



Autoridad Nacional del Agua

Dirección de Estudios de Proyectos Hidráulicos Multisectoriales

MINISTERIO DE AGRICULTURA

Juan Manuel Benites Ramos
Ministro de Agricultura

AUTORIDAD NACIONAL DEL AGUA

Ing. Juan Carlos Sevilla Gildemeister
Jefe

**DIRECCION DE ESTUDIOS DE PROYECTOS HIDRAULICOS
MULTISECTORIALES**

Ing. Tomas Alfaro Abanto
Director

Coordinador del estudio: *Ing. Juan Bardalez Reátegui*

Equipo técnico:

Ing. Jeanne Susan Quiñones Rojas
Ing. Carlos Perleche Fuentes
Ing.

**Tratamiento del cauce del río Urubamba para el
control de inundaciones**

INDICE GENERAL

RESUMEN EJECUTIVO

CAPITULO I: Generalidades

- 1.1 *Antecedentes*
- 1.2 *Objetivo*
 - 1.2.1 *General*
 - 1.2.2 *Específicos*
- 1.3 *Articulación con los planes estratégicos*
- 1.4 *Ámbito del estudio*
- 1.4 *Problemática*
- 1.5 *Justificación*
- 1.6 *Definiciones*

CAPITULO II: Información básica de la cuenca

- 2.1 *Generalidades*
 - 2.1.1 *Ubicación*
 - 2.1.2 *Vías de acceso*
- 2.2 *Características geomorfológicas*
 - 2.2.1 *Área de la cuenca (A)*
 - 2.2.2 *Perímetro de la cuenca (P)*
 - 2.2.3 *Longitud del cauce principal (L)*
 - 2.2.4 *Ancho promedio de la cuenca (Ap)*
 - 2.2.5 *Desnivel altitudinal (DA)*
 - 2.2.6 *Coefficiente de compacidad o Gravelius (Kc)*
 - 2.2.7 *Factor de forma (Kf)*
 - 2.2.8 *Pendiente media del cauce*
 - 2.2.9 *Pendiente media de la cuenca (J)*
 - 2.2.6 *Altitud media (Hmd)*
- 2.3 *Características climatológicas*
 - 2.3.1 *Precipitación*
 - 2.3.2 *Temperatura*
 - 2.3.3 *Humedad Relativa*
 - 2.3.4 *Horas de Sol*
- 2.4 *Red de drenaje*
- 2.5 *Zonas de vida*
- 2.6 *Características socio-económico*
- 2.7 *Evaluación e inventario de las estructuras de protección, cruce y captación*

CAPITULO III: Geología y geotecnia

- 3.1. *Geología regional*
 - 3.1.1 *Unidades geomorfológicas*
- 3.2. *Unidades litológicas*
- 3.3. *Sismicidad*
- 3.4. *Catastro minero en la cuenca del río Pativilca*
- 3.5. *Peligros geológicos registrados en el área de estudio – parte baja de la cuenca*
 - 3.5.1 *Erosión Fluvial*
 - 3.5.2 *Inundaciones Fluviales*
 - 3.5.3 *Erosión de Ladera*
 - 3.5.4 *Flujos de Detritos*
 - 3.5.5 *Caídas de Rocas y Derrumbes*

- 3.6. *Alternativas para el manejo de problemas geodinámicos*
 - 3.6.1 *Medidas para Inundación y Erosión Fluvial*
 - 3.6.2 *Medidas para flujos de detritos*
 - 3.6.3 *Medidas para Caída de Rocas y Derrumbes*
- 3.7. *Geotecnia del área de estudio*
 - 3.7.1 *Investigaciones Geotécnicas Río Pativilca*
 - 3.7.2 *Condiciones Geotécnicas*
 - 3.7.3 *Canteras de enrocado*
- 3.8. *Geotecnia del área de estudio*
 - 3.8.2 *Conclusiones*
 - 3.8.3 *Recomendaciones*
- 3.5. *Alternativas para el manejo de problemas geodinámicos*
 - 3.5.1 *Medidas para inundación y erosión fluvial*
 - 3.5.2 *Medidas para flujos de lodos y detritos*
 - 3.5.3 *Medidas para arenamientos*
 - 3.5.4 *Medidas para derrumbes*
- 3.6. *Geotecnia del área de estudio*
 - 3.6.1 *Investigaciones geotécnicas Zona I (calicata C-1 y C-2)*
 - 3.6.2 *Investigaciones geotécnicas Zona I (calicata C-3 y C-6)*
 - 3.6.3 *Investigaciones geotécnicas Zona I (calicata C-7 y C-10)*
 - 3.6.4 *Investigaciones geotécnicas Zona I (calicata C-11)*
 - 3.6.5 *Condiciones geotécnicas*
- 3.7. *Canteras de enrocado*
 - 3.7.1 *Cantera La Huaquilla*
 - 3.7.2 *Cantera Carrasquillo*
- 3.8. *Conclusiones y recomendaciones*

CAPITULO IV: Caudales máximos-eventos extremos

- 4.1 *Eventos climáticos extremos en la cuenca del río Pativilca*
- 4.2 *Planteamiento hidrológico*
 - 4.2.1 *Método Estadística*
 - 4.3.2 *Método de Fuller*
 - 4.3.3 *Método Envolvente de Creager*
- 4.3 *Resultados*
- 4.5 *Conclusiones*

CAPITULO V: Análisis de la Vulnerabilidad

- 5.1 *Identificación de peligros*
- 5.1 *Identificación y descripción de los puntos críticos por sectores*
- 5.2. *Influencia de los tributarios en el comportamiento del río Pativilca*

CAPITULO VI: Hidráulica fluvial

- 6.1 *Análisis hidráulico del cauce*
 - 6.1.1 *Morfología fluvial*
 - 6.1.2 *Acondicionamiento del cauce al régimen de equilibrio*
 - 6.1.3 *Parámetros hidráulicos fluviales y elementos del cauce*
- 6.2 *Granulometría*
- 6.3 *Análisis de socavación*

CAPITULO VII: Propuesta de medidas estratégicas

- 7.1 *Planteamiento general*
- 7.2 *Medidas estratégicas en el cauce principal*
- 7.3 *Medidas estratégicas en afluentes*

- 7.4 *Medidas no estructurales*
- 7.6 *Recomendaciones de diseño*

CAPITULO VIII: Impactos del Estudio

- 8.1 *Impactos ambientales*
- 8.2 *Impactos socio-económico y culturales*
- 8.3 *Impactos institucional político*
- 8.4 *Conclusiones y recomendaciones*

CAPITULO IX: Conclusiones y recomendaciones

ANEXOS

CAPITULO I: generalidades



INDICE

| | |
|--|----|
| CAPITULO I | 4 |
| GENERALIDADES | 4 |
| 1.1 Antecedentes | 4 |
| 1.2 Objetivos | 5 |
| 1.2.1 <i>Objetivo General</i> | 5 |
| 1.2.2 <i>Objetivos Específicos</i> | 5 |
| 1.3 Articulación con los Planes Estratégicos | 5 |
| 1.4 Ámbito del estudio | 6 |
| 1.5 Problemática | 7 |
| 1.6 Justificación | 9 |
| 1.7 Definiciones | 10 |

Listado de figuras

| | |
|--|-----------|
| <i>Figura 1. Área de influencia directa del estudio</i> | <i>7</i> |
| <i>Figura 2. Desbordes del río Pativilca 2014.....</i> | <i>8</i> |
| <i>Figura 3. Desbordes del río Piura, provincia de Ocros</i> | <i>9</i> |
| <i>Figura 4. Inundación del río Pativilca</i> | <i>9</i> |
| <i>Figura 5. Gaviones tipo caja</i> | <i>13</i> |
| <i>Figura 6. Gaviones tipo colchón.....</i> | <i>14</i> |
| <i>Figura 7. Geoweb o geoceldas.....</i> | <i>15</i> |
| <i>Figura 8. Geomallas.....</i> | <i>15</i> |
| <i>Figura 9. Geobolsas</i> | <i>16</i> |

CAPITULO I

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.

En esta etapa se ejecutaron en la región de Pativilca una inversión mayor a 3.3 millones de Nuevos Soles, destinadas a obras de defensas ribereñas, descolmatación y limpieza de cauces y rehabilitación de diques.

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 Objetivos

1.2.1 Objetivo General

Disponer de una herramienta de gestión para los Consejos Hídricos de Cuenca, Gobiernos Regionales, Gobiernos Locales e instituciones privadas; de tal manera les permita planificar medidas estratégicas para la reducción de riesgos de inundaciones y erosión fluvial, en el río Pativilca y afluentes.

1.2.2 Objetivos Específicos

- a. Establecer los parámetros hidrológicos e 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 trezados, estrangulamiento y ensanchamiento del cauce), niveles de flujo, velocidades máximas, otros.
- b. Identificar las zonas vulnerables, susceptible a desborde y erosión por acción del río Pativilca, afluentes y por la inadecuada extracción de materiales de acarreo.
- c. 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 corresponde al ordenamiento territorial, capacitaciones, sistema de alerta temprana, ordenanzas, delimitación de faja marginal, etc.

1.3 Articulación con los Planes Estratégicos

- o El Estudio se encuentra articulado al Plan Bicentenario El Perú hacia el 2021, mediante el Eje Estratégico 6: Recursos Naturales y Ambiente en los siguientes lineamientos políticos: (2) Impulsar la gestión integrada de los recursos naturales, la gestión integrada de los recursos hídricos y el ordenamiento territorial y (4) Fomentar la investigación sobre el patrimonio natural y las prácticas ancestrales de manejo de recursos y la reducción de la vulnerabilidad.
- o Se encuentra articulado a la Política 32 referido a la Gestión del Riesgo de Desastre, que tiene por finalidad proteger la vida, salud e integridad de la población y que debe ser implementada por los organismos públicos de todos los niveles de gobierno.

- El Plan Estratégico Sectorial Multianual PCM 2007-2015, aprobado mediante Resolución Ministerial N° 147-2010-PCM, dentro de su lineamiento político Buena Gobernanza, indica que se deben fomentar políticas y estrategias nacionales de reducción de riesgos, así como de prevención y atención de desastres.
- El Plan de Desarrollo Regional Concertado 2008-2021, en el Eje Medio Ambiente y Recursos Naturales, objetivo 21, considera “fortalecer las acciones de defensa civil y de prevención de desastres naturales en las zonas de mayor riesgo, promoviendo su articulación desde los gobiernos locales, hacia lo regional y nacional”. Tiene como una de las líneas de acción es fortalecer el sistema regional de prevención y atención de desastres.

1.4 Ámbito del estudio

El presente Estudio se ubica en la cuenca del río Pativilca, cuya área de influencia directa está delimitado por el cauce, faja marginal y la llanura de inundación originada por las máximas avenidas.

Políticamente, se localiza en los departamentos de Ancash y Lima, comprendiendo las provincias de Recuay y Bolognesi en el Departamento de Ancash y Cajatambo y Barranca en el Departamento de Lima.

Geográficamente está comprendido entre los 6°50' y 10°55' de Latitud Sur y los meridianos 76°45' y 77°50' de Longitud Oeste. Altitudinalmente, se extiende desde el nivel del mar hasta la línea de cumbres de la Cordillera Occidental de los Andes, cuyos puntos más elevados están sobre los 4000 m.s.n.m. (fuente: ministerio de Energía y Minas):

http://www.minem.gob.pe/minem/archivos/file/dgaam/publicaciones/evats/pativilca/pativilca_i.htm.

La En la figura 1, se muestra la ubicación de la cuenca del río Pativilca.

