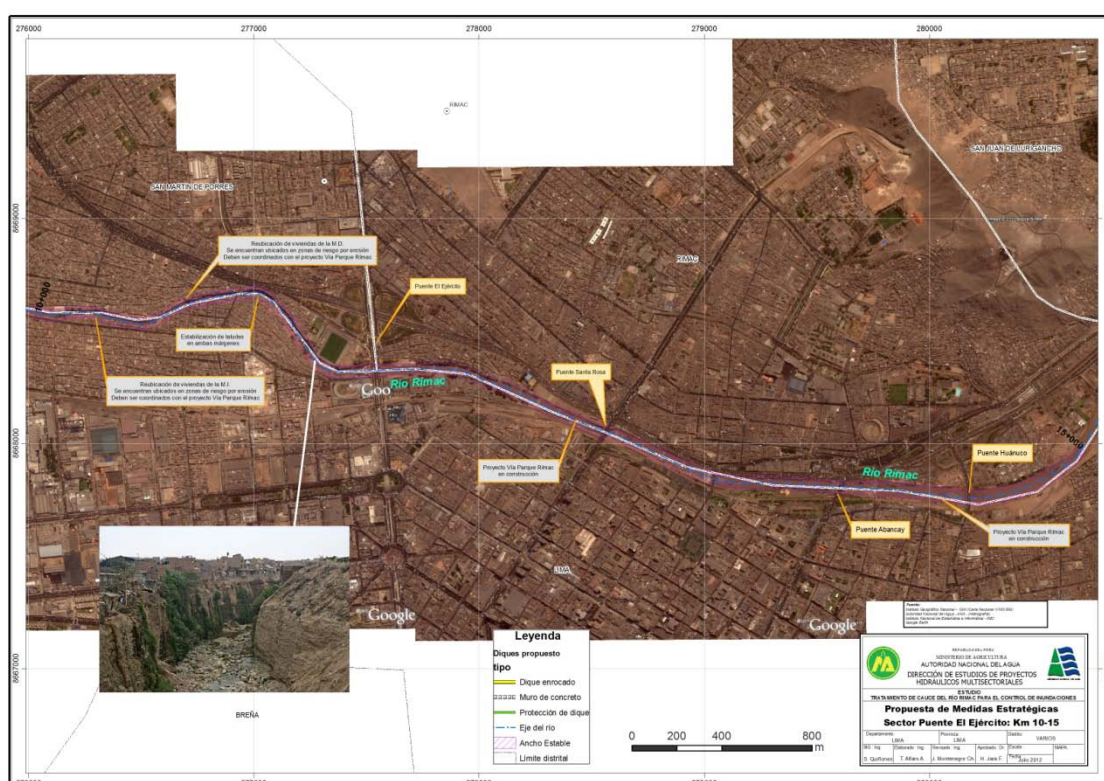


Figura 8. Propuesta de medidas de prevención, sector Puente El Ejército

c.4 Sector Puente Huáscar: 15-20 Km

Entre a la largo de la Vía de Evitamiento. Entre el Puente Huáscar y la Av. Próceres de la Independencia (aproximadamente 700 metros), se encuentra el proyecto en ejecución del Tren Eléctrico que incluye obras de protección como diques y muros de contención.

En este sector, el cauce presenta una buena configuración, con tramos que requiere descolmatación y limpieza. Se propone las siguientes medidas:

1. Limpieza y descolmatación, considerando un ancho mínimo estable de 60 metros. El material a remover es aproximadamente 50 mil metros cúbicos.
2. Estabilización de los taludes para reducir el riesgo por efectos de la erosión de taludes. Esta acción puede realizarse con vegetación que tengan la propiedad de fijar el suelo.
3. Protección de dique existente en una longitud de 1.8 Km. El material a revestir puede ser roca u otro acorde al aspecto ambiental.
4. Reforestación de las fajas marginales en ambas márgenes.

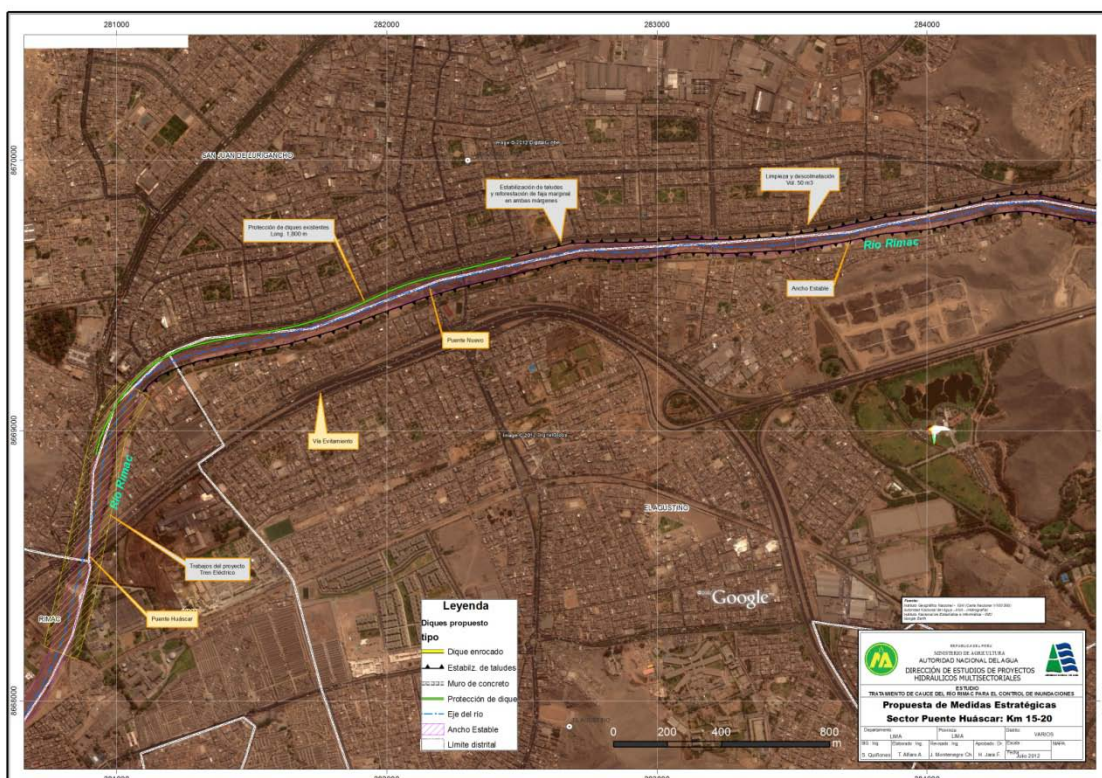


Figura 9. Propuesta de medidas de prevención, sector Puente Huáscar

c.5 Sector La Atarjea: 20-25 Km

Se ubica a lo largo de la autopista Ramiro Prialé; una estructura de referencia es la bocatoma La Atarjea administrado por SEDAPAL¹.

Se caracteriza por presentar un cauce definido, de 180 metros de ancho a partir de la bocatoma La Atarjea. Tomando estas consideraciones se propone las siguientes medidas:

1. Limpieza y descolmatación, en un ancho promedio estable de 180 metros. El material a remover es aproximadamente 110 mil metros cúbicos.
2. Estabilización de los taludes para reducir el riesgo por efectos de la erosión de taludes. Esta acción puede realizarse con vegetación que tengan la propiedad de fijar el suelo. Esta acción se ubica antes de la bocatoma La Atarjea.
3. Protección de dique existente de 3.5 Km en la margen izquierda. El material a revestir puede ser roca u otro acorde al aspecto ambiental.



Figura 10. Propuesta de medidas de prevención, sector bocatoma La Atarjea

¹ SEDAPAL: Servicio de Agua Potable y Alcantarillado

c.6 Sector Puente Huachipa: 25-30 Km

Se ubica a lo largo de la autopista Ramiro Prialé; una estructura de referencia es el puente Huachipa. Se caracteriza por presentar un tramo de cauce definido de 180 metros. Existe un tramo de estrechamiento cerca al puente Huachipa, producto del relleno de cauce con fines de actividad agrícola. Considerando estas características se propone las siguientes medidas:

1. Limpieza y descolmatación, en un ancho promedio estable de 180 metros. El material a remover es aproximadamente 110 mil metros cúbicos.
2. Dique enrocado de 480 metros en la margen izquierda.
3. Corrección de cauce hasta alcanzar el ancho estable indicado. Quiere decir que se debe recuperar al ancho del río para evitar daños de la infraestructura debido a los desbordes y erosión de taludes.
4. Protección de dique existente de 2.3 Km en la margen izquierda. El material a revestir puede ser roca u otro acorde al aspecto ambiental.

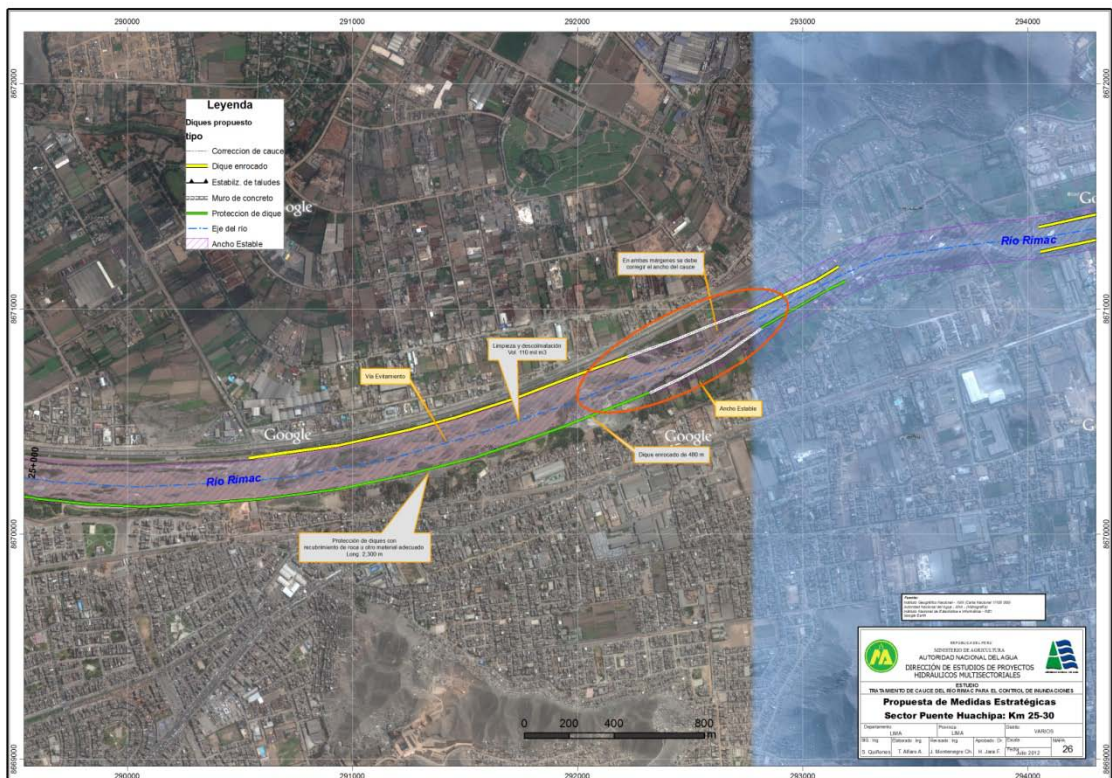


Figura 11. Propuesta de medidas de prevención, sector Puente Huachipa

c.7 Sector Carapongo: 30-35 Km

Sector del río Rímac que alcanza un ancho natural mayor a 100 metros. Se caracteriza por presentar gran cantidad de material colmatado. Se propone las siguientes medidas de protección:

1. Limpieza y descolmatación, en un ancho promedio estable de 100 metros. El material a remover es aproximadamente 250 mil metros cúbicos.
2. Dique enrocado de 5 Km a ambas márgenes del río.
3. Reforestación de las fajas marginales en ambas márgenes.

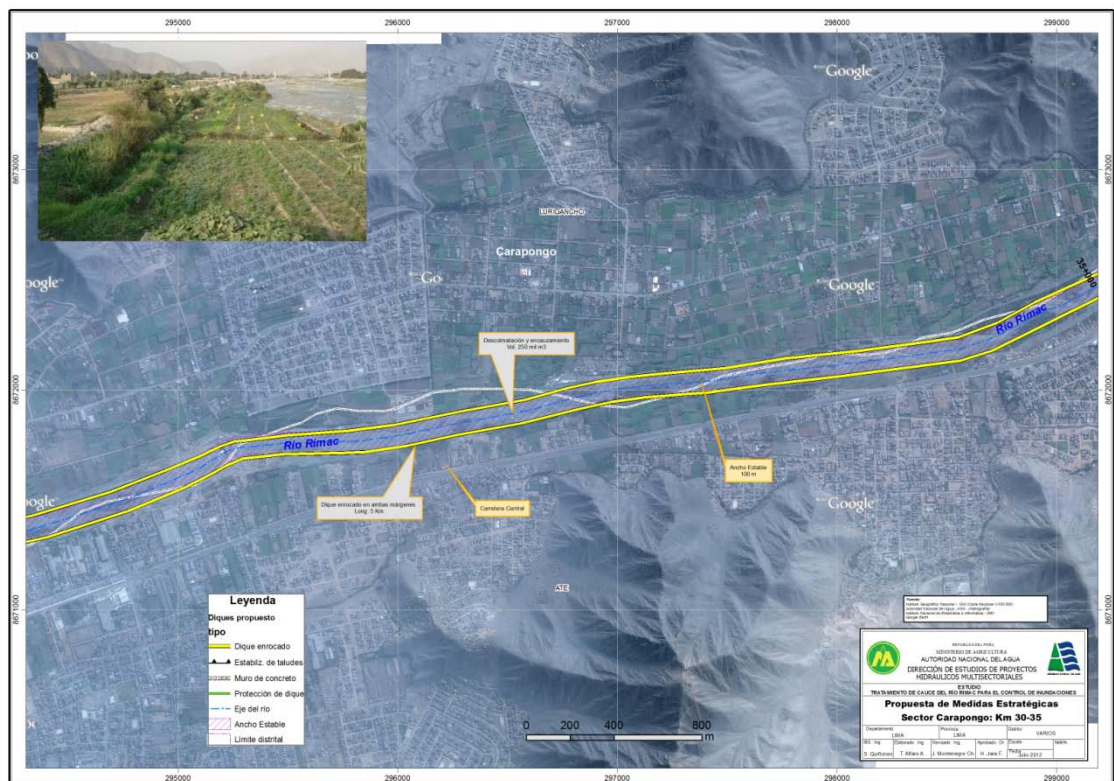


Figura 12. Propuesta de medidas de prevención, sector Carapongo

c.8 Sector Ñaña: 35-40 Km

Continuación del sector Carapongo, el río Rímac alcanza un ancho natural promedio a 100 metros. Se caracteriza por presentar gran cantidad de material de arrastre colmatado. Se propone las siguientes medidas de protección:

1. Reubicación de las viviendas ubicadas cerca al puente Ñaña, se encuentran ubicadas al borde del río Rímac, generando un alto riesgo para las familias.
2. Descolmatación de aproximadamente 300 mil metros cúbicos de material de arrastre, hasta los límites del ancho estable de 100 metros.
3. Corrección del cauce hasta alcanzar un ancho estable de 100 metros de ancho.
4. Estabilización de talud para reducir el riesgo por erosión de taludes. Esta acción puede realizarse con vegetación u otro que tengan la capacidad de mejorar la estructura del suelo.
5. Protección de dique de tierra existente en ambas márgenes. El material a revestir puede ser roca, gaviones u otro material adecuado a la zona.
6. Dique enrocado de 450 m en la margen izquierda del río.