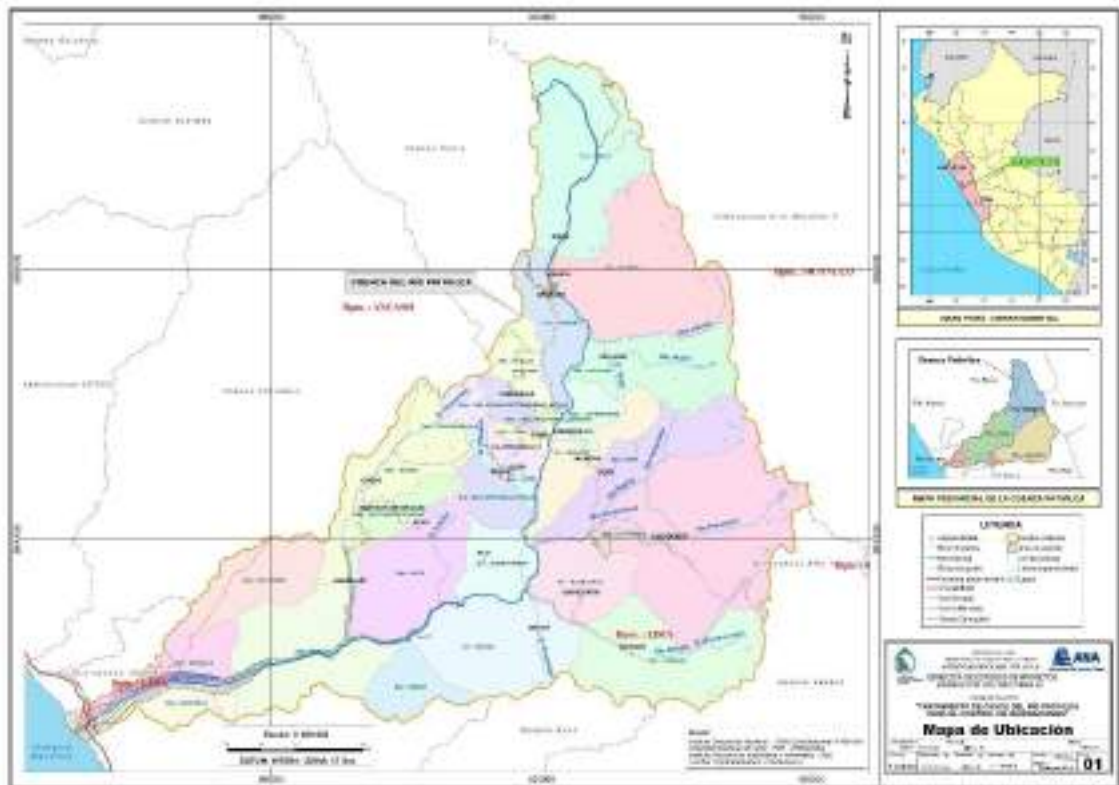


Figura 1. Área de influencia directa del estudio

1.5 Problemática

1.5.1 General

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.

El Fenómeno El Niño 1997-98 ocasionó daños en el país por US\$ 3500 millones de dólares (La Corporación Andina de Fomento, 2000). Los sectores productivos fueron afectados con 46% del daño total, transporte con 21% de los daños, agropecuaria sufrió el 17% de los daños totales. El Fenómeno El Niño 1982-83 ocasionó daños por US\$ 3283 millones de dólares (La Corporación Andina de Fomento), y US\$ 1000 millones de dólares según BIRF.

1.5.2 Específica

En marzo del 2014 las fuertes precipitaciones han ocasionado desbordes afectando 60 hectáreas de cultivos de maíz, camote y cebolla roja de las localidades de Simón Bolívar, Providencia, Las Huertas y Araya Chica (Andina Agencia Peruana de Noticias) y una bocatoma.



Figura 2. Desbordes del río Pativilca 2014

En el año 2013, de acuerdo al reporte de INDECI, las inundaciones del río Pativilca ha dejado 2 hectáreas de suelo agrícola por erosión, inundación de 116 Ha. Afectación de 700 Ha de cultivos por falta de agua por colapso de bocatoma y aproximadamente 1.5 kilómetros de canal de riego afectados.

En la provincia de Ocros, desbordes del río Pativilca ha dejado 5 desaparecidos, 100 familias damnificadas del centro poblado de Mayus, distrito de Carhuapampa (fuente: Pasco Al Día).



Figura 3. Desbordes del río Piura, provincia de Ochos

En febrero de 2012, las crecidas del río Pativilca han ocasionado el colapso de la bocatoma del sector Araya Grande, poniendo en riesgo de quedar sin riego 562 Ha de cultivos. Asimismo, las inundaciones han afectada entre 50 a 80 Ha de cultivos de los sectores de Vinto y Araya Grande (fuente: RPP Noticias).



Figura 4. Inundación del río Pativilca

Fuente: RPP Noticias

1.6 Justificación

Según el Reglamento de la Ley de Recursos Hídricos N° 29338, artículo 263°, indica que “la Autoridad Nacional del Agua definirá y pondrá a disposición de los

gobiernos regionales y locales los criterios generales y caudales de los ríos que se utilizarán para el dimensionamiento de las obras que se proyecten en los programas de control de avenidas, desastres e inundaciones y otros proyectos específicos”.

En la evolución del río Pativilca, han ocurrido desbordes debido a las avenidas ordinarias o extraordinarias con gran capacidad para erosionar o sedimentar. En este proceso de inundación, se han perdido cultivos, tierras agrícolas, deterioro de la infraestructura de servicio y amenaza de la integridad de los pobladores. Las insuficientes obras de defensa ribereña y la deforestación de áreas en la cuenca alta, originan que estos cauces se colmaten y se erosionen las márgenes, poniendo en riesgo a la población asentada.

Ante esta situación la Autoridad Nacional del Agua del Perú propone medidas estratégicas, para prevenir o reducir el riesgo contra las inundaciones y erosiones fluviales; con la finalidad de dotar una herramienta de gestión a los actores de la cuenca, que les permita planificar y ejecutar proyectos que conlleven a la protección de la población, bienes y servicios.

1.7 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 o dique con 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 uno 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. Los gaviones son paralelepípedos rectangulares a base de un tejido de alambre de acero, el cual lleva tratamientos especiales de protección como la galvanización y la plastificación. Tiene las siguientes ventajas:

Durabilidad. La triple capa de zinc o “galvanización pesada”, aseguran una buena protección de PVC, el cual es recomendado en casos de corrosión severa.

Economía

La facilidad de armado de los gaviones hace que no requieran mano de obra especializada. Las herramientas son simples (cizallas, alicates, etc.). Las piedras de relleno son extraídas del mismo lugar de la obra.

Resistencia

Los materiales de los gaviones cumplen con los estándares internacionales de

calidad más exigente, asegurando de esta forma un gavión 100% confiable.

Versatilidad

Los materiales de los gaviones permiten que su construcción sea de manera manual o mecanizada en cualquier condición climática, en presencia de agua o en lugares de difícil acceso. Su construcción es rápida y entra en funcionamiento inmediatamente después de construido, permite su ejecución por etapas y una rápida reparación si se produjera algún tipo de falla.

Estética

Los Gaviones se integran de forma natural a su entorno, permitiendo el crecimiento de vegetación conservando el ecosistema preexistente.

Permeabilidad

Los gaviones al estar constituidos por malla y piedras, son estructuras altamente permeables, lo que impide que se generen presiones hidrostáticas para el caso de obras de defensas ribereñas.



Figura 5. Gaviones tipo caja

Fuente CIDELSA

- **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.

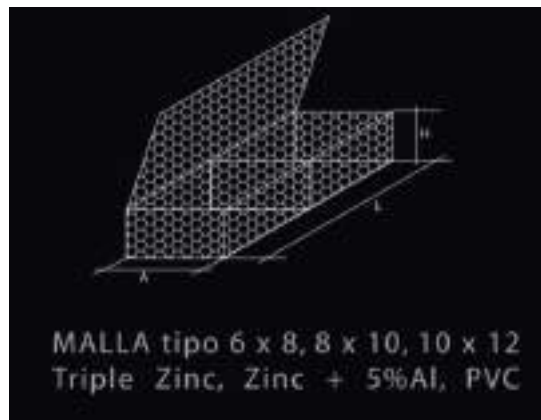


Figura 6. Gaviones tipo colchón

Fuente CIDELSA

- **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.
- **Geoweb.** Celdas rellenas con concreto permite hacer losas flexibles para la protección de taludes y revestimiento de canales, estructuras que podrían adaptarse a posibles asentamientos diferenciales del terreno. De manera similar para estos mismos fines también puede ser relleno, con grava, o TOP SOIL; proporcionando una solución de bioingeniería perdurable.

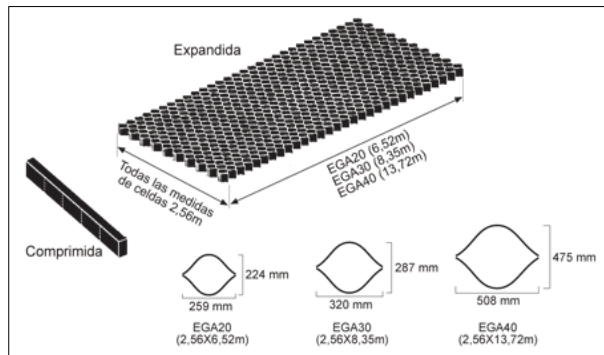


Figura 7. Geoweb o geoceldas

- Geomallas.** Las geomallas permiten dar un gran nivel de refuerzo a los suelos. Las geomallas están elaboradas con multifilamentos de Poliéster de alto peso molecular, el cual posee una alta relación resistencia a la tensión - deformación y muy baja fluencia, es resistente a la degradación por UV y a componentes químicos y biológicos normalmente encontrados en los suelos, a la vez que son ligeras y fáciles de instalar. Se disponen de Geomallas Biaxiales y Uniaxiales. Los usos más frecuentes son: Muros de Suelo Reforzado, Refuerzo de Taludes de Alta Pendiente, Estabilización de Bases y Sub-bases, Refuerzo de nuevas carpetas asfálticas, Protección contra caída de material pétreo, Sistemas de Revegetación colgantes, Vallas flexibles de protección.

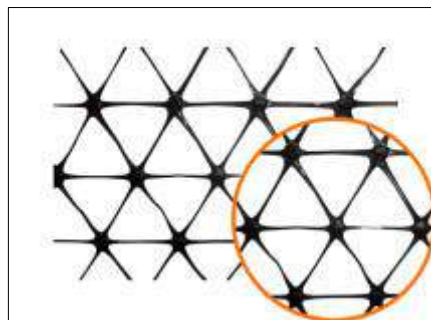


Figura 8. Geomallas

- Geobolsas.** Geocontenedores inyectados con material del lecho de los ríos, lagos, costas, etc., mediante sistemas de dragado, succión o bombeo pueden ser confinados gracias a la porosidad extremadamente baja, la alta resistencia, y baja deformación del geotextil que lo conforma. Se aplican en protecciones de riberas de ríos, costas, control de sedimentos, estabilización de taludes, descontaminación de lagunas, recuperación de la capacidad de embalses, etc. También como estructuras de emergencia en caso de inundaciones y desbordes. Su uso es recomendable en zonas donde el material pétreo o

agregado es cuantioso, o donde existe abundancia de material fino (sedimentos, arcillas, lodos, material colmatado, relaves, etc.).