Figura 13. Propuesta de medidas de prevención, sector Ñaña

c.9 Sector Girasoles: 40-45 Km

Tramo del cauce del río Rímac, que empieza con un ancho estable de 90 metros y disminuya a 60 metros por condiciones topográficas principalmente, sin embargo, existen algunas viviendas asentadas al margen del cauce. Las medias propuestas son:

1. Reubicación de las viviendas ubicadas cerca al puente Ñaña, éstas se encuentran ubicadas al borde del río Rímac, generando un alto riesgo de sufrir daños las familias asentadas.
2. Descolmatación de 180 mil metros cúbicos de material de arrastre, hasta los límites del ancho estable que varía de 90 a 60 metros (figura 14).
3. Protección de dique de tierra existente en ambas márgenes. El material a revestir puede ser roca, gaviones u otro material adecuado a la zona.
4. Estabilización de talud para reducir el riesgo por erosión de los márgenes. Esta acción puede realizarse con vegetación u otro que tengan la capacidad de mejorar la estructura del suelo.

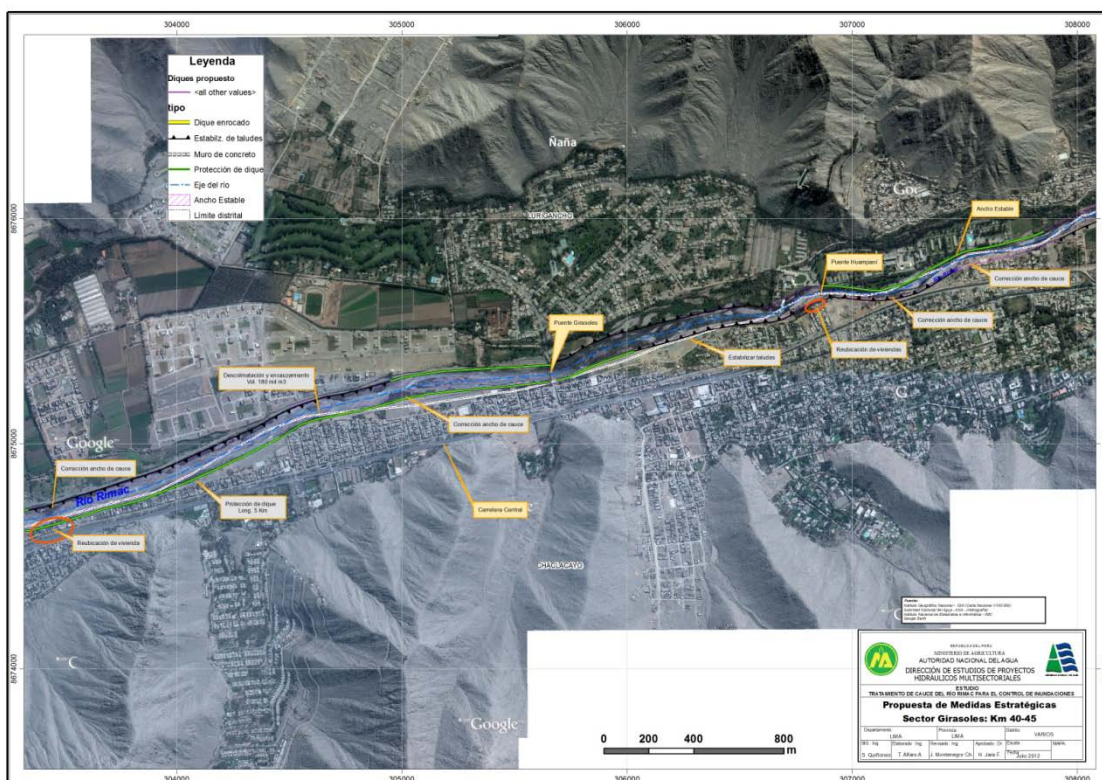


Figura 14. Propuesta de medidas de prevención, sector Girasoles

c.10 Sector Puente Los Ángeles: 45-50 Km

Este sector es un tramo intermedio entre la cuenca baja y la cuenca media; la pendiente es más pronunciada y el ancho estable disminuye en un rango entre 30 y 50 metros; por lo tanto el material de colmatación es en menor cantidad que los tramos aguas abajo. Bajo este contexto se propone las siguientes medidas de tratamiento o prevención:

1. Descolmatación de 15 mil metros cúbicos de material de arrastre, hasta los límites del ancho estable promedio de 40 metros (figura 15).
2. Muro de concreto armado de 200 metros para proteger la carretera Central de la erosión.
3. Dique enrocado a ambos lados del cauce, tal como se indica en la figura 15.
4. En la coordenada 311506, 8677670, existen construcciones que ocupan parte del cauce, generando un riesgo de inundación. Se propone que parte de estas infraestructuras deben ser removidos. Acción que debe asumir la municipalidad de Lurigancho, en coordinación con instituciones fiscalizadoras y sancionadoras.

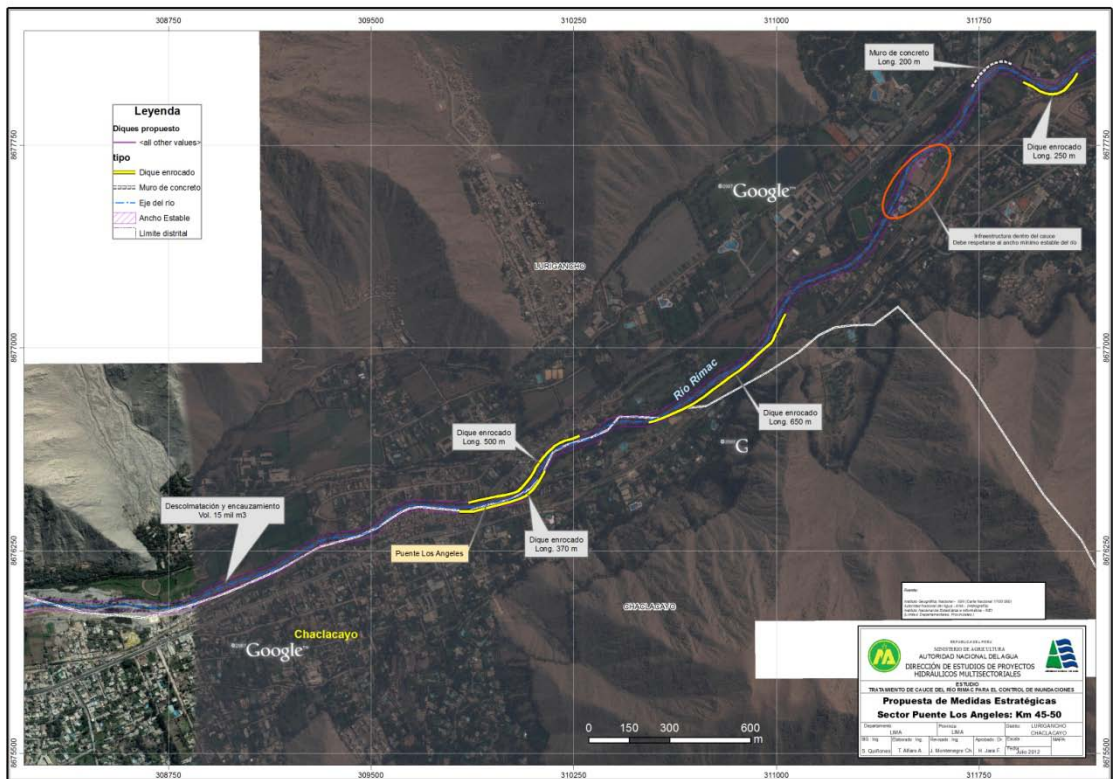
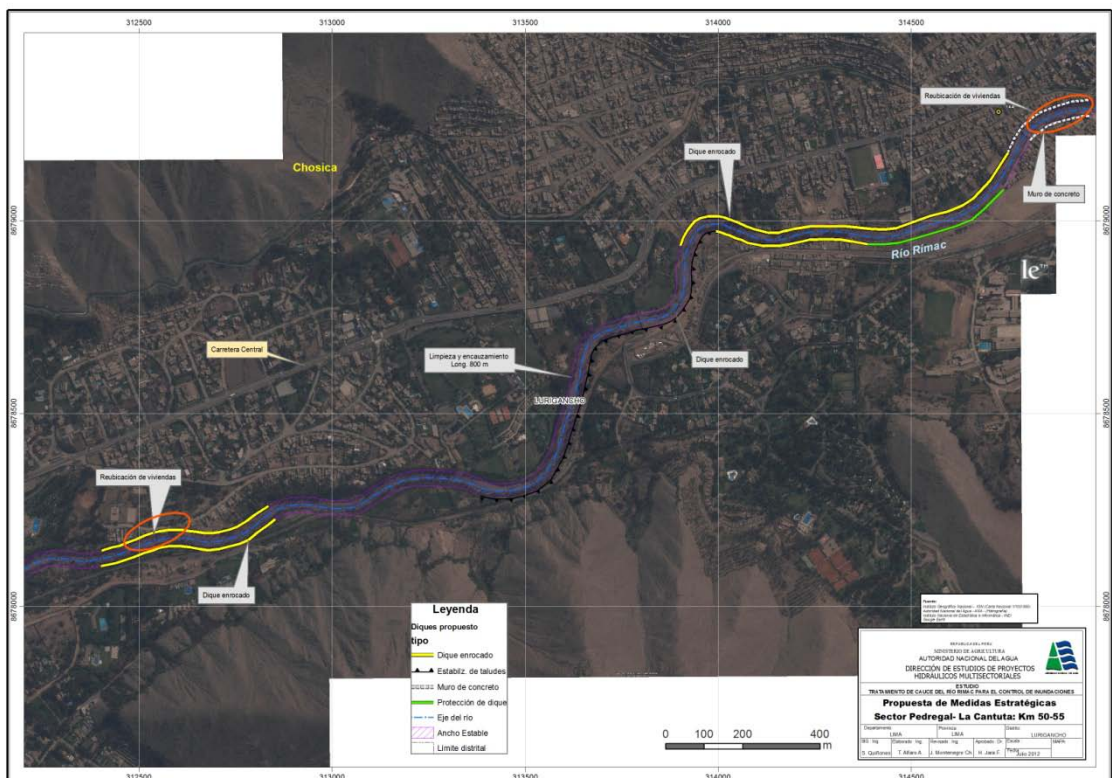


Figura 15. Propuesta de medidas de prevención, sector Puente Los Ángeles

c.11 Sector Pedregal-La Cantuta: 50-55 Km

Las características son similares al sector anterior; a medida que se aproxima al poblado de Chosica, la densidad de las viviendas en los márgenes del cauce son mayores, generando altos riesgos por inundación; frente a esta situación se propone las siguientes medidas de prevención.

1. Reubicación de viviendas de los lugares indicados en el mapa (figura 16).
2. Limpieza y perfilado del cauce hasta alcanzar el ancho estable de 40 m.
3. Estabilización de talud para reducir el riesgo por erosión de los márgenes. Esta acción puede realizarse con vegetación con propiedades de mejorar la estructura del suelo.
4. Reforestación de faja marginal o áreas aledañas
5. Protección de dique de tierra existente en ambas márgenes. El material a revestir puede ser roca, gaviones u otro material adecuado a la zona.
6. Dique enrocado en ambas márgenes de acuerdo a las dimensiones indicadas en el cuadro 1.



c.12 Sector Chosica: 50-55 Km

Este sector va paralelo al poblado de Chosica, se caracteriza por presentar un ancho natural promedio de 20 metros, menor al ancho estable mínimo que debería tener. Las viviendas ubicadas en las márgenes del río, ocasionan un riesgo alto a las inundaciones.

Por lo tanto, estas viviendas deben ser reubicadas, en lugares no expuestas a estos peligros. Esta acción debe ser liderada por la municipalidad de Lurigancho y de Lima Metropolitana, en coordinación con INDECI y otras instituciones de interés.



Figura 17. Propuesta de medidas de prevención, sector Chosica

c.13 Sector Cooperativa Pablo patrón: Km 55-60

La principal características es la presencia de viviendas asentadas en ambas márgenes del río Rímac, por lo que se recomienda lo siguiente:

1. Reubicación de viviendas, teniendo en consideración la delimitación futura de la faja marginal, el área requerida debe permitir que se proyecte defensas de protección como muros de concreto y vías de acceso. Esta acción debe ser liderada por la municipalidad de Lurigancho y de Lima Metropolitana, en coordinación con INDECI y otras instituciones de interés.
2. Descolmatación y encauzamiento en un tramo de 800 metros hasta un límite que alcance el ancho estable de 30 metros. El volumen de material a remover es 400 m³.
3. Muro de contención de concreto ubicado a ambas márgenes

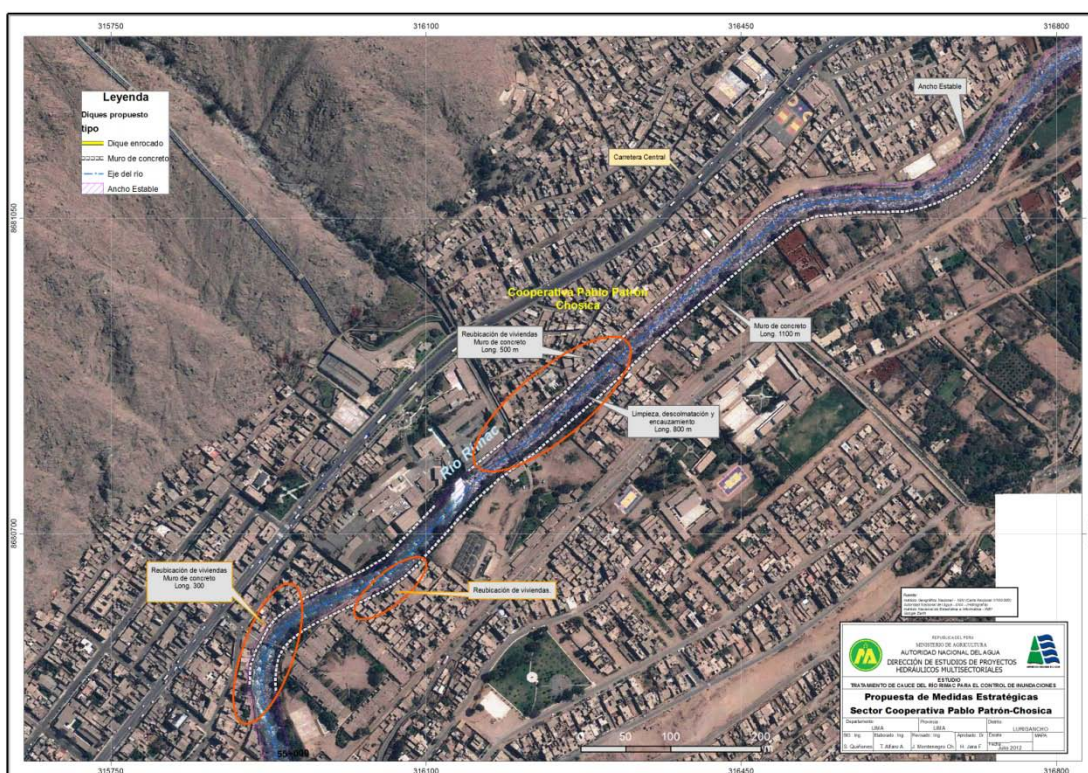


Figura 18. Propuesta de medidas de prevención, sector Cooperativa Pablo Patrón

c.14 Sector Ricardo Palma: Km 55-60

La principal características es la presencia de viviendas asentadas en ambas márgenes del río Rímac, por lo que se recomienda lo siguiente:

1. Reubicación de viviendas, teniendo en consideración la delimitación futura de la faja marginal, el área requerida debe permitir que se proyecte defensas de protección y vías de acceso. Esta acción debe ser liderada por la municipalidad de Ricardo Palma y la provincial de Huarochirí, gobierno regional de Lima Provincias; en coordinación con INDECI y otras instituciones de interés.
2. Descolmatación y encauzamiento en un tramo de 1,000 metros hasta un límite que alcance el ancho estable de 30 metros. El volumen de material a remover es 400 m³.
3. Dique enrocado de 300 metros en la margen izquierda del río.

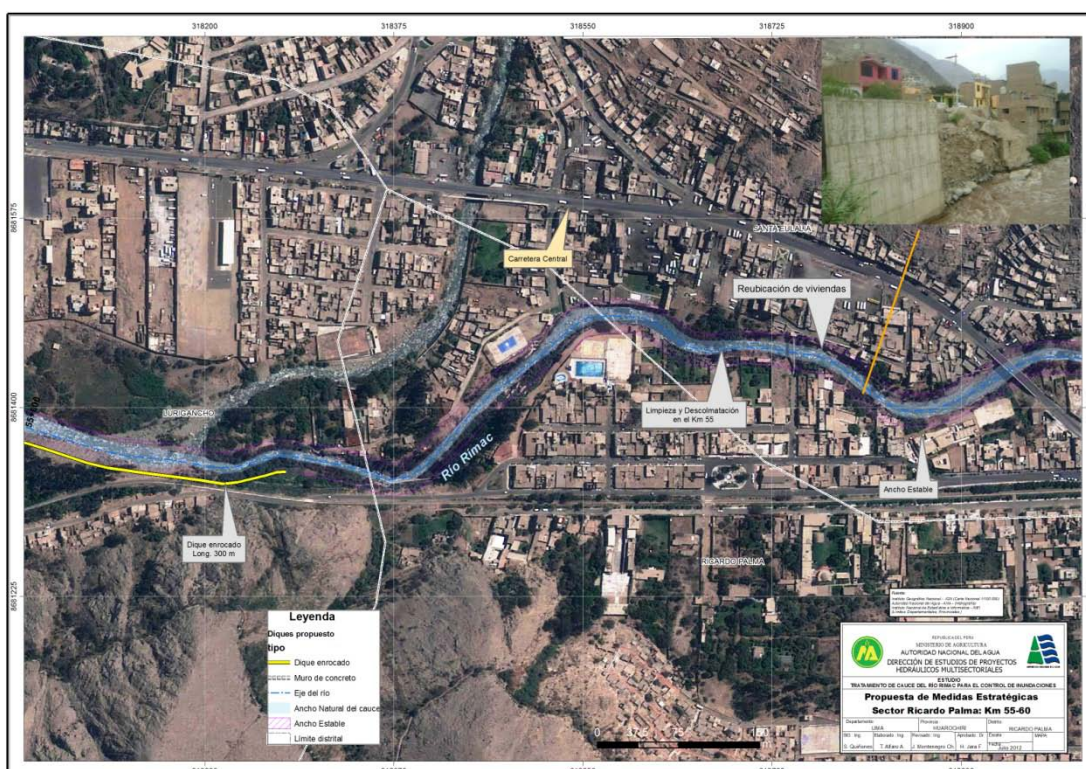


Figura 19. Propuesta de medidas de prevención, sector Ricardo Palma

c.14 Sector Corcona: Km 65-70

En este sector se propone las siguientes medidas:

1. Descolmatación y encauzamiento en un tramo de 1000 metros hasta un límite que alcance el ancho estable de 30 metros. El volumen de material a remover es 4,200 m³.
2. Protección de dique de tierra existente en un tramo de 1000 metros en la margen izquierda del río. El material a revestir puede ser roca u otro material adecuado a la zona.

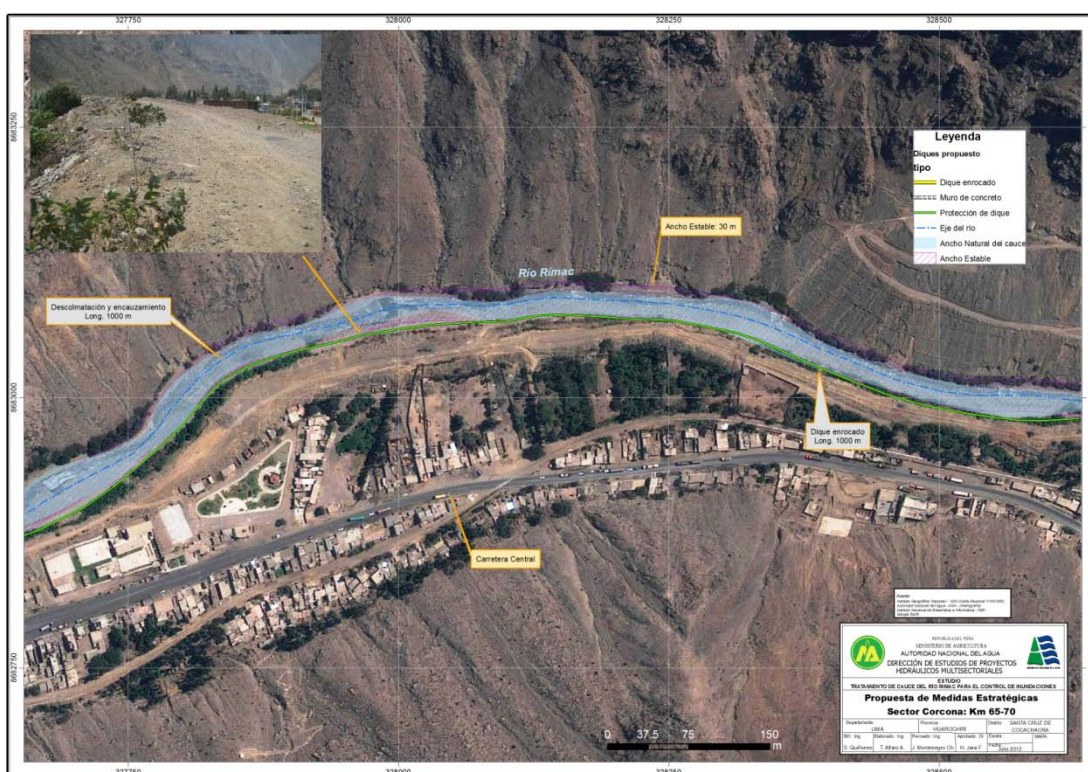


Figura 20. Propuesta de medidas de prevención, sector Corcona

c.15 Sector Tornamesa Río Seco: Km 75-80

En este sector se propone descolmar y perfilar el cauce del río, principalmente en los tramos que se indica en la figura 21 (mapa de propuesta de medidas estratégicas). El volumen aproximado de remoción del material colmatado es de 15 mil metros cúbicos, respetando el ancho estable mínimo de 25 metros.

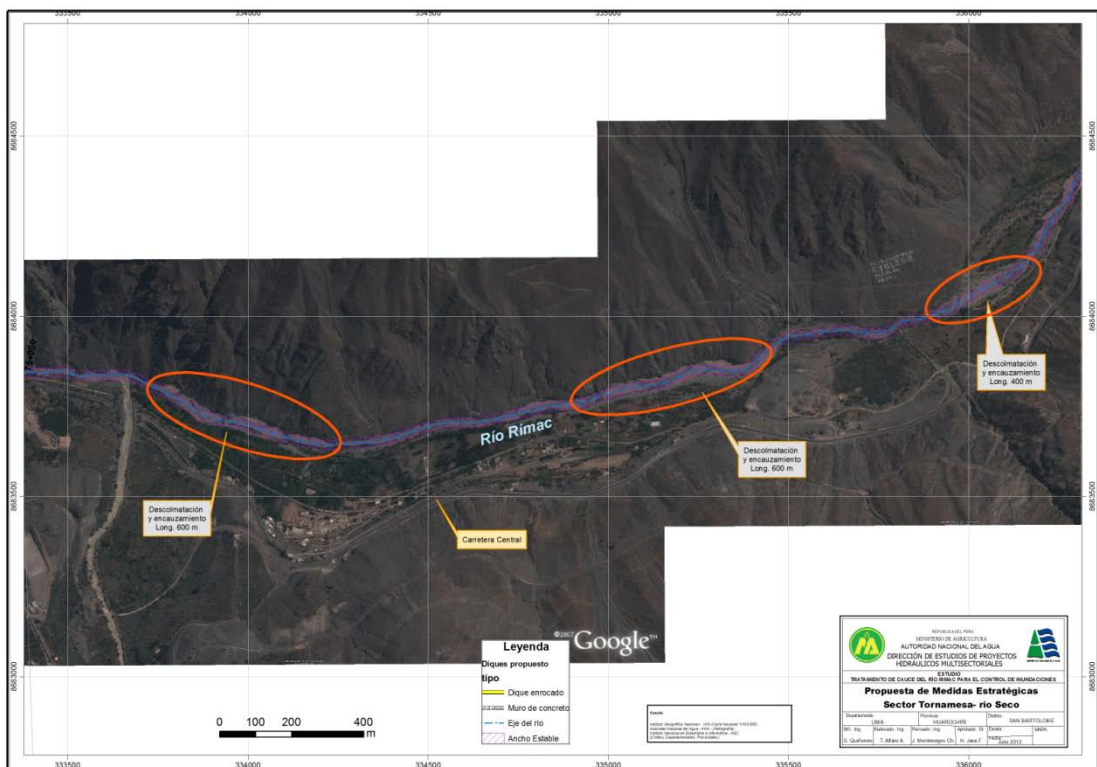


Figura 21. Propuesta de medidas de prevención, sector Tornamesa Río Seco

c16. Sector Huariquiña Matucana: Km 90-95

En este tramo se recomienda las siguientes acciones:

1. Descolmatación y conformación de cauce en un tramo de 250 metros. El material de arrastre a remover es aproximadamente 2,000 m³.
2. Corrección de cauce en un tramo de 60 metros.