Figura 9. Geobolsas

- **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 II

Información básica de la cuenca

INDICE

| | |
|--|-----------|
| CAPITULO II | 20 |
| INFORMACION BASICA DE LA CUENCA | 20 |
| 2.1 Generalidades | 20 |
| 2.1.1 <i>Ubicación</i> | 20 |
| 2.1.2 <i>Vías de acceso</i> | 21 |
| 2.2 Parámetros de la cuenca | 22 |
| 2.2.1 <i>Área de la cuenca (A)</i> | 22 |
| 2.2.2 <i>Perímetro de la cuenca (P)</i> | 22 |
| 2.2.3 <i>Longitud del cauce principal (L)</i> | 22 |
| 2.2.4 <i>Ancho promedio de la cuenca (Ap)</i> | 22 |
| 2.2.5 <i>Desnivel altitudinal (DA)</i> | 22 |
| 2.2.6 <i>Coefficiente de compacidad o Gravelius (Kc)</i> | 23 |
| 2.2.7 <i>Factor de forma (Kf)</i> | 24 |
| 2.2.8 <i>Pendiente media del cauce (Ic)</i> | 24 |
| 2.2.9 <i>Pendiente media de la cuenca (J)</i> | 24 |
| 2.2.10 <i>Altitud media. (Hmd)</i> | 26 |
| 2.3 Características climatológicas | 27 |
| 2.3.1 <i>Precipitación</i> | 27 |
| 2.3.2 <i>Temperatura</i> | 29 |
| 2.3.3 <i>Humedad relativa (HR)</i> | 30 |
| 2.3.4 <i>Horas de Sol</i> | 30 |
| 2.4 Red de drenaje | 30 |
| 2.5 Zonas de vida | 32 |
| 2.6 Evaluación e inventario de las obras de protección, cruce y captación | 33 |

Listado de cuadros

| | |
|--|----|
| <i>Cuadro 1. Clases de pendiente, Van Zuidam</i> | 25 |
| <i>Cuadro 2. Caracterización de la pendiente de una cuenca por Heras</i> | 25 |
| <i>Cuadro 3. Parámetros geomorfológicos de la cuenca del río Pativilca</i> | 27 |
| <i>Cuadro 4. Características principales de las formaciones ecológicas</i> | 32 |
| <i>Cuadro 5. Estructuras de captación en el río Pativilca</i> | 36 |
| <i>Cuadro 6. Estructuras de captación en el río Pativilca</i> | 37 |
| <i>Cuadro 7. Estructuras de cruce en el río Pativilca</i> | 37 |

Listado de figuras

| | |
|--|----|
| <i>Figura 1. Ubicación de la cuenca del río Piura</i> | 21 |
| <i>Figura 2. Pendiente de la cuenca del río Piura</i> | 26 |
| <i>Figura 3. Curva hipsométrica del río Pativilca</i> | 26 |
| <i>Figura 4. Precipitación promedio en la parte baja de la cuenca del río Pativilca</i> | 27 |
| <i>Figura 5. Precipitación promedio en la parte media de la cuenca del río Pativilca</i> | 28 |
| <i>Figura 6. Precipitación promedio en la parte alta de la cuenca del río Pativilca</i> | 28 |
| <i>Figura 7. Isoyetas anuales de la cuenca del río Pativilca, límite de cuenca seca y húmeda</i> | 29 |
| <i>Figura 8. Red de drenaje natural de la cuenca del río Pativilca</i> | 32 |
| <i>Figura 9. Dique longitudinal de gaviones</i> | 33 |
| <i>Figura 10. Muro de concreto</i> | 34 |
| <i>Figura 11. Muro de concreto</i> | 34 |
| <i>Figura 12. Estructura de captación</i> | 35 |
| <i>Figura 13. Puente colgante sobre el río Ocros</i> | 35 |
| <i>Figura 14. Puente vehicular sobre el río Pativilca</i> | 36 |

CAPITULO II

INFORMACION BASICA DE LA CUENCA

2.1 Generalidades

2.1.1 Ubicación

La cuenca del río Pativilca tiene 4,577 Km², está ubicada en la vertiente del Pacífico entre las coordenadas 6°50' y 10°55' de Latitud Sur y los meridianos 76°45' y 77°50' de Longitud Oeste; delimitado por el Este con la Cordillera Occidental, por el Sur con las cuencas Supe y Huaura y la intercuenca 137579; por el Norte con las cuencas Santa y Fortaleza y la Intercuenca 137591, desembocando en el Océano Pacífico.

El río Pativilca nace a aproximadamente a una altitud de 4950 m.s.n.m., de la confluencia de las quebradas de Huarapasca, Jachacancha, Antacayan y la laguna Cajat.

Políticamente abarca las regiones de Lima y Ancash, las provincias de Barranca, Ocros, Cajatambo y Bolognesi. Dentro de la cuenca se ubican los distritos de Pativilca, Barranca, Cochabambas, San Pedro, Acas, Ocros, Santiago de Chicas, Carhuapampa, Ambar, San Cristóbal de Rajan, Huancapón, Gorgor, Copa, Llipa, Cajamarquilla, entre otros.

En la figura 1, se muestra la ubicación del río Pativilca, respecto a la cuenca y los límites políticos.

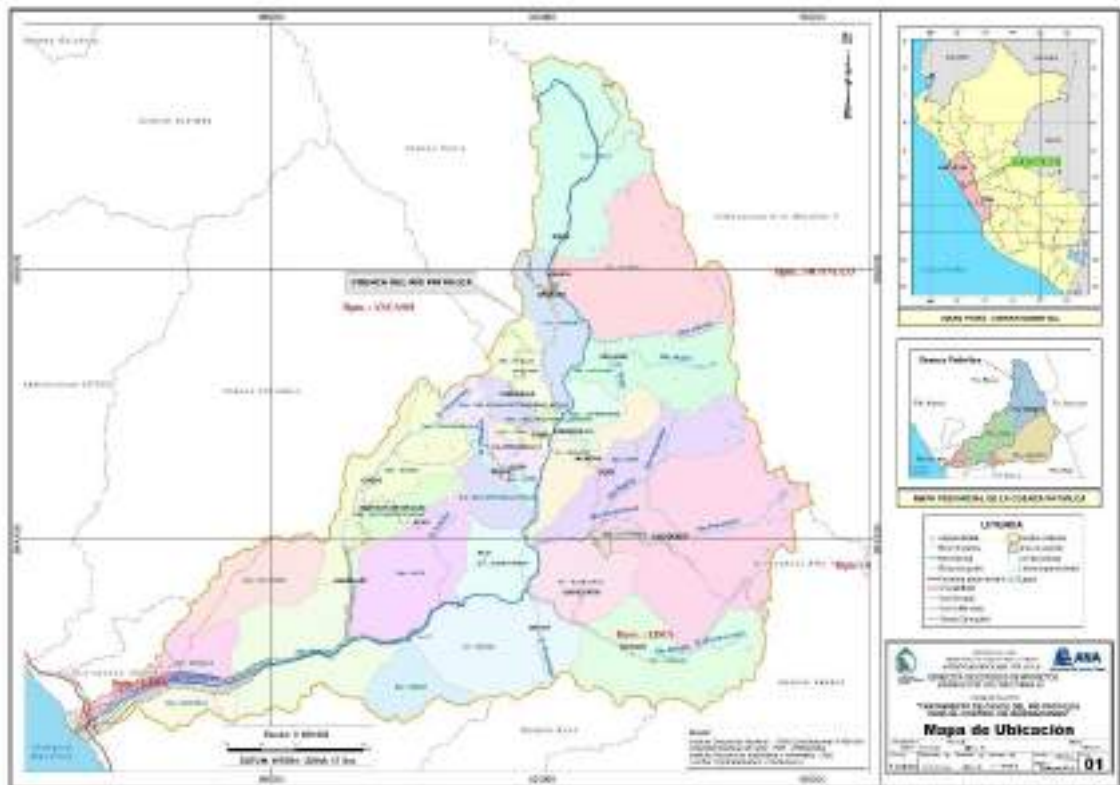


Figura 1. Ubicación de la cuenca del río Piura
Fuente: Elaboración propia

2.1.2 Vías de acceso

La principal vía de acceso a la cuenca ya las ciudades de Barranca y Pativilca, es la Panamericana Norte. Partiendo de la ciudad de Lima toma un tiempo aproximado de 3 horas.

A través de vías no afirmada y trochas carrozables y a lo largo del río Pativilca se puede acceder aguas arriba de la cuenca y llegar al distrito de Cochas, luego por la margen derecha y paralelo al río Huanchay, se llega al distrito de Ocros, Santiago de Chilcas, Lipa, Cajamarquilla, Canis, Corpanqui, Acas y Ticllos. Por la margen izquierda continuando por el río Pativilca y río Gorgor se llega a Huancapón, Gorgor. Luego siguiendo el río Pativilca y Rajay se llega al distrito de Cajatambo, Copa, Mangas y Gorgorillo.

Partiendo de la localidad de Conococha, a través de una vía afirmada se llega al distrito de Chiquián, Huasta y Aquia, ubicados en la parte alta de la cuenca.

2.2 Parámetros de la cuenca

PARÁMETROS BÁSICOS

2.2.1 Área de la cuenca (A).

Está definida como la proyección horizontal de toda el área de drenaje de un sistema de escorrentía dirigido directa o indirectamente a un mismo cauce natural.

Si el área está entre 0 y 250 Km², se considera una cuenca pequeña

Si el área está entre 250 y 2500 Km², se considera una cuenca mediana

Si el área es mayor a 2500 Km², se considera una cuenca grande.

2.2.2 Perímetro de la cuenca (P).

El perímetro de la cuenca o la longitud de la línea de divorcio de la hoya es un parámetro importante, pues en conexión con el área nos puede decir algo sobre la forma de la cuenca.

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.

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).

2.2.5 Desnivel altitudinal (DA)

Es el valor de la diferencia entre la cota más alta de la cuenca y la más baja. Se relaciona con la variabilidad climática y ecológica puesto que una cuenca con

mayor cantidad de pisos altitudinales puede albergar más ecosistemas al presentarse variaciones importantes en su precipitación y temperatura:

$$DA = HM - Hm$$

Donde:

HM : Cota mayor

Hm : Cota menor

PARÁMETROS DE FORMA (MORFOLOGÍA)

La forma de una cuenca es determinante de su comportamiento hidrológico (cuencas con la misma área pero de diferentes formas presentan diferentes respuestas hidrológicas–hidrogramas diferentes por tanto- ante una lámina precipitada de igual magnitud y desarrollo), de ahí que algunos parámetros traten de cuantificar las características morfológicas por medio de índices o coeficientes. Los parámetros de forma principales son: Coeficiente de Gravelius-compacidad y Rectángulo equivalente y factor de forma.

2.2.6 Coeficiente de compacidad o Gravelius (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.

$$Kc = \frac{P}{2\sqrt{\pi A}} = 0.28 \frac{P}{\sqrt{A}}$$

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.

2.2.7 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.

$$Ff = \frac{Am}{L} = \frac{A/L}{L} = \frac{A}{L^2}$$

Donde:

A = Área de la cuenca (km²).

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

Explica que la cuenca es de forma alargada, se espera una respuesta moderada a las inundaciones debido a las precipitaciones

PARÁMETROS DE RELIEVE

El relieve de una cuenca tiene más influencia sobre la respuesta hidrológica que su forma; podemos decir que a mayor relieve o pendiente la generación de escorrentía se produce en tiempos menores.

Los parámetros de relieve principales son: pendiente media del cauce (Ic), pendiente media de la cuenca (j), curva hipsométrica, histograma de frecuencias altimétricas y altura media (H).

2.2.8 Pendiente media del cauce (Ic)

Relaciona la altitud máxima (HM), la altitud mínima (Hm) y la longitud del río, a través de la siguiente relación.

La pendiente del cauce se calcula con la siguiente relación:

$$Ic = \frac{HM - Hm}{1000 \times L}$$

2.2.9 Pendiente media de la cuenca (J)

La pendiente media de la cuenca depende de la configuración del terreno y es aquel parámetro que controla la velocidad con que se dará la escorrentía

superficial en dicha cuenca, poder de arrastre y erosión sobre la cuenca.

Van Zuidam (1986) propone una categorización de la pendiente de la cuenca (cuadro 1).

Según Heras, propone una categorización del relieve, según la pendiente del terreno (cuadro 2).

Cuadro 1. Clases de pendiente, Van Zuidam

| Clase de pendiente | | Condiciones del terreno |
|--------------------|--------|---|
| (°) | (%) | |
| 0-2 | 0-2 | Planicie, sin denudación apreciable. |
| 2-4 | 2-7 | Pendiente muy baja, peligro de erosión. |
| 4-8 | 7-15 | Pendiente baja, peligro severo de erosión. |
| 8-16 | 15-30 | Pendiente moderada, deslizamientos ocasionales, peligro de erosión severo |
| 16-35 | 30-70 | Pendiente fuerte, procesos denudacionales intensos (deslizamientos), peligro extremo de erosión de suelos. |
| 35-55 | 70-140 | Pendiente muy fuerte, afloramientos rocosos, procesos denudacionales intensos, reforestación posible. |
| > 55 | > 140 | Extremadamente fuerte, afloramientos rocosos, procesos denudacionales severos (caída de rocas), cobertura vegetal limitada. |

Cuadro 2. Caracterización de la pendiente de una cuenca por Heras

| Pendiente en % | Tipo de terreno |
|----------------|--------------------|
| 2 | Llano |
| 5 | Suave |
| 10 | Accidentado medio |
| 15 | Accidentado |
| 25 | Fuerte Accidentado |
| 50 | Escarpado |
| > 50 | Muy escapado |

En la figura 2, se muestra la distribución de la pendiente de la cuenca del río Pativilca.