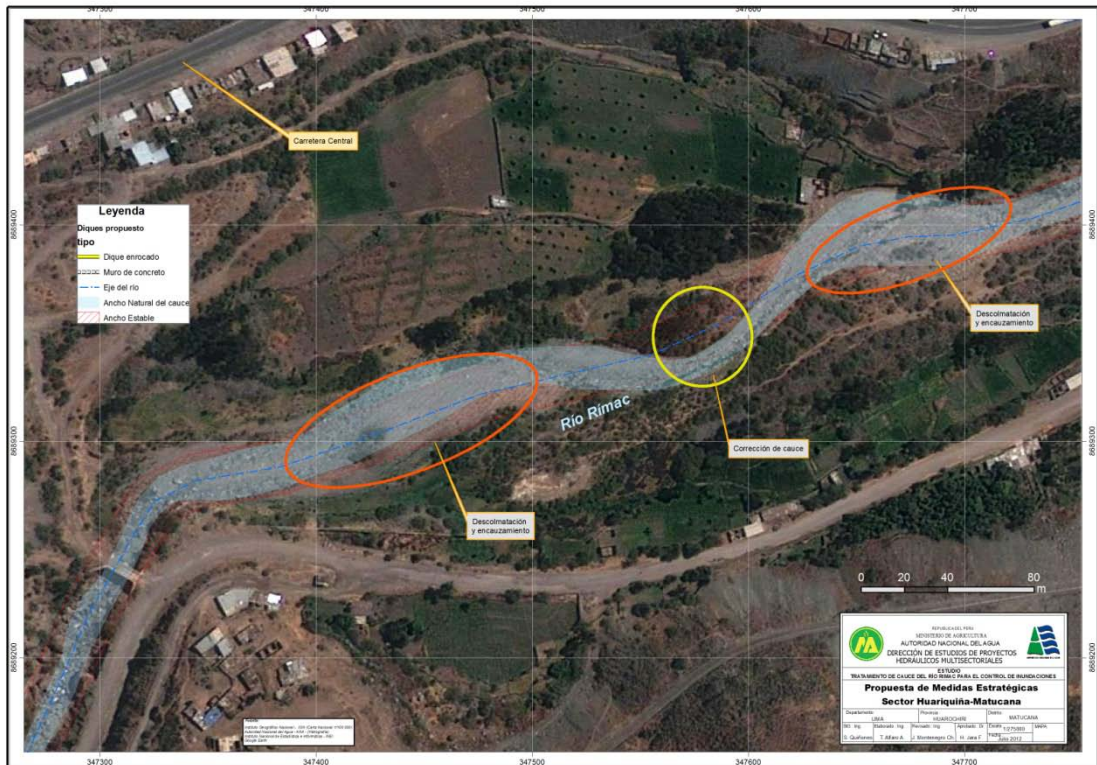


Figura 22. Propuesta de medidas de prevención Huarquiña-Matucana

c17. Sector Huaripachi Matucana: Km 95-100

Para prevenir viviendas en la margen derecha del río Rímac, el puente Huaripachi, Ferrocarril Central y la Carretera Central se propone lo 3 diques de enrocado distribuidos de la siguiente manera:

Margen derecha

1. Dique enrocado de 550 metros ubicado entre las coordenadas: 350285, 8691409 y 350006, 8690946.
2. Dique enrocado de 260 metros ubicado entre las coordenadas: 349861, 8690833 y 349648, 8690687.

Margen izquierda

1. Dique enrocado de 400 metros ubicado entre las coordenadas: 349961, 8690828 y 349632, 8690638 (figura 23).

En ambos casos se requiere descolmatación y perfilado del cauce. El volumen aproximado de material a remover es 2,500 metros cúbicos.

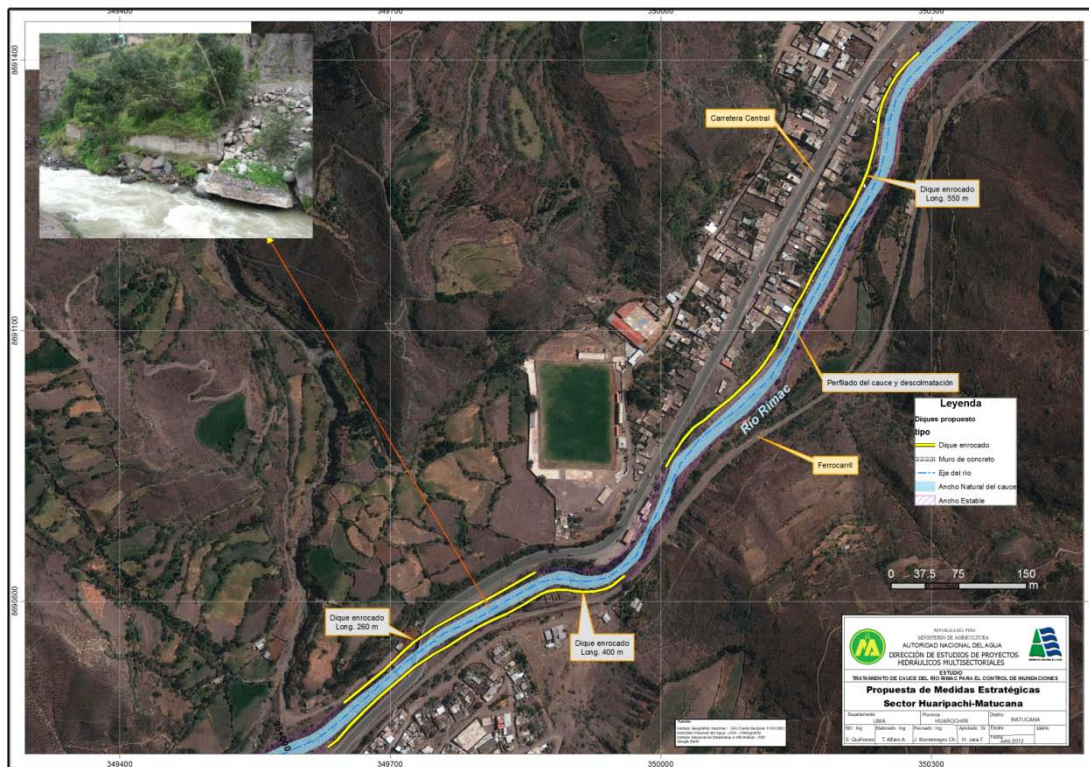


Figura 23. Propuesta de medidas de prevención Huaripachi-Matucana

a18. Sector Llican Matucana: Km 95-100

En este tramo se recomienda un dique revestido de roca de 450 metros, ubicado entre las coordenadas 351640, 8692951 y 351371, 8692622 (figura 24).

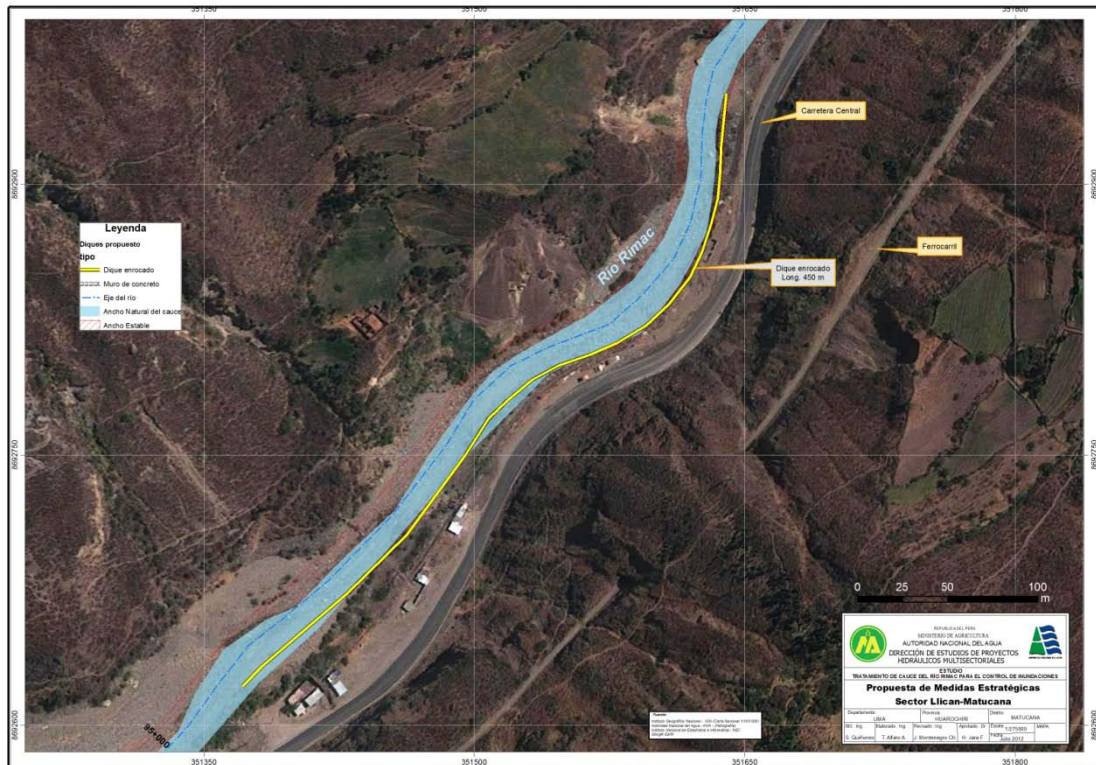


Figura 24. Propuesta de medidas de prevención Llican-Matucana

a.19 Sector Piti San Mateo: Km 110-115

Las casas están construidas en el borde del río, en algunos casos están obstaculizando el flujo del agua. De producirse caudales de $167 \text{ m}^3/\text{s}$ podrían ocasionar desastres en estas viviendas.

Las medidas propuestas están orientadas de primera prioridad a reubicar las viviendas en riesgo, por lo que se recomienda:

1. Reubicación de casas considerando una distancia de 12.5 metros del eje del río. Esta acción debe ser liderado por el gobierno local de San Mateo.
2. Muro de contención de concreto de 420 metros, entre las coordenadas 358970, 8700492 y 358830, 8700114 (figura 25).

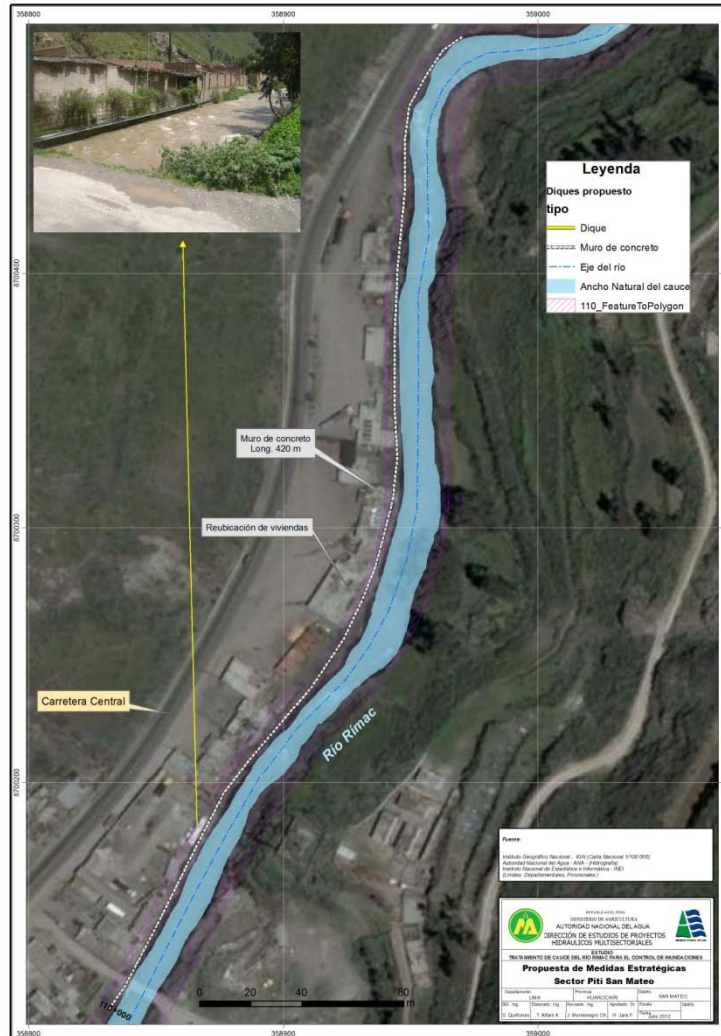


Figura 25. Medida de prevención de San Mateo

a20. Sector Puente Chicla I: Km 115-120

Existe una planta de tratamiento de aguas residuales en construcción, ubicado en una zona con riesgo a inundación y erosión. En principio no debería haberse construido en dicho lugar; sin embargo, tratándose de inversión pública se propone un dique enrocado de 120 metros de longitud en la margen derecha (figura 26).

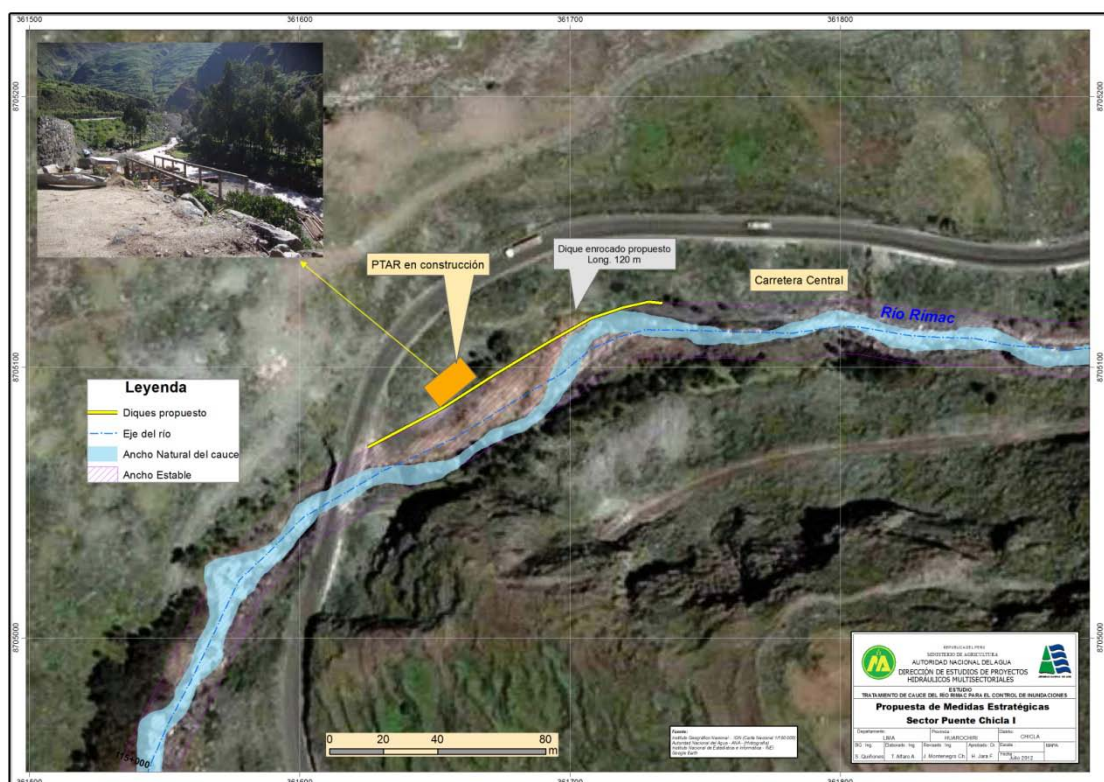


Figura 26. Medida de prevención de Puente Chicla I

a21. Sector Chicla: Km 120-125

La sección natural del cauce es menor al ancho estable que debería tener el río en este tramo del distrito de Chicla; por lo tanto, no soportaría caudales máximos instantáneos de $106 \text{ m}^3/\text{s}$. Se producirían tirantes de agua de 2.0 metros de altura; ocasionando desbordes y pérdidas socio-económico.