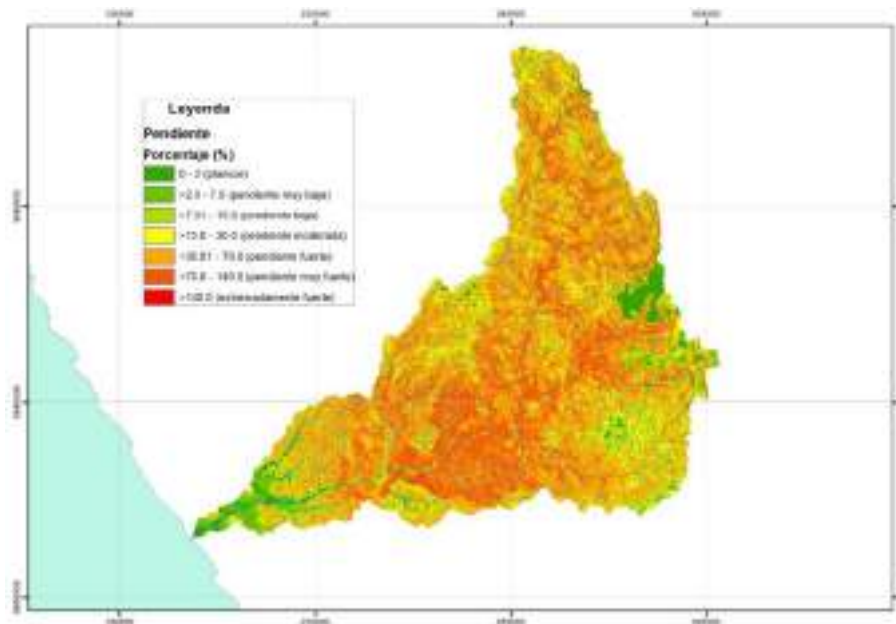


Figura 2. Pendiente de la cuenca del río Piura

Fuente: elaboración propia

2.2.10 Altitud media. (Hmd).

La altitud media de la cuenca tiene importancia principalmente en zonas montañosas, pues nos da una idea de la climatología de la región, basándonos en un patrón general climático de la zona. La elevación media de la cuenca se obtiene a partir de la curva hipsométrica, que equivale a la cota correspondiente al 50% del área de la cuenca.

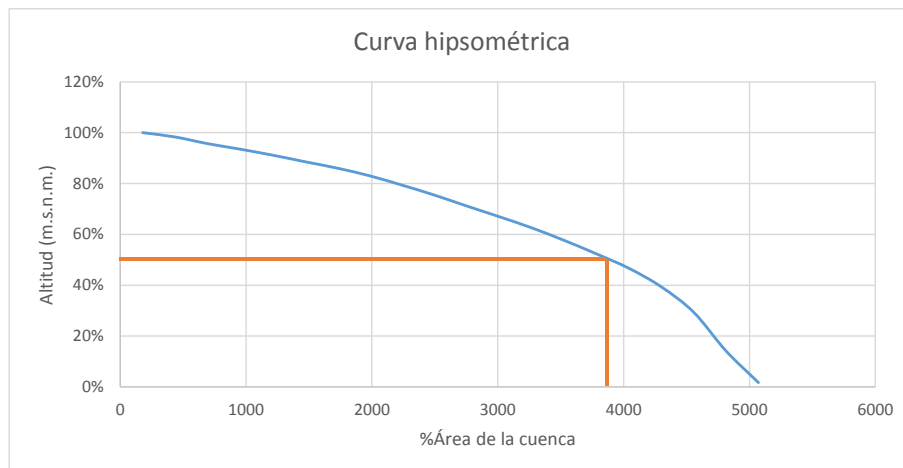


Figura 3. Curva hipsométrica del río Pativilca

En el cuadro 3, se muestra los parámetros de la cuenca del río Pativilca. De acuerdo al área es una cuenca grande y de acuerdo a la longitud del cauce, es una cuenca larga.

Cuadro 3. Parámetros geomorfológicos de la cuenca del río Pativilca

| Nombre del cauce | Área (A) | Perímetro (P) | Longitud de cauce mayor (L) | Ancho promedio ($A_p=A/L$) | Pendiente del cauce (Ic) | Pendiente de la cuenca | Altitud máxima | Altitud mínima | Desnivel altitudinal | Altitud media | Coeficiente de compacidad (Kc) | Factor de forma (Ff) |
|------------------|--------------------|---------------|-----------------------------|------------------------------|--------------------------|------------------------|----------------|----------------|----------------------|---------------|--------------------------------|-------------------------------|
| | (Km ²) | (Km) | (Km) | (Km) | (%) | (%) | m.s.n.m. | m.s.n.m. | m.s.n.m. | m.s.n.m. | $K_c = \frac{P^2}{A \cdot L}$ | $F_f = \frac{L^3}{A \cdot P}$ |
| Río Pativilca | 4577 | 441 | 180 | 25.4 | 2.7 | 45 | 4950 | 5 | 4945 | 3800 | 1.8 | 0.14 |

Fuente: elaboración propia-ANA

2.3 Características climatológicas

2.3.1 Precipitación.

El régimen de lluvias en la cuenca del río Pativilca, varía de acuerdo a la altitud y aumenta desde el litoral marino hacia la parte alta.

De acuerdo a la estación Huayto, ubicado a una altitud de 220 m.s.n.m. la precipitación anual en la parte baja de la cuenca es menor 5 mm al año.

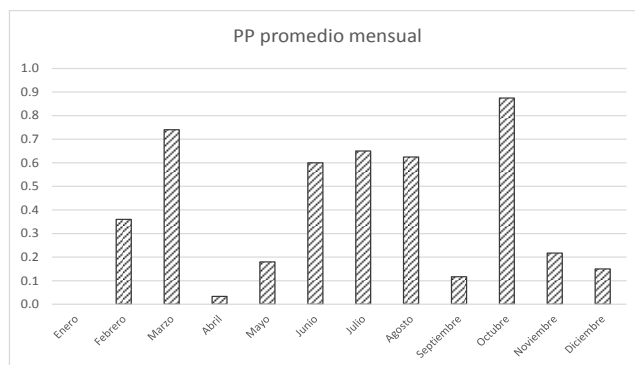


Figura 4. Precipitación promedio en la parte baja de la cuenca del río Pativilca

Las estaciones de Acos, Aca y Gorgor, ubicados a una altitud promedio de 3000 m.s.n.m., muestran que la precipitación promedio anual en la parte media de la cuenca es 330 mm al año, donde las mayores precipitaciones se dan en el mes de marzo con un promedio de 91 mm.

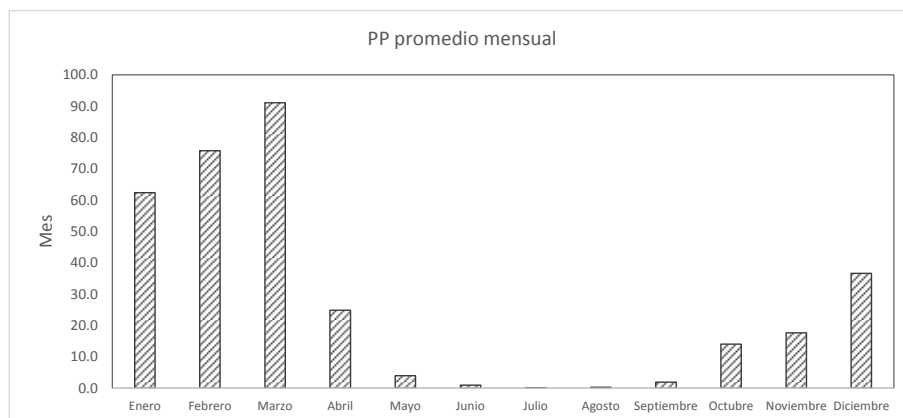


Figura 5. Precipitación promedio en la parte media de la cuenca del río Pativilca

Las estaciones de Chiquian y Cajatambo, ubicados a una altitud mayor a 3500 m.s.n.m., muestran que la precipitación promedio anual en la parte alta de la cuenca va de 637 a 800 mm al año, donde las mayores precipitaciones se dan en el mes de marzo con un promedio de 137 mm.

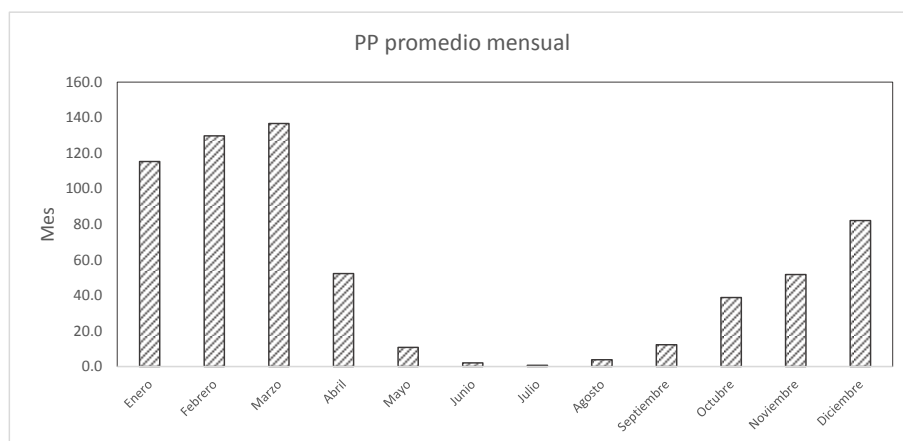


Figura 6. Precipitación promedio en la parte alta de la cuenca del río Pativilca

En la figura 7, se muestra las isoyetas anuales (en mm) de la cuenca del río Pativilca.

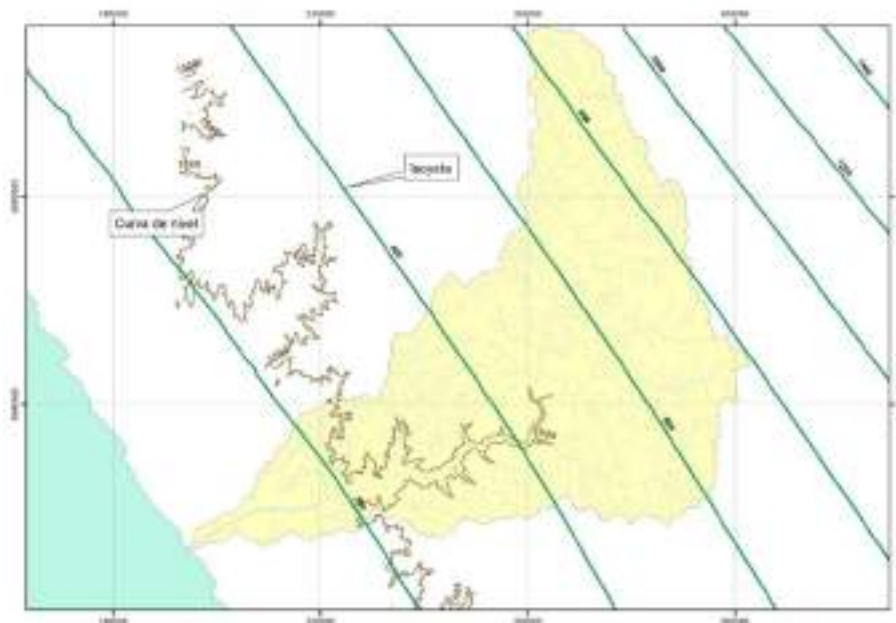


Figura 7. Isoyetas anuales de la cuenca del río Pativilca, límite de cuenca seca y húmeda

2.3.2 Temperatura

La temperatura va desde el tipo semicálido (20° en Purmacana a 170 ms.n.m.), hasta el tipo frío (11.6°C en Chiquian a 3400 m.s.n.m.), en la parte alta de la cuenca la temperatura puede llegar al tipo gélido apolar (0°C a 5000 m.s.n.m.).

La temperatura media en la cuenca registra un comportamiento variable, en su distribución espacial y temporal; registrándose en marzo las mayores temperatura, con valores que fluctúan entre $16,0^{\circ}\text{C}$ y $24,0^{\circ}$ y el más frío en agosto con $13,0^{\circ}\text{C}$ y $19,0^{\circ}\text{C}$.

La temperatura mínima en la cuenca, registra un comportamiento variable en su distribución espacial y temporal, teniéndose durante los meses de junio y julio las menores temperaturas que oscilan entre $9,0^{\circ}\text{C}$ y 15°C y las mayores durante el marzo con $11,0^{\circ}\text{C}$ y $20,0^{\circ}\text{C}$.

La temperatura máxima en la cuenca, se caracteriza por registrar un comportamiento variable a nivel espacial y temporal, teniéndose durante el mes de febrero las mayores temperaturas que oscilan entre $19,0^{\circ}\text{C}$ y $31,0^{\circ}\text{C}$ (valor generado mediante gradiente térmico), y las menores en julio y agosto con valores

que fluctúan entre 19,0°C y 24,0°C (valor generado mediante gradiente térmico)¹

2.3.3 Humedad relativa (HR)

A nivel medio, esta variable registra un comportamiento uniforme en su distribución espacial y temporal, registrando durante el período abril-agosto los mayores valores que oscilan entre 80% y 82%, mientras que en el período noviembre - febrero se tiene los menores valores con 70% y 74%¹.

2.3.4 Horas de Sol

Experimenta un comportamiento variable en la distribución espacial y temporal, con valores anuales que fluctúan entre 178,0 horas y 188,5 horas. Los mayores valores para la parte baja de la cuenca se da entre noviembre y abril, los que oscilan entre 175 a 215 horas mensuales, mientras que para la parte media y alta en este período ocurren los menores valores que varían de 70,0 horas y 145,0 horas. En el período mayo – octubre, los mayores valores ocurren en la parte media y alta de la cuenca con 182,0 horas y 310 horas al mes y, en la parte baja se presentan los valores menores que oscilan entre 145 y 199 horas¹.

2.4 Red de drenaje

a. **Río Pativilca**, es de régimen permanente e irregular. Sus principales afluentes por la margen izquierda son los ríos Gorgor, Rapay, Achin y Quero. Por la margen derecha quebradas Huanchay, Ushpacota, Pisopate, Yanayaco y Pichcarnara.

Afluentes principales margen izquierda

- o **Río Gorgor**. Nace en las lagunas de Tocto, Tayacocha y Sondoriana. Es alimentado por las quebradas de Chanquillo, Condor y la quebrada Pacomayo, para formar el río Gorgor. Otros afluentes, son las quebradas Pitacancha, Mashuaragra, Ayarmachay, Sequir, Tungri, De curi, Quinllan, Arcamayo, y los ríos Colpa, Surco, Paca, etc.
- o **Río Rapay**. Tiene su origen en las lagunas de Sarapococha, Jurau, Viconga y Collorcocha. Es formado por la confluencia de los ríos Huayllapa y Pumarinri. Otros afluentes son las Qdas. Yapac, Tumac, Yumar, río

¹ Fuente: <http://www.senamhi.gob.pe/load/file/03705SENA-22022013.pdf>

Cuchichaca, etc.

- **Río Achin.** Nace en las lagunas de Solteracocha y Jahuacocha. Su principal afluente es el río Llamac.
- **Río Quero.** Nace en las lagunas de Calupuyoc, Contaycocha y Condorcocha. Es formado por la confluencia de las Qdas. Condor y Mahuay, éste a su vez es formado por las Qdas. De Pampahuay y Parlash.

Afluentes principales margen derecha

- **Río Huanchay.** Nace con el nombre de Qda. Chonta y al unirse con la Qda. Huallac, toma el nombre de río Grande Chota; luego toma el nombre de río Ocros a partir de la Qda. Hualcos.
- **Quebrada Pisopate.** Nace de la confluencia de las Qdas. Lucma y Chinchis.
- **Quebrada Carnero.** Nace de la confluencia de las Qdas. Puscayan y Sinsan. Tiene como su principal afluente la Qda. Yaroc.

b. Lagunas, en la parte alta de la cuenca se han identificado las principales lagunas: Calupuyoc, Contaycocha, Cordercocha, Solteracocha, Jahuacocha, Sarapococha, Jurau, Viconga y Collorcocha.

En la figura 8, se muestra el mapa de hidrográfico de la cuenca del río Pativilca, se nota que la mayor cantidad de afluentes se encuentran en la margen izquierda, por lo que se concluye que el mayor aporte de caudales en épocas de avenidas lo constituye de esta margen.

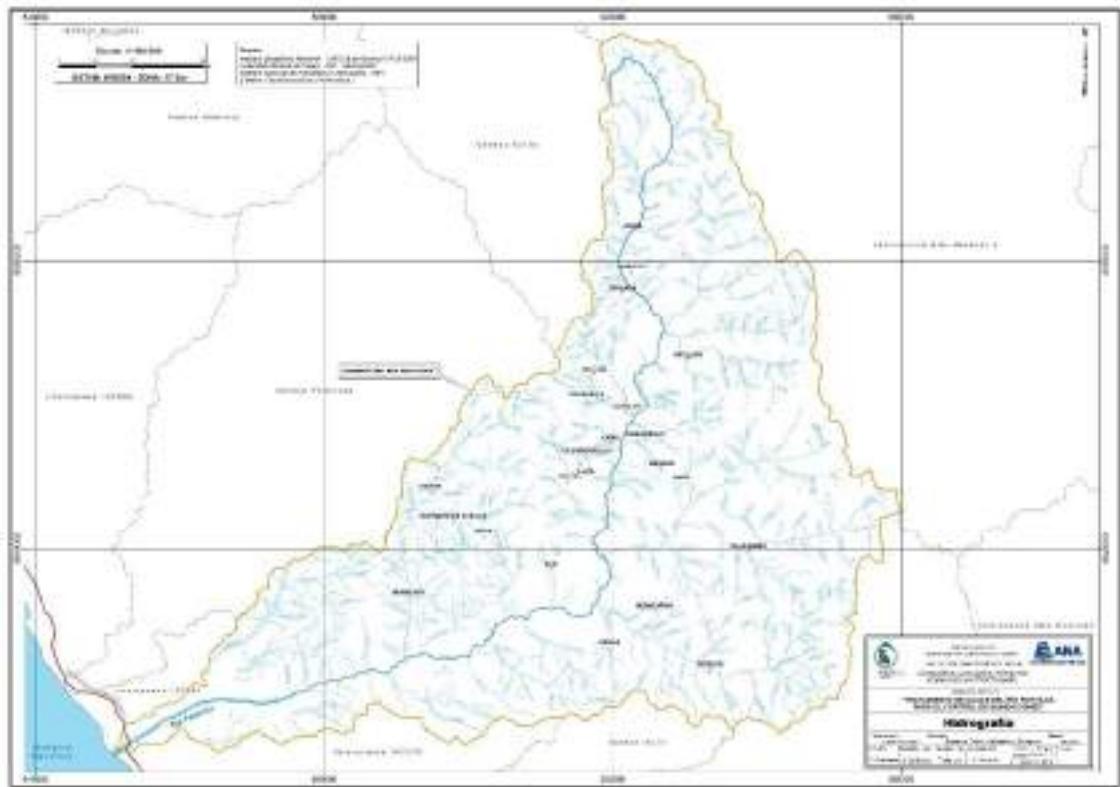


Figura 8. Red de drenaje natural de la cuenca del río Pativilca

2.5 Zonas de vida

Las formaciones ecológicas y sus características se muestran en el cuadro 4.

Cuadro 4. Características principales de las formaciones ecológicas

| Formaciones ecológicas | Altitud (mm) | Temperatura promedio anual (°C) | Precipitación promedio anual (mm) | Tipo de actividad |
|--------------------------------|--------------|---------------------------------|-----------------------------------|---|
| Desierto pre-montano | 0 - 900 | 19.5 | 0 - 50 | Agricultura intensiva y semi-intensiva bajo riego. Ganadería establecida de vacunos y pastoreo de caprinos |
| Matorral desértico pre-montano | 500 - 1800 | 17 | 50 - 200 | Agricultura de subsistencia bajo riego y escaso pastoreo temporal |
| Estepa espinosa montano bajo | 1600 - 2800 | 14 | 200 - 500 | Agricultura de subsistencia bajo riego y al secano. Incipiente actividad forestal y pastoreo temporal de ganado vacuno |
| Pradera húmeda montano | 2600 - 3700 | 10 | 500 - 1000 | Agricultura semi-intensiva mayormente bajo secano comercialización de productos). Gran actividad forestal y pastoreo semi-permanente de ganado vacuno y ovino |
| Pradera muy húmeda montano | 3700 - 4200 | 8 | 1000 - 1400 | Pastoreo extensivo de ganado vacuno y ovino. |

Fuente: http://www.minem.gob.pe/minem/archivos/file/dgaam/publicaciones/evats/pativilca/pativilca_i.htm

2.6 Evaluación e inventario de las obras de protección, cruce y captación

Previamente se ha establecido una ficha para el levantamiento de datos, la estrategia de búsqueda de las obras del inventario y el análisis de la información recolectada. El recorrido para el inventario se ha iniciado en la parte baja hacia la parte alta de la cuenca.

Se dan a conocer los diferentes tipos de obras de defensa, obras de cruce (puentes), obras de captación, construidos en el valle, las responsabilidades que a futuro deben asumir dentro de las funciones de diferentes instituciones de gobierno involucradas en el campo de la protección contra inundaciones, a las que será útil el Inventario.

No se incluye la metodología para su construcción, las fuentes y recopilación de Información de este aspecto, la elaboración de la ficha para el levantamiento de datos, la estrategia de búsqueda de las obras del Inventario y el análisis de la información recolectada. Presenta una diferenciación de los tipos de obras construidas inventariadas e impresa que conforman el Inventario.

Los tipos de estructuras identificados son:

- **Muro tipo dique longitudinal de gaviones**, conformado por 03 cuerpos colchón antisocavante, se observa buena conservación, se prevé buena operatividad (figura 9).



Figura 9. Dique longitudinal de gaviones

- **Muro de concreto longitudinal** este tipo de estructura tiene como fin evitar la erosión lateral y desborde una sección se muestra en la figura 10.



Figura 10. Muro de concreto

- **Dique enchapado con roca** grande acomodada, que aparenta estar estabilizada, construida en tramo recto del curso del río, que la experiencia enseña que es donde tiene mejor comportamiento a la fuerte velocidad de arrastre y contención (figura 11).



Figura 11. Muro de concreto

- **Estructura de captación** permanente en la margen derecha, de la ribera del río se observa que es importante para la determinación del ancho estable. Se aprecia dos compuertas de captación, aliviadero lateral y muros de encauzamiento (figura 12).



Figura 12. Estructura de captación

- **Puente colgante** sobre el río Ocros para tránsito liviano, personas y animales, importante porque define el ancho del cauce (figura 13).



Figura 13. Puente colgante sobre el río Ocros

- **Puente de cruce** en el río Pativilca, autopista de la Panamericana Norte de 381 m de luz nuevo, el antiguo tiene 360 m de luz, en la figura 14, se observa uno de los dos puentes.



Figura 14. Puente vehicular sobre el río Pativilca

En los cuadros 5, 6 y 7, se muestra la relación de estructuras de protección y su estado de conservación, estructuras de captación y estructuras de cruce.