1. Reubicación de viviendas de la margen derecha del río Rímac, considerando una distancia de 10 metros del eje del río. Esta acción debe ser liderado por el gobierno local de Chicla.
2. Corrección del cauce en un tramo de 55 metros, entre las coordenadas 361873, 8705746 y 361891, 8705695 (figura 27).

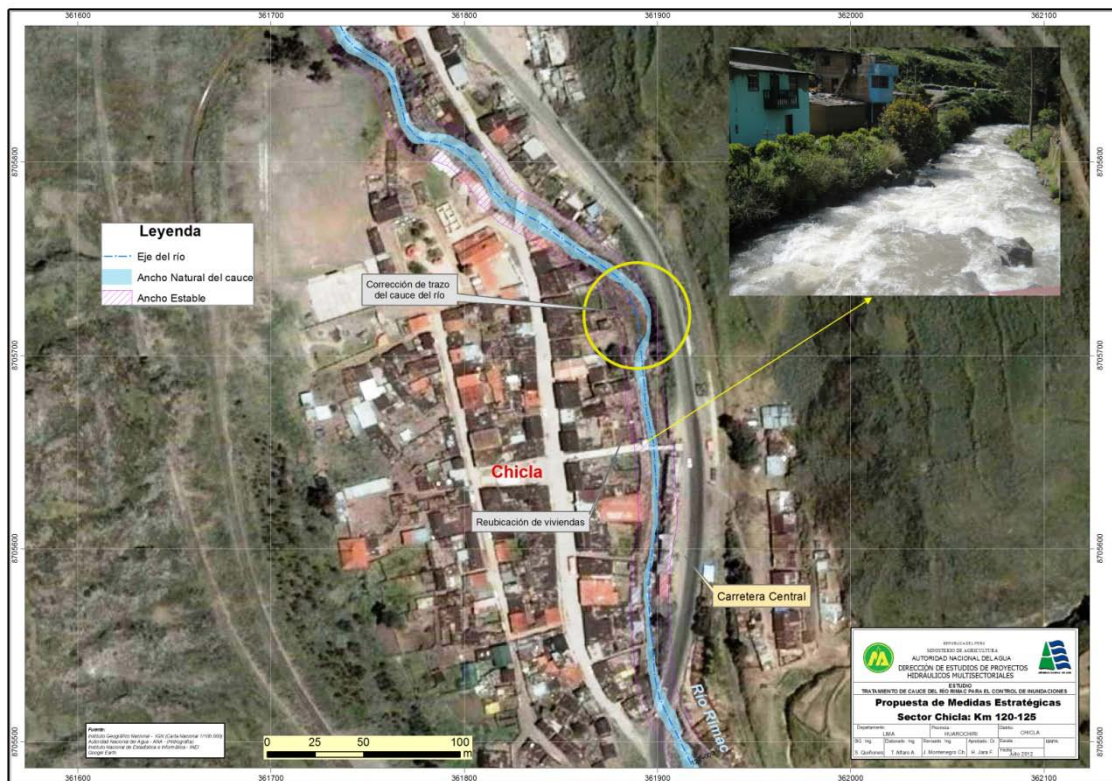


Figura 27. Propuesta de prevención y reducción de riesgos por inundación

D. Propuesta en zonas Vulnerables por influencia de quebradas

Se han identificado 7 quebradas que tienen influencia directa en el comportamiento del río Rímac y que han ocasionado daños materiales y personales: quebradas Chicla, Viso, Huallatupe, Chacahuaro, Huaripachi, Payhua y Huaycoloro.

Las 6 primeras quebradas tienen características similares, por lo que el planteamiento para reducir su capacidad de arrastres es similar. Para la quebrada Huaycoloro el planteamiento será en función a descolmatación y encauzamiento.

d1. Quebradas Chicla, Viso, Huallatupe, Chacahuaro, Huaripachi, Payhua

La propuesta está orientada a mitigar la energía del flujo de agua. Así como mejorar la cobertura vegetal de la cuenca para reducir la velocidad de agua, disminuir el material de arrastre y aumentar el tiempo de transporte (tiempo de concentración).

1. Control de quebradas. Son diques transversales al flujo de agua y pueden ser de roca, gavión, mampostería, concreto u otro material adecuado a la zona. La función de estas estructuras es retener la mayor cantidad el material de arrastre y disipar la energía del flujo.
Están ubicados transversalmente a lo largo del perfil de la quebrada unos a continuación de otros, espaciados según la pendiente dominante.
2. Limpieza y encauzamiento, esta actividad debe realizarse en una longitud mínima de 500 metros aguas arriba y aguas debajo de la desembocadura, para mejorar el flujo de agua.
3. Reforestación con especies nativas o exóticas adaptadas a la zona. Esta actividad debe hacerse en áreas destinadas a reforestación, no debe incluirse en zonas de cultivos.

En el cuadro 2, se indica las principales dimensiones del sistema de control de quebradas.

Cuadro 2. Dimensiones del dique de control de quebradas

DIMENSIONES DEL DIQUE						
Quebrada	L (m)	e (m)	H (m)	h (m)	s%	l (m)
Chicla	25	0.4	0.6 - 1.20	0.4 - 0.60	38.5	3 - 5
Viso	30	0.4	0.6 - 1.20	0.4 - 0.60	34.8	5 - 20
Huallatupe	20	0.4	0.6 - 1.20	0.4 - 0.60	49.6	2 - 6
Chacahuaro	25	0.4	0.6 - 1.20	0.4 - 0.60	38.1	2 - 5
Huaripachi	20	0.4	0.6 - 1.20	0.4 - 0.60	44.2	2 - 5
Payhua	35	0.4	0.6 - 1.20	0.4 - 0.60	27.4	5 - 10
Huaycoloro	40	0.4	0.6 - 1.20	0.4 - 0.60	7.2	2 - 10

En la figura 28, se esquematiza el modelo del dique de control de quebradas.