Cuadro 5. Estructuras de captación en el río Pativilca

| N | Tipo de obra | Departamento | Provincia | Distrito | Sector | Este | Norte | Longitud | Margen | Material | Estado |
|----|--|--------------|-----------|-----------|------------------------------|--------|---------|----------|--------|------------------|-----------|
| 1 | Dique enmallado | Lima | Barranca | Pativilca | Puente Bolivar | 196122 | 8813209 | 50 | D | Malla | Bueno |
| 2 | Dique enmallado | Lima | Barranca | Pativilca | Puente Bolivar | 196337 | 8813356 | 160 | D | Malla | Bueno |
| 3 | Muro de Concreto | Lima | Barranca | Pativilca | Puente Bolivar | 196464 | 8813486 | 275 | D | Concreto | Bueno |
| 4 | Dique de material propio | Lima | Barranca | Pativilca | Puente Bolivar | 196806 | 8813760 | 525 | D | Conglomerado | Bueno |
| 5 | Dique enrocado | Lima | Barranca | Pativilca | Puente Nuevo Panamericana | 197379 | 8814156 | 600 | D | Roca | Bueno |
| 6 | Dique enrocado | Lima | Barranca | Barranca | Puente Nuevo Panamericana | 197597 | 8813880 | 500 | I | Roca | Bueno |
| 7 | Espigón | Lima | Barranca | Pativilca | Puente Nuevo Panamericana | 197759 | 8814469 | 185 | D | Roca | Bueno |
| 8 | Espigón | Lima | Barranca | Pativilca | Molino | 198153 | 8814747 | 142 | D | Roca | Bueno |
| 9 | Espigón | Lima | Barranca | Pativilca | Molino | 198361 | 8814836 | 110 | D | Roca | Bueno |
| 10 | Espigón | Lima | Barranca | Pativilca | Molino | 198525 | 8814997 | 110 | D | Roca | Bueno |
| 11 | Espigón | Lima | Barranca | Pativilca | Molino | 198814 | 8815259 | 100 | D | Roca | Bueno |
| 12 | Espigón | Lima | Barranca | Pativilca | Molino | 198951 | 8815384 | 55 | D | Roca | Bueno |
| 13 | Espigón | Lima | Barranca | Pativilca | Molino | 199136 | 8815472 | 70 | D | Roca | Bueno |
| 14 | Espigón | Lima | Barranca | Pativilca | Molino | 199315 | 8815567 | 50 | D | Roca | Bueno |
| 15 | Espigón | Lima | Barranca | Pativilca | Puntizuela | 200007 | 8815982 | 75 | D | Roca | Bueno |
| 16 | Espigón | Lima | Barranca | Pativilca | Puntizuela | 199988 | 8815896 | 310 | D | Roca | Bueno |
| 17 | Dique enmallado | Lima | Barranca | Pativilca | Puntizuela | 200235 | 8816143 | 225 | D | Malla | Colapsado |
| 18 | Dique con material de préstamo enchapado | Lima | Barranca | Pativilca | Puntizuela | 200825 | 8816766 | 1000 | D | Piedra enchapada | Bueno |
| 19 | Dique con material de préstamo enchapado | Lima | Barranca | Pativilca | Puntizuela | 201356 | 8816998 | 590 | D | Piedra enchapada | Bueno |
| 20 | Dique | Lima | Barranca | Barranca | Vinto Bajo | 202352 | 8816964 | 295 | I | Conglomerado | Bueno |
| 21 | Dique de material propio | Lima | Barranca | Barranca | Vinto Bajo | 203823 | 8817659 | 500 | I | Conglomerado | Bueno |
| 22 | Dique enrocado | Lima | Barranca | Barranca | Huayto | 208679 | 8819563 | 826 | I | Roca | Bueno |
| 23 | Dique enrocado | Lima | Barranca | Barranca | Huayto | 211766 | 8819959 | 2500 | D | Roca | Bueno |
| 24 | Dique enmallado | Lima | Barranca | Barranca | Araya Grande | 213691 | 8819356 | 198 | I | Malla | Bueno |
| 25 | Dique enmallado | Lima | Barranca | Barranca | Araya Grande | 213886 | 8819281 | 45 | I | Malla | Bueno |
| 26 | Dique con material de préstamo enchapado | Lima | Barranca | Pativilca | La Vega | 213875 | 8819601 | 180 | D | Piedra enchapada | Bueno |
| 27 | Dique enrocado | Lima | Barranca | Pativilca | La Vega | 214108 | 8819613 | 250 | D | Roca | Bueno |
| 28 | Dique con material de préstamo enchapado | Lima | Barranca | Pativilca | La Vega | 214280 | 8819615 | 140 | D | Piedra enchapada | Bueno |
| 29 | Dique enrocado | Lima | Barranca | Pativilca | La Vega | 214449 | 8819576 | 220 | D | Roca | Bueno |
| 30 | Dique con material de préstamo enchapado | Lima | Barranca | Pativilca | La Vega | 214649 | 8819586 | 150 | D | Piedra enchapada | Bueno |
| 31 | Dique enrocado | Lima | Barranca | Pativilca | La Vega | 215019 | 8819548 | 500 | D | Roca | Bueno |
| 32 | Dique enrocado | Lima | Barranca | Pativilca | La Vega | 215431 | 8819588 | 250 | D | Roca | Bueno |
| 33 | Dique con material de préstamo enchapado | Lima | Barranca | Barranca | Araya Chica | 217896 | 8819789 | 1000 | I | Piedra enchapada | Bueno |
| 34 | Dique con material de préstamo enchapado | Ancash | Ocros | Cochas | Las Vírgenes | 220766 | 8821237 | 300 | I | Piedra enchapada | Bueno |
| 35 | Dique con material de préstamo enchapado | Ancash | Ocros | Cochas | Cochas | 222740 | 8822555 | 2000 | D | Piedra enchapada | Bueno |
| 36 | Dique enrocado | Ancash | Ocros | Cochas | Alpas | 224839 | 8822883 | 525 | D | Roca | Bueno |
| 37 | Dique enrocado | Ancash | Ocros | Cochas | Alpas | 225075 | 8822788 | 340 | I | Roca | Bueno |
| 38 | Espigón | Ancash | Ocros | Cochas | Nueva Bocatoma La Vega | 225685 | 8822996 | 25 | D | Roca | Bueno |
| 39 | Espigón | Ancash | Ocros | Cochas | Nueva Bocatoma La Vega | 225728 | 8823016 | 20 | D | Roca | Bueno |
| 40 | Espigón | Ancash | Ocros | Cochas | Nueva Bocatoma La Vega | 225772 | 8823036 | 20 | D | Roca | Bueno |
| 41 | Espigón | Ancash | Ocros | Cochas | Nueva Bocatoma La Vega | 225821 | 8823055 | 20 | D | Roca | Bueno |
| 42 | Enrocado acomodado | Ancash | Ocros | Cochas | Nueva Bocatoma La Vega | 225814 | 8822943 | 30 | I | Roca | Bueno |
| 43 | Dique enrocado | Ancash | Ocros | Cochas | Nueva Bocatoma La Vega | 226148 | 8823097 | 500 | D | Roca | Bueno |
| 44 | Dique con material de préstamo enchapado | Ancash | Ocros | Ocros | La Vega | 234319 | 8838425 | 85 | D | Piedra enchapada | Bueno |
| 45 | Dique enrocado | Ancash | Ocros | Acas | Toma Yamachupan | 239213 | 8826082 | 150 | D | Roca | Bueno |
| 46 | Dique enrocado | Ancash | Ocros | Acas | Toma Yamachupan | 239408 | 8826022 | 100 | D | Roca | Bueno |
| 47 | Enrocado de protección | Ancash | Ocros | Acas | Puente Cahua | 243553 | 8826631 | 15 | D | Roca | Bueno |
| 48 | Dique de roca al volteo | Ancash | Cajatambo | Manas | Central Hidroeléctrica Cahua | 246750 | 8830150 | 100 | I | Roca | Bueno |
| 49 | Dique de roca al volteo | Ancash | Cajatambo | Manas | Central Hidroeléctrica Cahua | 246742 | 8830283 | 100 | I | Roca | Bueno |

Cuadro 6. Estructuras de captación en el río Pativilca

| N° | Tipo de Obra | Departamento | Provincia | Distrito | Sector | Este | Norte | Longitud | Altura | DERECHA | IZQUIERDA | MATERIAL | ESTADO |
|----|-------------------------------|--------------|-----------|-----------|------------|--------|---------|----------|--------|---------|-----------|----------|--------------|
| 1 | BOCATOMA GALPON | LIMA | BARRANCA | PATIVILCA | Puntizuela | 201018 | 8817082 | 0 | | X | | Concreto | Bueno |
| 2 | BOCATOMA PARAMONGA | ANCASH | OCROS | COCHAS | La Vega | 211524 | 8820037 | 0 | | X | | Concreto | Bueno |
| 3 | BOCATOMA VINTO | LIMA | BARRANCA | BARRANCA | Vinto | 213853 | 8819280 | 0 | | | X | Concreto | Bueno |
| 4 | BOCATOMA HUAYTO | ANCASH | OCROS | COCHAS | La Vega | 216633 | 8819801 | 0 | | | X | Concreto | Bueno |
| 5 | BOCATOMA PATIVILCA ANTIGUO | ANCASH | OCROS | COCHAS | Alpas | 225272 | 8822871 | 0 | | | X | Concreto | No operativa |
| 6 | BOCATOMA LA VEGA | ANCASH | OCROS | COCHAS | Otopongo | 226358 | 8823201 | 0 | | X | | Concreto | Bueno |
| 7 | BOCATOMA NUEVA PATIVILCA-MURO | LIMA | BARRANCA | COCHAS | Alpas | 226497 | 8823304 | 40 | | | X | Concreto | Inconclusa |
| 8 | BOCATOMA ALPAS | ANCASH | OCROS | COCHAS | Alpas | 228833 | 8823931 | 0 | | X | | Concreto | Bueno |
| 9 | BOCATOMA YANAPAMPA BAJA | ANCASH | OCROS | ACAS | Yanapampa | 241291 | 8826036 | 3 | 3 | X | | Concreto | Bueno |
| 10 | BOCATOMA - MUROS | LIMA | BARRANCA | COCHAS | Yanapampa | 243540 | 8826629 | 200 | | | X | Concreto | Bueno |
| 11 | BOCATOMA VILCAPAMPA | ANCASH | OCROS | ACAS | Vilcapampa | 243785 | 8827371 | 1 | 1.1 | X | | Concreto | Bueno |

Cuadro 7. Estructuras de cruce en el río Pativilca

| N° | Nombre | Este | Norte | Departamento | Provincia | Distrito |
|----|-----------------------------|--------|---------|--------------|-----------|-------------|
| 1 | Puente | 232546 | 8824288 | Ancash | Ocros | Cochas |
| 2 | Puente Corte Rinconada | 234098 | 8839341 | Ancash | Ocros | Ocros |
| 3 | Puente Yanapampa | 240103 | 8826048 | Ancash | Ocros | Acas |
| 4 | Puente Cahuas | 243570 | 8826621 | Ancash | Ocros | Acas |
| 5 | Puente Mayus | 254447 | 8833185 | Ancash | Ocros | Carhuapampa |
| 6 | Puente Colgante Cuchillas | 235087 | 8832659 | Ancash | Ocros | Cochas |
| 7 | Puente Yanachupan | 234666 | 8826591 | Ancash | Ocros | Cochas |
| 8 | Puente Nuevo Panamericana | 197440 | 8813978 | Lima | Barranca | Barranca |
| 9 | Puente Antigua Panamericana | 196627 | 8813472 | Lima | Barranca | Barranca |

CAPITULO III

Geología y geotecnia



INDICE

| | |
|---|-----------|
| CAPITULO III | 41 |
| GEOLOGÍA Y GEOTECNIA | 41 |
| 3.1. GEOLOGÍA REGIONAL | 41 |
| 3.1.1 <i>Unidades geomorfológicas</i> | 41 |
| 3.2. UNIDADES LITOLÓGICAS | 44 |
| 3.3. SISMICIDAD | 47 |
| 3.4. CATASTRO MINERO EN LA CUENCA DEL RÍO PATIVILCA | 47 |
| 3.5. PELIGROS GEOLÓGICOS REGISTRADOS EN EL ÁREA DE ESTUDIO – PARTE BAJA DE LA CUENCA | 49 |
| 3.5.1 <i>Erosión Fluvial</i> | 49 |
| 3.5.2 <i>Inundaciones Fluviales</i> | 49 |
| 3.5.3 <i>Erosión de Ladera</i> | 50 |
| 3.5.4 <i>Flujos de Detritos</i> | 50 |
| 3.5.5 <i>Caídas de Rocas y Derrumbes</i> | 50 |
| 3.6. ALTERNATIVAS PARA EL MANEJO DE PROBLEMAS GEODINÁMICOS | 51 |
| 3.6.1 <i>Medidas para Inundación y Erosión Fluvial</i> | 51 |
| 3.6.2 <i>Medidas para flujos de detritos</i> | 55 |
| 3.6.3 <i>Medidas para Caída de Rocas y Derrumbes</i> | 55 |
| 3.7. GEOTECNIA DEL ÁREA DE ESTUDIO | 56 |
| 3.7.1 <i>Investigaciones Geotécnicas Río Pativilca</i> | 56 |
| 3.7.2 <i>Condiciones Geotécnicas</i> | 80 |
| 3.7.3 <i>Canteras de enrocado</i> | 81 |
| 3.8. GEOTECNIA DEL ÁREA DE ESTUDIO | 84 |
| 3.8.2 <i>Conclusiones</i> | 84 |
| 3.8.3 <i>Recomendaciones</i> | 85 |