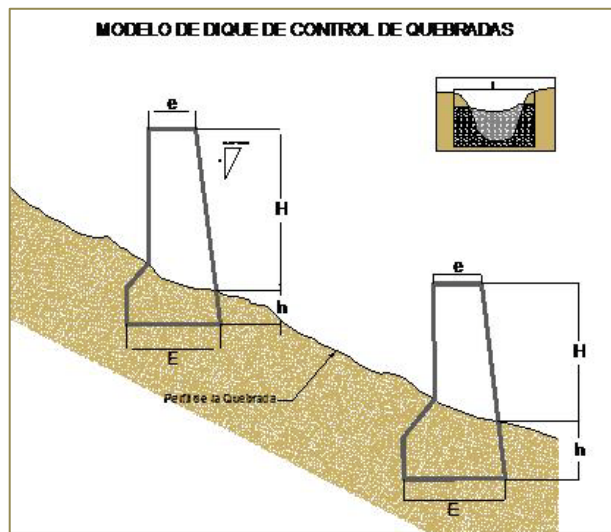


Figura 28. Modelo de dique de control de quebradas

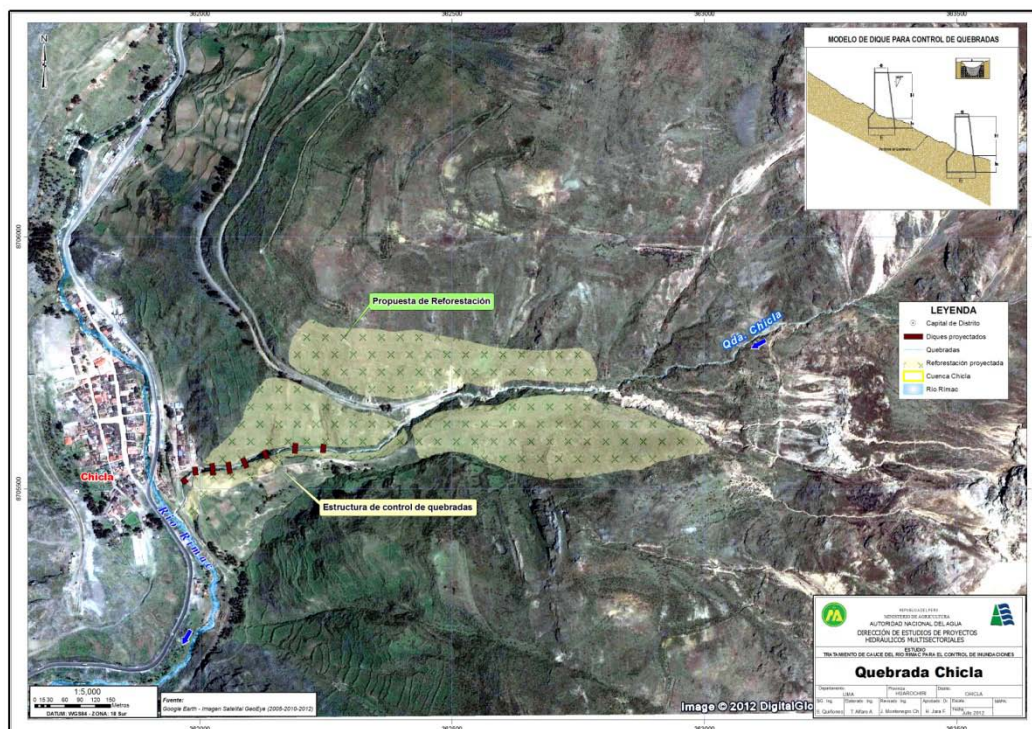


Figura 29. Control de la quebrada Chicha

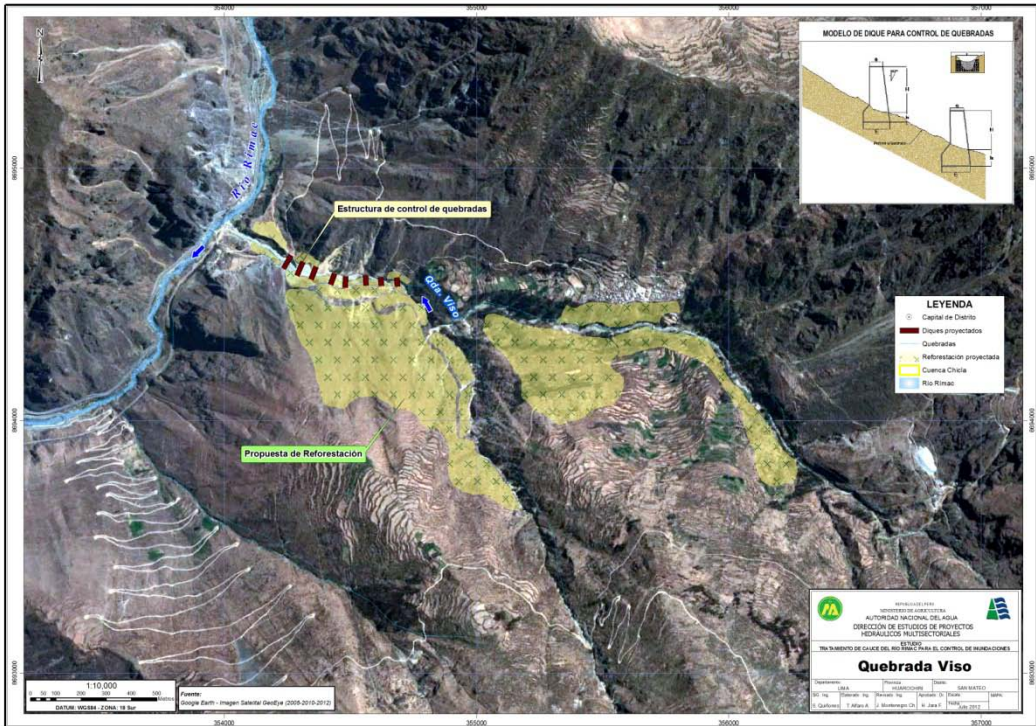


Figura 30. Control de la quebrada Viso

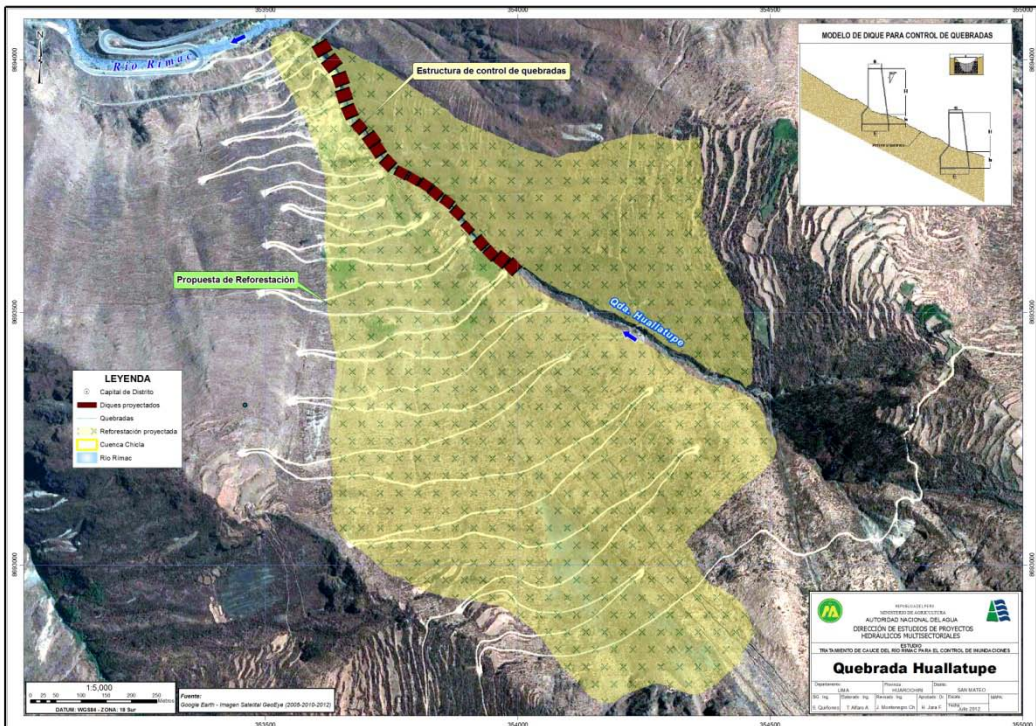


Figura 31. Control de la quebrada Huallatupe

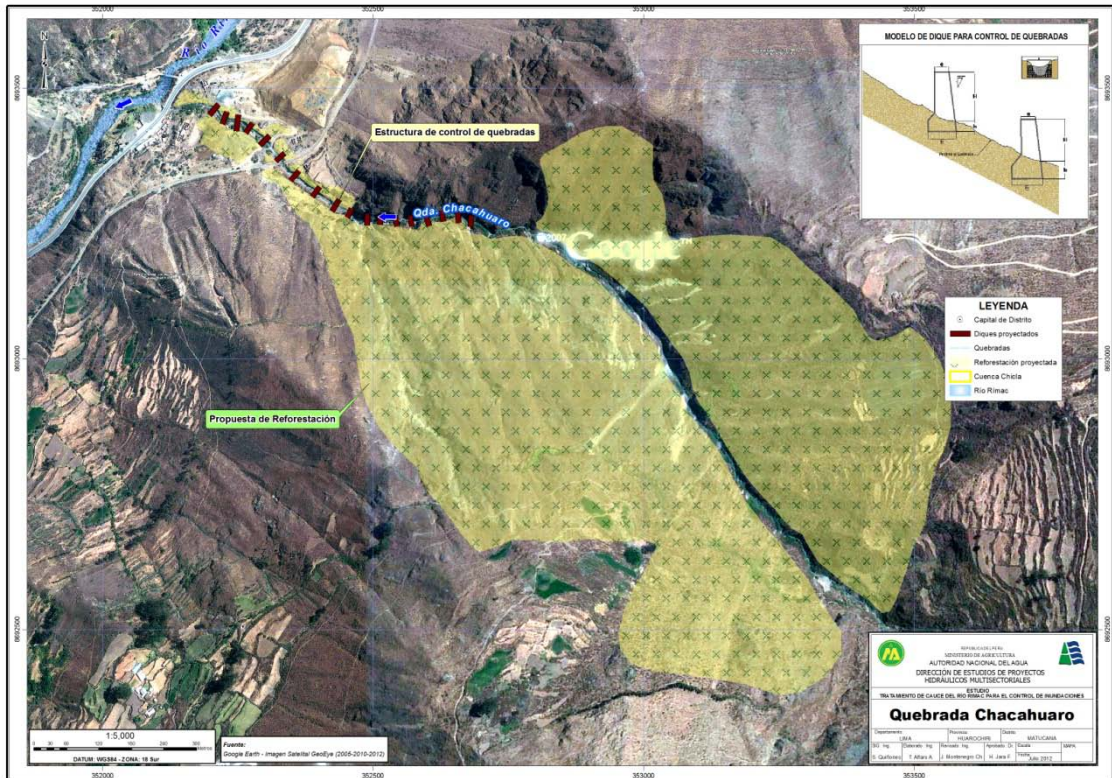


Figura 32. Control de la quebrada Chacahuaro

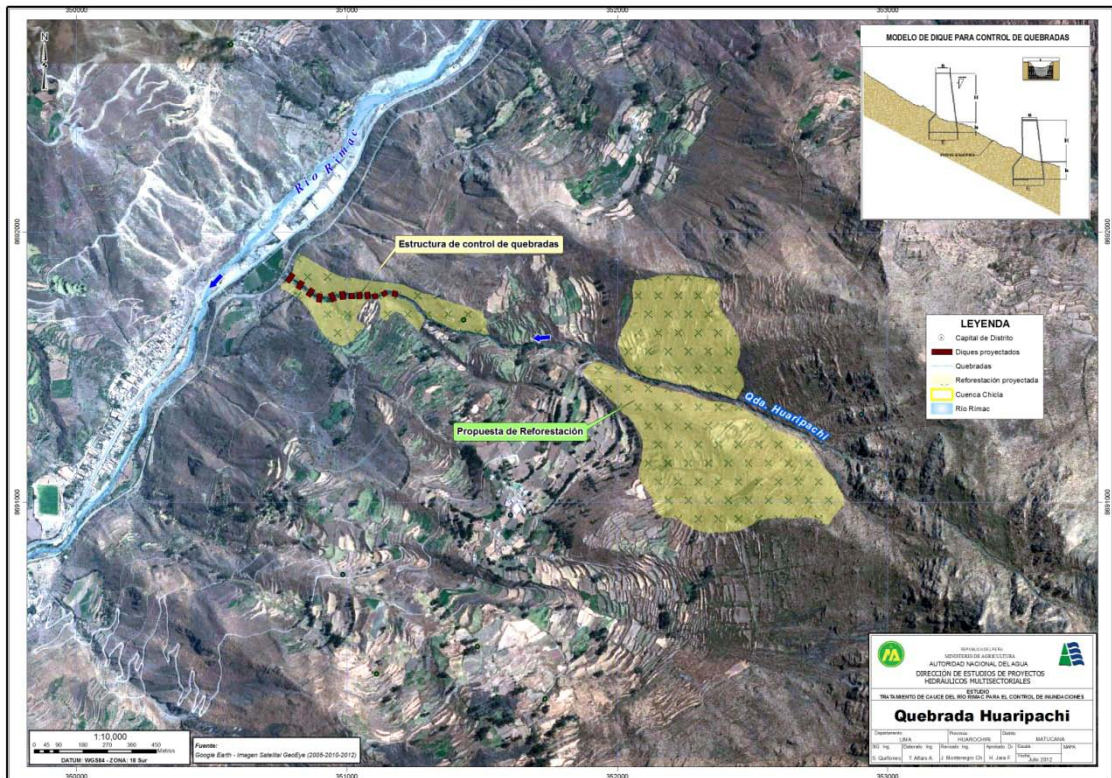


Figura 33. Control de la quebrada Huaripachi

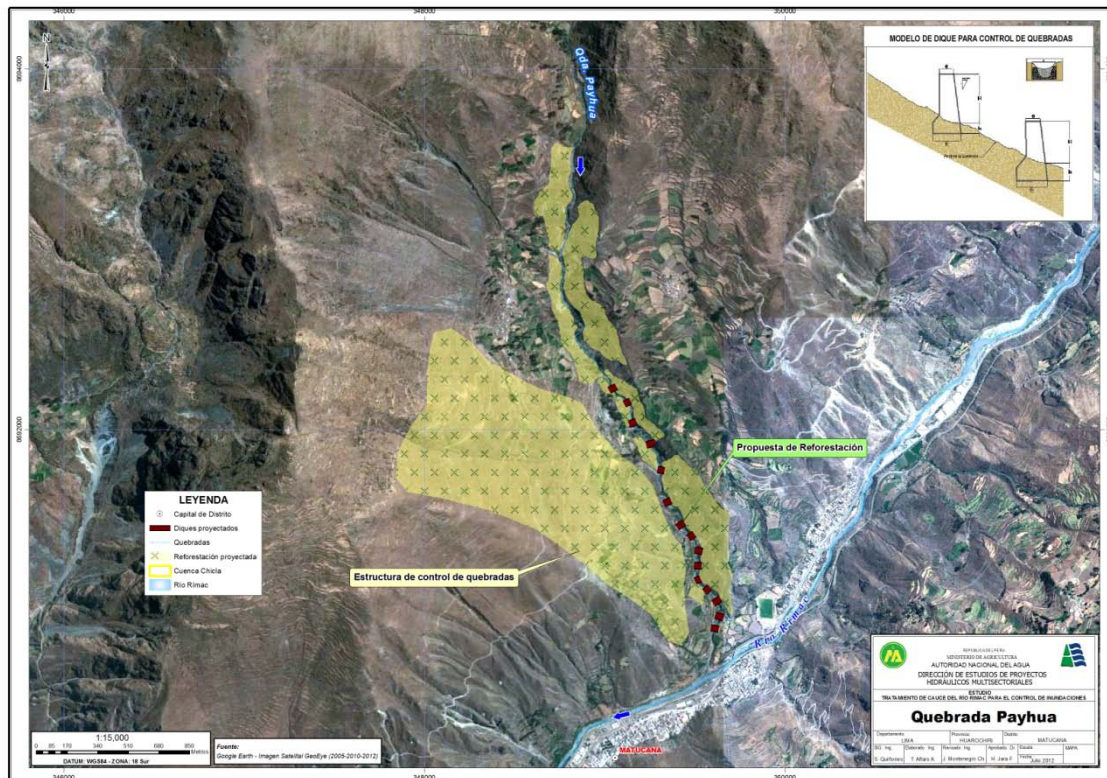


Figura 34. Control de la quebrada Payhua

d2. Quebradas Huaycoloro

Por sus características y situación actual, se propone las siguientes medidas de prevención y reducción de riesgos por inundación y erosión.

- Reubicación de viviendas ubicadas en el margen del cauce y aquellas que se han asentado en áreas ganadas al cauce.
- Limpieza, descolmatación y encauzamiento, teniendo en cuenta que el ancho estable que debe tener la quebrada Huaycoloro, varía en el rango de 25 a 45 metros. Quiere decir que el encauzamiento debe tener como límite esta dimensión.
- Perfilado y protección de los taludes tierra con material rocoso, gaviones u otro material adaptado a zona.

E. Propuesta de delimitación de la faja marginal

En los terrenos aledaños a los cauces naturales o artificiales, se mantiene 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 (Ley de Recursos Hídricos 29338).

Las fajas marginales son bienes de dominio público hidráulico. Están conformadas por las áreas inmediatas superiores a las riberas de las fuentes de agua, naturales o artificiales.

Este capítulo se refiere a la propuesta de delimitación de la faja marginal en los tramos no ejecutados, que comprende desde el distrito de Lurigáncho hasta el distrito de Chicla en la provincia de Huarochirí.

Actualmente, existe una delimitación de faja marginal aproximadamente de 50 Km en ambos márgenes del río, aprobadas mediante Resolución Administrativa, que se indica a continuación.

R.A.	M.D.	M.I.	Referencia
023-2004-AG-DRA.LC/ATDR CHRL	19	15	Litoral-Puente Dueñas- Puente Santa Rosa
402-2004-AG-DRA.LC/ATDR CHRL	52	41	Puente Faucett - Puente Huáscar
403-2004-AG-DRA.LC/ATDR CHRL	170	161	Puente Huampaní - Puente Los Ángeles
447-2004-AG-DRA.LC/ATDR CHRL	157	145	Puente Huachipa - Puente Los Ángeles
524-2003-AG-DRA.LC/ATDR CHRL	11	11	Urb. California Chaclacayo-Puente Los Ángeles

La identificación de los puntos críticos se realizó in situ y se analizaron por distritos desde Chicla en la parte alta de la cuenca hacia el litoral marino.

La delimitación de la faja marginal se realizó se utilizó la red geodésica como red de apoyo para la delimitación y los criterios considerados en el "Reglamento para la delimitación y mantenimiento de fajas marginales en cursos fluviales y cuerpos

de agua naturales y artificiales”, aprobado mediante Resolución Jefatural N° 300-2011-ANA.

En los anexos se incluye la ubicación de los hitos que definen la faja marginal propuesta y sus coordenadas, aproximadamente 60 kilómetros.

CAPITULO 12



IMPACTOS AMBIENTALES DEL ESTUDIO

INDICE

INDICE	223
IMPACTOS DEL ESTUDIO.....	224
12.1 Determinación de las Áreas de Influencia.....	224
12.2 Identificación de posibles impactos ambientales	225
Figura 1. Mapa de Áreas de Influencia	226
12.3 Identificación de posibles impactos ambientales en medidas estructurales.....	227
12.4 Identificación de posibles impactos ambientales en medidas no estructurales....	228
12.5 Principales impactos sobre el medio físico	228
12.6 Principales impactos sobre el medio biológico	230
12.7 Principales impactos sobre el medio socioeconómico y cultural	232
Las resoluciones administrativas, el ordenamiento territorial, los programas de capacitación y sensibilización; sobre Alerta Temprana, Gestión de Riesgos ante inundaciones, simulacros, etc; minimizarán significativamente los perjuicios con un costo menor que el de las estructurales.....	233
12.8 Medidas preventivas y de manejo ambiental en el medio físico.....	233
12.9 Medidas preventivas y de manejo ambiental en el medio biológico	236
12.10 Medidas preventivas y de manejo ambiental en el medio socioeconómico y cultural	236
12.11 Conclusiones y Recomendaciones	237
Conclusiones.....	237
Recomendaciones	237

IMPACTOS DEL ESTUDIO

Este capítulo, ha sido elaborado en virtud a la necesidad de identificar y describir los impactos ambientales potenciales que pueden ser generados por las *Medidas estratégicas*¹ del presente estudio, así como establecer las medidas ambientales adecuadas que permitan mitigar o eliminar los efectos negativos y fortalecer los positivos; desarrolladas a una escala regional.

12.1 Determinación de las Áreas de Influencia

El presente estudio ha identificado un total de 35 puntos críticos, detallados en los capítulos 7 y 9.

a) Área de Influencia Directa (AID)

El área de influencia directa tiene una superficie total de 161 km², comprendido entre el distrito de Chicla, provincia de Huarochirí hasta la línea del litoral marino provincia del Callao.

El alcance está determinado por:

a) Áreas de afectación definitiva: construcción de obras estructurales

Se encontraron 35 puntos críticos de desborde y erosión fluvial, se realizó la propuesta de medidas estructurales entre ellos diques de material de roca y muros de contención de concreto armado, que generarán movimiento de tierra y otras actividades.

b) Áreas de afectación temporal: canteras, depósitos de desmonte, campamento de obra.