Listado de cuadros

| | |
|---|----|
| CUADRO 1. DISTRIBUCIÓN POR EXTENSIÓN DE DERECHOS MINEROS EN LA CUENCA DEL RÍO PATIVILCA | 48 |
| CUADRO 2. ENSAYOS DE LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS REALIZADOS EN EL RÍO PATIVILCA..... | 56 |
| CUADRO 3. PARÁMETROS CARACTERÍSTICOS DE SUELOS..... | 58 |
| CUADRO 4. TOPOLOGÍA DE SUELOS SEGÚN EL SUCS (BAÑON Y BEVIA, 2000) | 59 |
| CUADRO 5. CARACTERÍSTICAS DE LOS SUELOS SEGÚN EL SUCS (BAÑON Y BEVIA, 2000) | 59 |
| CUADRO 6. VALORACIÓN DE LA CAPACIDAD PORTANTE DE SUELOS EN FUNCIÓN DEL CBR (MODIFICADO DE LAIN Y OTROS, 2005) ... | 60 |

Listado de figuras

| | |
|---|----|
| FIGURA 1. UNIDAD GEOMORFOLÓGICA PLANICE COSTANERA (PC) SUBUNIDAD VALLE EN V. TERRENOS DE CULTIVO OCUPAN ESTA UNIDAD EN ZONAS CERCANAS A LOS VALLES COSTEROS. | 43 |
| FIGURA 2. UNIDAD GEOMORFOLÓGICA CORDILLERA OCCIDENTAL - FLANCO ANDINO OCCIDENTAL (FAOC): INICIO DE CADENAS MONTAÑOSAS DISECTADAS POR EL RÍO PATIVILCA, TERRAZAS ALTAS CONFORMADAS POR MATERIAL CONGLOMERADO Y BLOQUES DE ROCAS ÍGNEAS DE DIÁMETRO SUPERIOR A 1.50. | 44 |
| FIGURA 3. EXCAVACIÓN EXPLORATORIA P-1 EN EL SECTOR VINTO, LOS MATERIALES GRANULARES CORRESPONDEN A GRAVAS BIEN GRADADAS DE CLASIFICACIÓN SUCS GW | 61 |
| FIGURA 4. EXCAVACIÓN EXPLORATORIA P-2 EN EL SECTOR POTAO, LOS MATERIALES GRANULARES CORRESPONDEN A ARENAS LIMOSAS DE CLASIFICACIÓN SUCS SM | 63 |
| FIGURA 5. EXCAVACIÓN EXPLORATORIA P-3 EN EL SECTOR LAS VEGAS, LOS MATERIALES GRANULARES CORRESPONDEN A ARENAS LIMOSAS DE CLASIFICACIÓN SUCS SM - SC..... | 66 |
| FIGURA 6. EXCAVACIÓN EXPLORATORIA P-4 EN EL SECTOR LAS ALPAS, LOS MATERIALES GRANULARES CORRESPONDEN A GRAVAS MAL GRADADAS DE CLASIFICACIÓN SUCS GP | 68 |
| FIGURA 7. EXCAVACIÓN EXPLORATORIA P-5 EN EL SECTOR SAN TELMO, LOS MATERIALES GRANULARES CORRESPONDEN A ARENAS MAL GRADADAS DE CLASIFICACIÓN SUCS SP | 70 |
| FIGURA 8. EXCAVACIÓN EXPLORATORIA P-6 EN EL SECTOR SAN TELMO, LOS MATERIALES GRANULARES CORRESPONDEN A GRAVAS LIMOSAS Y ARCILLOSAS DE CLASIFICACIÓN SUCS GM-GC..... | 72 |
| FIGURA 9. EXCAVACIÓN EXPLORATORIA P-7 EN EL SECTOR TRES CRUCES, LOS MATERIALES GRANULARES CORRESPONDEN A GRAVAS ARCILLOSAS DE CLASIFICACIÓN SUCS GC | 74 |
| FIGURA 10. EXCAVACIÓN EXPLORATORIA P-8 EN EL SECTOR TRES CRUCES, LOS MATERIALES GRANULARES CORRESPONDEN A GRAVAS ARCILLOSAS DE CLASIFICACIÓN SUCS GC | 76 |
| FIGURA 11. EXCAVACIÓN EXPLORATORIA P-9 EN EL SECTOR TORRECILLA ALTA, LOS MATERIALES GRANULARES CORRESPONDEN A GRAVAS ARCILLOSAS DE CLASIFICACIÓN SUCS GM, SE OBSERVA EL ENSAYO DE DENSIDAD IN SITU | 78 |
| FIGURA 12. EXCAVACIÓN EXPLORATORIA P-10 EN EL SECTOR COCHAS, LOS MATERIALES GRANULARES CORRESPONDEN A GRAVAS ARCILLOSAS DE CLASIFICACIÓN SUCS GP | 80 |
| FIGURA 13. MATERIALES DE BOLONERÍA EN LA CANTERA COCHAS, DE DIÁMETROS QUE SUPERAN 1.00 M., DE FORMAS SUBREDONDEADAS A REDONDEADAS | 82 |
| FIGURA 14. AFLORAMIENTO ROCOSO DE LA CANTERA VINTO, DE DIÁMETROS QUE SUPERAN 1.00 M., LA EXPLOTACIÓN DEBERÁ REALIZARSE MEDIANTE VOLADURA CONTROLADA..... | 83 |

CAPITULO III

Geología y geotecnia

3.1. Geología Regional

El relieve de la cuenca del río Pativilca corresponde a una hoya hidrográfica de forma alargada, fondo profundo, fuertes pendientes, de fisiografía escarpada y en partes abrupta, cortada por quebradas de cauce profundo y estrechas gargantas. Parte de la cuenca se encuentra limitada por las cordilleras Huayhuash y Raura, donde la deglaciación ha formado numerosas lagunas como: Viconga, Jurau, Solterococha, etc.

Hacia la parte baja de la cuenca, la disminución brusca de la pendiente y de la velocidad del agua ha dado lugar a la depositación del material aluviónico formando una llanura o cono de deyección, cuya base a lo largo del litoral tiene un ancho de más de 15 km.

En la región las rocas han sido deformadas en su deposición primaria por movimientos orogénicos y epirogenéticos de diversa magnitud (levantamiento de la cordillera de los Andes, así como el desarrollo de estructuras geológicas tales como sobreescurrecimientos, fallas y pliegues) que se localizan principalmente en las partes media y alta de la cuenca.

Las rocas sedimentarias e ígneas volcánicas, constituyen las formaciones estratigráficas aflorantes en las regiones norte, oriental y litoral de la cuenca; las rocas ígneas intrusivas del Batolito Andino se encuentran en la parte Occidental; mientras que los depósitos cuaternarios recientes, se localizan en la faja costanera y valles sobreyaciendo a las formaciones anteriores.

La cuenca del Pativilca por pertenecer al Cinturón del Pacífico está ubicada en una región de alta actividad sísmica. La interacción de la placa Continental y la placa de Nazca han dado lugar a la Cordillera de los Andes y la Fosa Tectónica de Lima. El encuentro de estas placas ha producido zonas de fractura en la corteza terrestre y por tanto la generación de los movimientos sísmicos, que en ocasiones han afectado fuertemente a la cuenca.

3.1.1 Unidades geomorfológicas

La geomorfología en la cuenca del río Pativilca está relacionada a los procesos

geodinámicos que han dado origen a la actual configuración del área, existiendo una estrecha relación entre el tectonismo y los factores denudativos que le dieron origen.

En la cuenca del río Pativilca de Oeste a Este, se han reconocido seis unidades geomorfológicas bien diferenciadas y otras subunidades locales (*Ver Mapa Unidades Geomorfológicas*).

a. Planicie Costanera (PC). Se localiza entre el borde litoral y las estribaciones del flanco andino occidental, conformada por una faja angosta de anchos variables y paralela al litoral. En esta unidad existen amplios abanicos aluviales pertenecientes al río Pativilca, presentando una morfología plana y escalonada; y depósitos de terrazas aluviales antiguas y recientes cuya altitud varía en decenas de metros cortados por el curso actual del río. Los principales peligros identificados en esta unidad están relacionados a inundaciones, erosiones fluviales (asociados a eventos de El Niño), arenamiento, derrumbes en depósitos eólicos, pudiendo ocurrir flujos de lodo de carácter muy excepcional.

Las unidades localizadas en la Planicie Costanera (PC) corresponden a:

Depósitos Eólicos (DE). Distribuidos ampliamente en forma de mantos, cordones y dunas de arena que muestran la dirección de los vientos predominantes, de grosor variable y arenas de grano grueso y fino, de color gris oscuro a blanco. Estas acumulaciones de arena forman una topografía plano – ondulada, las mismas que son transportadas hacia los contrafuertes andinos.

Abanicos Aluviales (Ab). Formados por superficies planas constituidas por depósitos aluviales. La morfología de estos depósitos está caracterizada por secuencias de abanicos aluviales superpuestos a través del tiempo, constituidos por material proveniente de la Cordillera Occidental y acarreados por flujos de detritos.

Colinas (Col). Conformadas por afloramientos rocosos de poca elevación, se ubican dentro de la Planicie Costanera o de abanicos aluviales antiguos y valles cerca al litoral que han quedado cubiertos por depósitos eólicos.

Valle Cañon (Vc). Constituida por zonas encajonadas y profundas, con paredes verticales y laderas abruptas, labradas en rocas de los flancos de las cordilleras Occidental y Oriental.

Valle en V (Vv). En sección transversal, la profundidad que existe entre la cima de sus laderas o flancos y el lecho, es variable, así también la forma e inclinación de las vertientes. Los flancos de estos valles son empinados y escarpados, según el tipo de

litología que los constituyen. Las terrazas formadas por la divagación de los cauces a través del tiempo, conforman hoy en día, valles agrícolas importantes y el terreno de fundación de actuales centros poblados



Figura 1. Unidad geomorfológica Planice Costanera (PC) Subunidad Valle en V. Terrenos de cultivo ocupan esta unidad en zonas cercanas a los valles costeros.

b. Cordillera Occidental Por su morfología, pendiente, características litológicas, la naturaleza de los suelos junto a los factores detonantes (lluvias, actividad antrópica y sísmica), presentan una gran variedad de procesos de movimientos en masa como huaycos, caída de rocas y derrumbes, deslizamientos y movimientos complejos de gran magnitud, erosión de laderas y reptación de suelos.

Flanco Andino Occidental (FAOC) Corresponde a una subunidad de la Cordillera Occidental, formada por una cadena montañosa de dirección NO-SE, conformada por rocas jurásicas y cretácicas intruídas por segmentos del Batolito de la Costa. Presenta una topografía irregular y de relieve abrupto, se encuentra disectada por numerosas quebradas distribuidas en drenaje dendrítico; las alturas varían entre 400 y 3 600 msnm



Figura 2. Unidad Geomorfológica Cordillera Occidental - Flanco Andino Occidental (FAOC): Inicio de cadenas montañosas disectadas por el río Pativilca, terrazas altas conformadas por material conglomerado y bloques de rocas ígneas de diámetro superior a 1.50.

3.2. Unidades Litológicas

En la Cuenca del río Pativilca, se han diferenciado 06 unidades litológicas, que se han agrupado según su origen y composición. De cada unidad se ha detallado sus características físicas y mecánicas, su comportamiento y resistencia ante los agentes de erosión externa.

Las formaciones superficiales, corresponden al conjunto de depósitos poco o nada coherentes, de extensión y espesor variables. Unidad denominada como I-1. Mientras que al conjunto de unidades rocosas consolidadas se les ha denominado: Unidad II a las rocas intrusivas, Unidad IV a las rocas volcánico-sedimentarias y Unidad V a las rocas sedimentarias (*Ver Mapa Geología Regional*).

Las unidades litológicas diferenciadas en la cuenca del río Pativilca corresponden a:

3.2.1 Depósitos Superficiales Inconsolidados (I-1).

Corresponden a depósitos recientes inconsolidados a medianamente consolidados. En el área de estudio se han reconocido los siguientes:

Depósitos Eólicos. Localizados próximos al litoral y cubren grandes extensiones de terreno. Se encuentran conformando la unidad morfológica Planicie Costanera formando cordones y dunas de arena, también es posible observarlos sobreyaciendo las estribaciones inferiores andinas.