Las actividades de extracción de materiales para la construcción de las estructuras se ubican:

- Cantera de roca - Sector Esperanza, ubicado en el distrito de San Bartolomé, en la margen derecha del río Rímac.
- Cantera de roca - Amancaes, ubicado en el distrito de Lima, margen izquierda del río Rímac.

¹ CAPITULO 11

Para el análisis ambiental se tomaron en cuenta la ubicación de 22 sitios arqueológicos en el área de influencia directa (AID), el área de emplazamiento de las obras estructurales no implica la ocupación del espacio territorial de ningún sitio arqueológico.

En la figura 1 se ubican los factores considerados en la delimitación del área de influencia directa (AID).

b) Área de Influencia Indirecta (AII)

El área de influencia indirecta corresponde a la unidad hidrográfica del Río Rímac (cuena), teniendo una superficie total de 3,504 km² (capítulo 2, del presente estudio).

En esta área se encuentran 8 canteras que podrían ser empleadas en la construcción de defensas ribereñas. También se encuentra la Zona Reservada Bosque de Zárate, en el distrito San Bartolomé de la provincia de Huarochirí, margen izquierda del río Rímac. Las medidas estratégicas propuestas no afectarán esta área natural protegida.

En la figura 1, Mapa de Áreas de Influencia, se ubican los factores considerados en la delimitación del área de influencia indirecta (AII).

12.2 Identificación de posibles impactos ambientales

Para el presente estudio, se ha adoptado la escala regional, en función de la distribución espacial del impacto que pudieran generar las medidas estratégicas planteadas en la cuena del río Rímac.

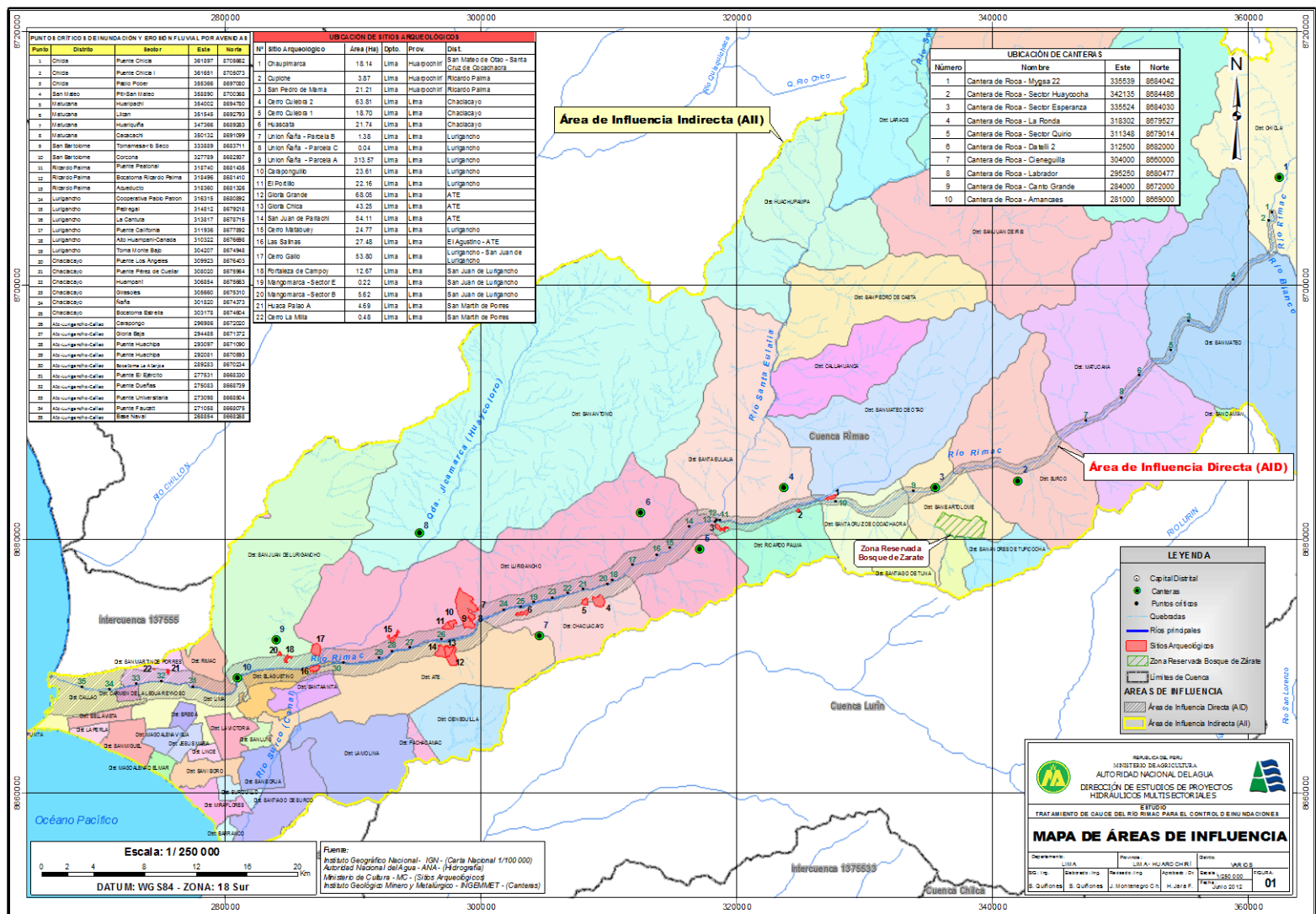


Figura 1. Mapa de Áreas de Influencia
Fuente: Elaboración propia.

Para ello, se realizó la recopilación de información (textual y cartográfico) complementado por un reconocimiento en campo y posteriormente el análisis en gabinete. Sobre la base del resultado anterior, se elaboró una caracterización ambiental regional para estudiar las variables ambientales más significativas, a fin de identificar aquellos rasgos más alterables del mismo en función de las medidas estratégicas planteadas.

En el capítulo 11, se proponen medidas de tipo estructural y no estructural.

12.3 Identificación de posibles impactos ambientales en medidas estructurales

Las medidas de tipo estructural, generaran distintas actividades que a continuación se resumen en:

Etapas: Pre Construcción

- Instalación y funcionamiento del campamento

Etapas: Construcción

- Desbroce y limpieza
- Movimiento de tierras
- Conformación de la estructura
- Manejo de aguas superficiales durante la obra
- Manejo y disposición de escombros
- Habilitación y transporte de materiales

Etapas: Post Construcción

- Restauración de áreas intervenidas
- Obras complementarias y señalización
- Desmantelamiento de instalaciones y limpieza del área

Los principales impactos potenciales derivados de las actividades proyectadas son:

- Contaminación, erosión y compactación del suelo por movimiento de tierras y maquinaria.
- Generación de ruidos por movimiento de maquinaria.

- Emisión de polvo y partículas en suspensión a la atmosfera por movimiento de maquinaria.
- Turbiedad y sedimentación de cauces.
- Alteración en flora y fauna.
- Generación de residuos no peligrosos.
- Afectación a la salud de los trabajadores.
- Incremento y dinamización del comercio local.
- Generación de empleo.
- Alteración de patrimonios culturales.

12.4 Identificación de posibles impactos ambientales en medidas no estructurales

Las medidas no estructurales se resumen en:

- Resoluciones administrativas, emitidas por la Autoridad Local de Agua (ALA); donde se especifiquen respetar el ancho estable del río, caudales máximos de diseño, entre otros parámetros hidráulicos.
- Programa de capacitación y sensibilización, sobre Alerta Temprana, Gestión de Riesgos ante inundaciones, simulacros, etc.
- Ordenamiento territorial de la faja marginal, liderado por las municipalidades, respetando la normatividad sobre delimitación de fajas marginales.

Las acciones de las medidas no estructurales, van encaminadas a impedir, reducir, minimizar o incluso anular los daños generados por las inundaciones.

12.5 Principales impactos sobre el medio físico

La identificación de las actividades de tipo estructural y no estructural correlacionadas con los impactos derivados de sus actividades proyectadas, han permitido identificar los principales impactos que pueden afectar al medio.

❖ *Dentro de las medidas estructurales:*

Impactos negativos

Contaminación, erosión y compactación del suelo, debido al movimiento de tierras, derrame de combustibles, generación de residuos no peligrosos, grasas de maquinarias y equipos, vertidos accidentalmente o por disposición inadecuada de los mismos, que podrían ocasionar la disminución o pérdida de la calidad edáfica, principalmente en las etapas de pre construcción y construcción. Así mismo, el paisaje se verá alterado en forma leve, principalmente por la explotación de las canteras de rocas (como son el Sector Esperanza y Amancaes), utilización de áreas para depósitos de materiales excedentes, movimiento de material de construcción, presencia de maquinarias, entre otros.

Incremento de niveles sonoros, se generara principalmente durante etapa de construcción, como consecuencia del empleo y movimiento de maquinaria pesada, explotación de canteras, procesos de transporte, carga y recarga de materiales.

Contaminación del aire, en la etapa construcción, por efecto de una mayor emisión de polvo y gases, los trabajos de carga de materiales, explotación de canteras, generaran emisión de material particulado, gases y humos que pueden afectar a la población cercana que se encuentra asentada en las áreas aledañas a las vías de acceso y a los trabajadores.

Contaminación de las aguas, principalmente en la etapa de construcción, por el ingreso de maquinaria pesada a al río Rímac, con la finalidad de desviar su cauce, para facilitar el ingreso de maquinas, vehículos, trasportando materiales para la construcción de las obras, producirá contaminación de las aguas por la remoción del material del río Rímac, afectando al ecosistema y a los usuarios aguas abajo.

El impacto negativo que generará las medidas estructurales, planteadas en el presente estudio, son mínimas en comparación a la contaminación actual del río.

Impactos positivos

La infraestructura de protección permitirá la recuperación de áreas como: el ancho estable del río, la faja marginal; asimismo, se protegerá tierras.

❖ *Dentro de las medidas no estructurales:*

Impactos positivos

El ordenamiento territorial, permitirá regular el desarrollo de diferentes actividades en la zona aluvial, o proteger las estructuras existentes, a fin de reducir la posibilidad de que sufran pérdidas debido a la inundación. Al igual que toda medida preventiva, son menos costosas que las obras (instalación de las medidas estructurales necesarias para controlar las inundaciones y erosión fluvial). Esencialmente, las medidas no estructurales son beneficiosas, porque no tratan de regular el modelo natural de inundación del río Rímac.

En resumen, el medio físico se verá afectado, principalmente en la etapa de construcción. Estos impactos serán negativos, sin embargo se presentarán en forma temporal y de manera leve; cuyos efectos pueden ser controlables o revertidos.

12.6 Principales impactos sobre el medio biológico

❖ *Dentro de las medidas estructurales:*

Impactos negativos

El principal impacto negativo encontrado, es la alteración de flora y fauna, en la etapa de pre construcción y construcción, por la pérdida de hábitats ribereños y fluviales originaran relativa disminución de la diversidad de flora y fauna natural.

El medio biológico se verá afectado, estos impactos serán negativos; sin embargo se manifiesta de manera leve, se destruirá la flora existente en su mayoría especies que no se encuentran categorizadas como especies amenazadas (D. S. N° 043-2006-AG) y algunas especies de fauna serán afectadas en forma leve; pero la mayoría de especies de fauna como la Lagartija de puna (*Liolaemus sp*) o el perdiz (*Notoproctha ornata*), se desplazarán a otros lugares aledaños a la zona. Las especies de fauna desplazadas no se encuentran categorizadas como especies amenazadas (D. S. N° 034-2004-AG).



Figura 2. Monte ribereño, predomina la vegetación arbustiva (a) y (b)

Fecha de captura de imagen: 31-01-2012

❖ *Dentro de las medidas no estructurales:*

Impactos positivos

Las medidas no estructurales planteadas en el presente estudio impactan de manera positiva en el medio biológico, las resoluciones administrativas pueden prohibir la eliminación de las aguas negras y los materiales tóxicos o peligrosos, requerir que las estructuras tengan protección contra inundaciones, y rechazar la construcción de las edificaciones y caminos privados que puedan exacerbar los efectos de las inundaciones. El ordenamiento territorial es un medio efectivo para controlar el desarrollo del terreno aluvial. Al destinar el terreno a la agricultura, los parques y áreas de conservación, se protege la faja marginal y se proveen los usos del terreno que sean vulnerables a los daños causados por las inundaciones. Los programas de capacitación y sensibilización sobre alerta temprana; y los simulacros, promueven la interacción directa con la comunidad y generan sensibilización de la población en el cuidado de la flora y fauna existente en la zona.

En resumen el medio biológico se verá afectado, principalmente en la etapa de pre construcción y construcción. Estos impactos serán negativos, sin embargo se presentarán de manera leve y temporal; cuyos efectos pueden ser controlables con adecuadas medidas preventivas y de manejo ambiental.

12.7 Principales impactos sobre el medio socioeconómico y cultural

❖ *Dentro de las medidas estructurales:*

Impactos negativos

Afectación a la salud de los trabajadores, principalmente en la etapa de construcción: la salud de los trabajadores, seleccionados por el contratista, puede verse afectada por la inadecuada utilización de los equipos de trabajo, por exposiciones a productos químicos peligrosos o inflamables, a agentes físicos o a la sobrecarga laboral, en el desarrollo de las actividades propias de la construcción. No se descarta la posibilidad de accidentes entre los trabajadores y de vehículos por deslizamiento de rocas entre otros imprevistos.

Impactos positivos

Generación de empleo temporal, en las diferentes etapas de las obras planteadas en el presente estudio, habrá una demanda de operarios de maquinaria pesada, obreros de construcción civil, así como una importante demanda de materiales de construcción. Esto traerá como consecuencia la generación de puestos de trabajo directo e indirecto, especialmente mano de obra no calificada de las zonas, tanto alta como baja, de los distritos. Sin embargo, se debe tener en cuenta que el empleo que se genere durante esta etapa será de carácter temporal.

Incremento y dinamización del comercio local, la presencia de trabajadores en la zona durante la construcción de la nueva infraestructura de almacenamiento, traerá consigo la demanda de servicios tales como alimentación (venta ambulante), hospedaje (alquiler de habitaciones) y transporte público (al finalizar la jornada laboral diaria).

Las obras proyectadas no implican la ocupación del espacio territorial de ningún sitio arqueológico o patrimonio cultural, registrados por el Ministerio de Cultura.

❖ *Dentro de las medidas no estructurales:*

Impactos positivos

Las resoluciones administrativas, el ordenamiento territorial, los programas de capacitación y sensibilización; sobre Alerta Temprana, Gestión de Riesgos ante inundaciones, simulacros, etc; minimizarán significativamente los perjuicios con un costo menor que el de las estructurales.

El impacto generado en el medio socioeconómico y cultural, se presenta de manera positiva, en distintas etapas:

- ✓ Los impactos positivos al inicio de la ejecución de las medidas estructurales, planteadas en el presente estudio, generadas por el incremento y dinamización del comercio local y la generación de empleo.

- ✓ Los impactos positivos esperados por la población, generados por la aplicación o termino de las *Medidas estratégicas*², es la no ocurrencia de inundaciones ó la disminución significativa de su magnitud (en términos de daños y pérdidas).

12.8 Medidas preventivas y de manejo ambiental en el medio físico

- *Medidas preventivas y manejo ambiental sobre la contaminación, erosión y compactación del suelo por movimiento de tierras y maquinaria.*
 - ✓ Restricciones del paso de maquinaria
Se señalizará la zona mediante jalones y cintas de forma que la maquinaria siempre se moverán por la zona permitida.
Se señalizará el parque de maquinaria y los caminos de acceso a la obra, así como las superficies destinadas a cualquier actividad que suponga una ocupación temporal del suelo. Eligiendo para la distribución de estos lugares zonas alejadas de la ribera del río Rímac y su perímetro de protección.

² CAPITULO 11

- ✓ Prevención y gestión de vertidos accidentales.
Para minimizar el riesgo de vertidos accidentales, las labores de reparación y mantenimiento de la maquinaria de obra se realizarán en zonas autorizadas. Si existiera algún vertido en la obra se recogería todo y se llevaría a vertedero controlado.
- ✓ Las actividades constructivas deben limitarse estrictamente a las áreas planificadas, no ampliando ni afectando innecesariamente zonas anexas al lugar de construcción. Todos los procesos constructivos deben seguir normas y protocolos que eviten afectaciones adicionales, evitando principalmente procesos de contaminación, desecho de residuos de construcción y vertimientos.
- *Medidas preventivas y manejo ambiental sobre la generación de ruidos por movimiento de maquinaria.*
 - ✓ Realizar un muestreo base de los niveles de ruido ocupacional y ambiental, así como monitoreos periódicos durante la construcción de la nueva infraestructura. De esta manera será posible determinar si se están excediendo el Estándar Nacional de Calidad Ambiental para ruido (D.S N° 085-2003-PCM). En el caso de maquinarias y vehículos se podría contar con silenciadores y mantenimiento periódico.
 - ✓ No se realizarán actividades en horario nocturno.
- *Medidas preventivas y manejo ambiental en la emisión de polvo y partículas en suspensión a la atmosfera por movimiento de maquinaria.*
 - ✓ Realizar un muestreo base de la calidad del aire para medir los niveles de material particulado (PM10) y (PM2.5), y gases de combustión, así como monitoreos periódicos durante la construcción de la nueva infraestructura. De esta manera será posible determinar si se están excediendo los Estándares Nacionales de Calidad Ambiental para aire (D.S. N° 074-2001-PCM y N° 003-2003-MINAM). Asimismo; se deberán cubrir, con lonas o

carpas las tolvas, de los camiones de transporte de materiales, utilizar combustibles de bajo contenido de azufre y plomo, y proporcionar al personal obrero equipos de protección buco nasal, como parte de los Equipos de Protección Personal (EPP).

- *Medidas de preventivas y manejo ambiental en la generación de residuos no peligrosos.*
 - ✓ El manejo de los residuos sólidos se desarrollará de acuerdo al marco legal ambiental relacionado a residuos sólidos, Ley N° 27314 del 21.07.2000, D.S. N° 057-2004-PCM del 27.07.2004, y adicionalmente, con la normativa ambiental vigente de los sectores competentes.
En ese sentido se considerarán en primer lugar las características de los residuos sólidos generados tales como volumen, composición, orgánica e inorgánica, fuente de generación y peligrosidad, potencial de reciclaje, además del almacenamiento adecuado y disposición final de acuerdo a lo establecido en la legislación nacional vigente.

- *Medidas preventivas y manejo ambiental en la turbiedad y sedimentación de cauces.*
 - ✓ Realizar un muestreo base de la calidad del agua del río Rímac y sus tributarios, los cuales deberán tomar en cuenta parámetros; como metales pesados, DBO₅, pH, sólidos suspendidos, entre otros. Asimismo, deberán realizarse monitoreos periódicos, durante la construcción de las obras, con el fin de determinar, si se están excediendo los Estándares Nacionales de Calidad Ambiental (D.S N° 002-2008-MINAM). Considerar uso de materiales dispersantes, en casos de derrames accidentales, así como el manejo y disposición adecuada de residuos sólidos y líquidos, peligrosos y no peligrosos.

12.9 Medidas preventivas y de manejo ambiental en el medio biológico

- *Medidas preventivas y manejo ambiental en la alteración en flora y fauna.*
 - ✓ Implementar un programa de monitoreo de flora y fauna, además de un programa de relocalización en el área de influencia directa, si fuera el caso.

12.10 Medidas preventivas y de manejo ambiental en el medio socioeconómico y cultural

- *Medidas preventivas y manejo ambiental en la afectación a la salud de los trabajadores.*
 - ✓ Se deberá contar con un plan de salud y/o seguro contra accidentes. Además, deberán de proveer a los trabajadores con implementos adecuados como vestimenta refractaria, lentes de seguridad, guantes, zapatos con puntas de acero, cascos, y las que se consideren necesarias de acuerdo a la envergadura de la obra y así evitar el deterioro de la salud de los trabajadores de la obra.
 - ✓ Se deberá capacitar al personal seleccionado que formará parte de su equipo laboral, antes del inicio de las actividades de construcción, así como de impartirles diariamente charlas de seguridad, de 5 minutos, y se deberá instalar señalizaciones visibles de las áreas existentes, donde se realizarán las obras.

12.11 Conclusiones y Recomendaciones

Conclusiones

- ✓ Según la figura 1 Mapa de Áreas de influencia, los distritos con mayores impactos ambientales (considerando los puntos críticos), serían: Lurigancho y Chaclacayo.
- ✓ Los mayores impactos ocurrirán en el medio físico, categorizado como impacto negativo leve, cuyos efectos son controlables o revertidos.
- ✓ Los mayores beneficios ambientales ocurrirán en el medio socioeconómico, principalmente en la etapa de construcción, correspondientes al incremento y dinamización del comercio local y; en la generación del empleo.
- ✓ Los impactos negativos generados por las medidas estructurales son temporales y de menor magnitud que las existentes, en las zonas críticas.
- ✓ Las medidas no estructurales, pueden minimizar significativamente los perjuicios ambientales ante las inundaciones a un costo menor.
- ✓ No se ha identificado ninguna acción que genere impactos críticos y que por lo tanto sea inadmisibles desde el punto de vista ambiental.

Recomendaciones

- ✓ Se recomienda que las medidas estructurales planteadas en el presente estudio deberán de someterse, en forma individual, al procedimiento de Evaluación Ambiental Preliminar de acuerdo a Ley N° 27446, Ley del Sistema de Evaluación de Impacto Ambiental (SEIA), modificada por Decreto Legislativo N° 1013 y su Reglamento, aprobado por DS N° 019-2009-MINAM del 24.09-09.
- ✓ Se recomienda que, para poder aplicar las medidas no estructurales necesarias, debe existir control sobre el uso del terreno, es decir, tener un control institucional. Las medidas no estructurales pueden ser efectivas en el grado en

que los gobiernos locales, presentes en la cuenca del río Rímac, sean capaces de diseñar e implementar el uso adecuado del terreno a fin de evitar los conflictos sociales.

CAPITULO 13

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Al contar con un estudio de tratamiento integral de cauces, elaborado sobre el concepto de régimen hidráulico estable, conservación del medio ambiente y la participación de diferentes actores; traerá consigo que las autoridades, cuenten con una herramienta de gestión participativa al momento de priorizar proyectos de defensa ribereña.

Geología y geotecnia

Las Investigaciones Geológicas y Geotécnicas desarrolladas en el presente estudio han permitido cumplir con la evaluación de las condiciones litoestratigráficas, evaluación de las condiciones geomorfológicas y geodinámicas, investigaciones Geotécnicas (Excavaciones exploratorias), a lo largo del cauce del río Rímac y la exploración y evaluación preliminar de áreas de préstamos.

Las rocas predominantes en la zona de estudio comprenden rocas sedimentarias, metamórficas, volcánicas e intrusivas, con edades que fluctúan entre el Jurásico y el Cuaternario Reciente. Las unidades geomorfológicas observadas en la cuenca del río Rímac son: Zona de Altas Cumbres, Zona andina, Estribaciones Andinas Occidentales, Valles y Quebradas, Loma y Montes Islas, Planicies Costeras y Conos Deyectivos; y Borde Litoral.

El área de estudio se ubica en la Zona III caracterizada por una actividad sísmica del tipo Alta, existiendo las posibilidades que ocurra sismos de intensidades considerables en la Escala de Mercalli modificada de VI, VII y IX grados de intensidad. Se recomienda adoptar en los diseños Sismo-Resistentes, el siguiente parámetro: Factor de Zona = 0.40 Factor (g).

En cuanto a las áreas favorables de ser empleadas como canteras de enrocado, los materiales prospectados reúnen condiciones favorables según sus propiedades fisicomecánicas evaluadas teniendo en cuenta las tablas de clasificación geomecánica. Los sectores investigados como canteras de enrocados son: Migsa 22, Sector Huaycocha, Esperanza, La Ronda, Qda. Quirio, Datelli 2, Cieneguilla, Labrador, Canto Grande y Amancaes. Se recomienda realizar ensayos especiales de mecánica de rocas en los estudios posteriores.

Caudales máximos y parámetros hidráulicos

Los caudales máximos en el río Rímac se han calculado considerando la información hidrometeorológicos disponible y los principales afluentes: (1) litoral marino- confluencia río Santa Eulalia, (2) quebrada Canchacalla, (3) quebrada Río Seco, (4) quebrada Viso Mayo, (5) quebrada Parac (6) río Blanco y (7) Chicla.

Los caudales han sido calculados para un periodo de retorno de 100 años por encontrarse importantes centros urbanos y se recomienda deben emplearse los caudales máximos instantáneos para en los estudios y proyectos que se ejecuten en el cauce y bienes asociados del río Rímac.

Los parámetros hidráulicos indicados en el capítulo 10, han sido calculados teniendo en cuenta las características de la cuenca y los caudales máximos instantáneos, por lo que, se recomienda se tome en cuenta en los estudios y proyectos que se ejecuten en el río Rímac.

Red Geodésica

La Red Geodésica está conformado por Puntos Geodésicos de Orden e instalados por la Autoridad Nacional del Agua y COFOPRI, éstos servirán de soporte georreferencial para los levantamientos cartográficos y topográficos para la elaboración de estudios de preinversión e inversión, así como replanteo en la construcción de obras hidráulicas, defensa ribereñas y control de avenidas dentro de la faja marginal.

Calidad de agua

En general, las concentraciones del cadmio, plomo, cromo, arsénico y coliformes fecales, están por encima de los estándares de calidad ambiental. Por lo tanto, es importante que las empresas asentadas en la cuenca, organizaciones de regantes y gobiernos locales, traten y mejoren la calidad de sus efluentes (aguas residuales industriales y domésticas). Asimismo, las instituciones públicas deben asumir sus responsabilidades de supervisión, fiscalización y sancionadora, sobre las empresas que operan transgrediendo los instrumentos legales y ambientales.

Propuesta de medidas estratégicas

La propuesta estratégica contempla medidas estructurales y no estructurales, y se han planteado bajo el concepto del régimen estable, lo que significa que las zonas vulnerables o puntos críticos no representen riesgos de desbordes y erosión de riberas.

Se recomienda que los gobiernos locales y regionales prioricen las actividades planteadas en el estudio para garantizar principalmente la seguridad de la población asentada en las riberas del río Rímac.

Las acciones o medidas estratégicas deben priorizarse de la siguiente manera.

1. Reubicación de las viviendas que se encuentran ubicados en el borde del cauce o zonas de alto riesgo. El área necesaria a desocupar debe considerar la faja marginal y obras anexas. Esta acción debe ser asumido por los gobiernos locales (Municipalidad Metropolitana de Lima y distritales), gobierno regional en coordinación con Defensa Civil y otras instituciones de interés.
2. Programas de sensibilización, capacitaciones y alerta temprana .
3. Delimitación y monumentación de la faja marginal y reforestación. Esta acción debe ser coordinado con la Autoridad Nacional del Agua.
4. Limpieza, descolmatación y encauzamiento, en función al ancho estable propuesto.
5. Protección de diques de tierra existentes con roca u otro acorde al aspecto ambiental y mejoramiento de las defensas ribereñas.

6. Estabilización de los taludes para reducir el riesgo por efectos de la erosión de taludes; principalmente con vegetación.
7. Construcción de obras de defensas ribereñas.

Impactos ambientales

Los mayores impactos ocurrirán en el medio físico, categorizado como impacto negativo leve, cuyos efectos son controlables o revertidos. Los mayores beneficios ambientales ocurrirán en el medio socioeconómico, principalmente en la etapa de construcción y post construcción, correspondientes al incremento y dinamización del comercio local, generación del empleo y la seguridad .

Los impactos negativos generadas por las medidas estructurales son temporales y de menor magnitud que las existentes. No se ha identificado ninguna acción que genere impactos críticos y que por lo tanto sea inadmisibles desde el punto de vista ambiental.

Se recomienda que, para poder aplicar las medidas no estructurales necesarias, debe existir control sobre el uso del terreno, es decir, tener un control institucional. Las medidas no estructurales pueden ser efectivas en el grado en que los gobiernos locales, presentes en la cuenca del río Rímac, sean capaces de diseñar e implementar el uso adecuado del terreno a fin de evitar los conflictos sociales.