Depósitos Fluviales. Conforman el cauce actual de los ríos, constituidos por depósitos inconsolidados con permeabilidad alta, bolos conformados de cantos y gravas subredondeadas combinados con arenas o limos.

Depósitos Proluviales. Originados a partir de torrentes de agua que bajan en forma súbita por quebradas, formando abanicos y terrazas. Constituido por materiales heterométricos y mal clasificados; de forma angulosa a subangulosa, en matriz fina permeable, medianamente consolidada a consolidados y susceptibles a erosión pluvial (lluvias).

Depósitos Coluviales Son productos de derrumbes, caídas de rocas o deslizamientos que se acumulan al pie de las laderas. Constituido por materiales gruesos y heterométricos, distribuidos dentro de los productos finos como arena y limo, que pueden estar bien o medianamente consolidados.

En estos depósitos pueden ocurrir problemas de asentamientos, densificación y licuefacción de arenas.

3.2.2 Segmentos del Batolito de la Costa (II-1).

En el área de estudio afloran unidades del Batolito de la Costa como: la Superunidad Santa Rosa constituida por cuerpos tonalíticos, dioríticos y granodioríticos, la superunidad Paccho compuesta por cuerpos de tonalita gradando a diorita y la Superunidad Paraíso constituida por cuerpos de tonalita y diorita.

También afloran cuerpos intrusivos que forman un complejo de diques, sills o stocks de composición andesítica.

En este tipo de rocas los desplazamientos predominantes son los verticales, siendo menor los horizontes, y los efectos sísmicos en construcciones aún deficientes no son destructivos (relativamente). La resistencia de estos materiales rocosos varía según la composición, textura y su localización por efectos del clima al que están expuestos.

El granito, la roca más común de la familia de las rocas intrusivas tiene una resistencia a la compresión de 100 – 200 Mpa.

3.2.3 Andesitas, conglomerados, areniscas, calizas (IV-1).

Secuencias de conglomerados intercalados con areniscas limolitas rojizas y calizas arenosas en un nivel inferior, seguido por secuencias de tobas y derrames andesíticos con flujo de brecha volcánica, y finalmente tobas rojizas con capas de andesitas y areniscas.

Se encuentran formando montañas y colinas de moderada a fuerte pendiente, sus valores de resistencia a la compresión son variables por encontrarse constituidos por diferentes litologías, lo mismo que la susceptibilidad a los movimientos en masa, siendo susceptibles a la ocurrencia de deslizamientos y derrumbes de grandes magnitudes.

Debido a su naturaleza volcánica y sedimentaria, su comportamiento físico mecánico dependerá de su estructura interna, pudiéndose comportar como suelos ígneos o residuales, por lo que se recomienda realizar estudios geomecánicos puntuales.

3.2.4 Andesitas, dacitas, tobas, ignimbritas, brecha volcánica, areniscas limosas y limoarcillitas (IV-2).

Esta unidad agrupa rocas pertenecientes al Grupo Colqui, que consta de derrames andesíticos con alternancia de tobas finas abigarradas y lapillíticas blancas con capas de arenisca y el grupo Calipuy constituido por conglomerado basal andesitas y lavas dacíticas, calizas margosas y areniscas.

Este grupo litológico de acuerdo a las condiciones estructurales, hidrológicas y sísmicas pueden ser susceptibles a la ocurrencia de deslizamientos y derrumbes. Los movimientos en masa vinculados a este subgrupo son considerables dada la gran extensión de sus afloramientos.

3.2.5 Pizarras, lutitas, areniscas y esquistos (V-2).

Constituida por grandes depósitos de areniscas, ortocuarcitas, areniscas cuarzosas, areniscas subgrauvacas, lutitas que se intercalan con areniscas piritosas y con nódulos ferruginosos.

Las formaciones representativas de esta subunidad son el: grupo Goyllarisquizga y las formaciones Chicama, Oyón y Casapalca.

3.2.6 Areniscas, y conglomerados (V-3).

Areniscas conglomerádicas rojas, areniscas arcóscicas de grano medio a grueso de color rojo a marrón rojizo. Las evaporitas disminuyen la competencia de las rocas, siendo susceptibles a los deslizamientos, flujos (con lluvias intensas) y derrumbes.

Las formaciones representativas de esta subunidad son: Chota, Huaylas y Goyllarisquizga.

3.2.7 Lutitas, calizas y areniscas (V-4).

Subunidad constituida por lutitas con intercalaciones de areniscas finas, también por lutitas fosilíferas, lutitas arenosas.

Las formaciones representativas de esta subunidad son: Chicama, Chala, Huaylas, Huamancay y Goyllarisquizga

3.3. Sismicidad

De acuerdo al Mapa de Zonificación Sísmica del Perú, según la Norma Técnica de Construcciones E-030, 1989), la Cuenca del río Pativilca se ubica en la Zona III (Ver Mapa "Zonificación Sísmica del Perú"), la cual se caracteriza por una actividad sísmica Alta, se recomienda adoptar en los diseños Sismo-Resistentes, el siguiente parámetro:

$$\text{Factor de Zona} = 0.40 \text{ Factor (g)}$$

El Mapa de Máximas Intensidades Sísmicas del Perú elaborado por ALVA et al (1994), muestra las intensidades máximas que prevalecen en la Cuenca del río Pativilca del orden de VI, VII y IX (MM).

El entorno sismotectónico del Perú se caracteriza por la colisión y subducción de la placa de Nazca bajo la Sudamericana, el mismo que dio origen a la aparición de la fosa peruana-chilena, a la Cordillera de los Andes, a los principales sistemas de fallas activas y a la ocurrencia continua de un gran número de sismos de diversas magnitudes. Estas características geomorfológicas, geológicas y geofísicas, permiten considerar al Perú como uno de los países de mayor riesgo sísmico en América Latina.

3.4. Catastro Minero en la Cuenca del río Pativilca

En base al "Catastro Minero Nacional" realizado y actualizado por el Instituto Geológico Minero y Metalúrgico INGEMMET, se ha generado el Mapa del Catastro Minero para la

Cuenca del río Pativilca, encontrándose en el área de estudio 687 derechos mineros que ocupan 338,340.50 hectáreas de la cuenca del río Pativilca.

La distribución por extensión de áreas con Derechos Mineros se detalla en el siguiente cuadro 1.

Cuadro 1. Distribución por extensión de derechos mineros en la cuenca del río Pativilca

| NÚMERO DE DERECHOS MINEROS | ESTADO | DISTRITOS | HAS | TIPO DE SUSTANCIA |
|----------------------------|-------------------------------------|---|---------|------------------------|
| 1 | Cantera D.S. 037-96-EM | Pativilca | 400 | No Metálica |
| 2 | Acumulación Derecho Minero Titulado | Huallanca, Huasta y Aquia | 1,461 | Metálica |
| 3 | Planta de Beneficio | Aquia y Gorgor | 149 | Metálica |
| 30 | Derecho Minero Extinguido | Barranca, Supe, Cajatambo, Gorgor, Aquia, Huallanca, Otros. | 9,036 | No Metálica y Metálica |
| 118 | Derecho Minero en Trámite | Santiago de Chilcas, Ambar, Manas, Chiquian, Gorgor, Barranca, Cajamarquilla, Pativilva, otros. | 61,071 | No Metálica y Metálica |
| 533 | Derecho Minero Titulado | Santiago de Chilcas, Ambar, Manas, Chiquian, Gorgor, Barranca, Cajamarquilla, Pativilva, otros. | 266,223 | No Metálica y Metálica |

Como se observa, las concesiones con Derechos Mineros Titulados ocupan la mayor extensión en la cuenca del río Pativilca, en comparación con los derechos mineros en Trámite y Extinguidos. El tipo de sustancia en exploración y/o explotación corresponde a sustancias metálicas (Minerales como: Oro, Cobre, Plata, Zinc, entre otros), y no metálicas (Materiales de construcción).

Existen numerosas compañías mineras en etapa de exploraciones mineras en las provincias de Barranca, Bolognesi, Cajatambo, Huari, Ocos, Cajatambo, Huaura y Oyon. Entre los proyectos mineros destacan: Pachapaqui, El Padrino, Hilarion 2, Condor, Berlin, Cajatambo y Chiptaj.

En los departamentos de Ancash y Lima se han identificado áreas restringidas a la actividad minera, entre ellas destacan: Cordillera Huayhuash, Microcuenca de Paria y hacia la parte alta de la cuenca Pativilca el Área natural Protegida Huascarán; asimismo se tienen registrados más de 15 sitios arqueológicos.

3.5. Peligros Geológicos registrados en el Área de Estudio – parte baja de la cuenca

En el área de estudio, se han registrado un total de 47 ocurrencias de peligros que corresponden a: inundación fluvial, erosión fluvial, flujos de detritos, caídas de rocas y derrumbes. En base a la información recabada se observa que los distritos de: Pativilca, Cochabambas y Manas han tenido una mayor ocurrencia de peligros geológicos tipo: erosión fluvial, inundación fluvial, flujos de detritos y caídas de rocas:

3.5.1 Erosión Fluvial

Son los principales fenómenos de geodinámica externa que afectan a la Cuenca, el carácter torrencioso e irregular del régimen hidráulico del río, en épocas de avenidas transporta carga; ya sea en disolución, suspensión, saltación y rodamiento.

El lecho del río Pativilca se presenta angosto desde las nacientes hasta la zona del cañón y algo más amplio en el sector de Cochabambas, atravesando terrenos de fuertes pendientes y acentuando la acción erosiva de fondo. A partir de Cochabambas, el río Pativilca disminuye su pendiente y el cauce se ensancha, incrementándose así la erosión lateral produciéndose divagaciones del cauce. Hacia la parte más baja del valle, se produce una mayor colmatación de sedimentos.

En la Cuenca la erosión fluvial del río Pativilca ha sido registrada en los sectores de Puente Bolívar, Roncador, Cochabambas, Fundo Alpas, San Telmo, Soledad, Llanapampa y cerca de la Hidroeléctrica de Cahua; en los distritos de Pativilca, Cochabambas, Ocosingo, Acas y Manas.

3.5.2 Inundaciones Fluviales

El desborde del río se produce cuando el curso del agua resulta superior a la capacidad del lecho, provocando la inundación de terrenos adyacentes, debido al aporte extraordinario de agua y sedimentos y el aumento de velocidad de flujo.

Gran parte del recorrido del río Pativilca lo efectúa a través de un lecho bien definido: desde sus nacientes hasta la altura de Cochabambas. Los sectores donde se han registrado estos procesos de geodinámica externa corresponden a: Aliso, Punta y Suela, Pinto Bajo y Las Vírgenes, en el distrito de Pativilca.

3.5.3 Erosión de Ladera

Los factores que actúan durante los procesos erosivos de ladera corresponden a: factores naturales (climáticos, pendiente natural de las laderas, la gravedad, factores ecológicos, geológicos, meteorológicos, hidrológicos, sísmicos) y factores artificiales (antrópicos). El producto de este tipo de procesos son las manifestaciones de la erosión laminar, erosión en canales, erosión piramidal superficial y erosión de cárcavas.

En la cuenca del río Pativilca los daños por erosión afectan, en las partes bajas a los terrenos de cultivo y obras viales; y en las partes medias y altas a las laderas de los cerros, terrenos de cultivo, obras de infraestructura y a los pueblos aledaños.

El sector donde se han registrado procesos de erosión de ladera es el Cerro Huaccapampa en el distrito de Cochabamba.

3.5.4 Flujos de Detritos

Fenómenos de geodinámica externa de flujo muy rápido de detritos saturados, no plásticos, que tiene lugar a lo largo de un cauce con pendiente pronunciada. Este tipo de flujos incorporan gran cantidad de material saturado en su trayectoria y finalmente se depositan en abanicos de detritos.

En el área de estudio, los flujos de detritos han sido registrados en las Quebradas La Isla, Piedras Gordas, San Telmo, Huaylillas, Huanchuy, Congon, Tres Cruces, Llamachupan, Nunucay, en los distritos de Cochabamba, Orosomaño, Acas y Manas.

3.5.5 Caídas de Rocas y Derrumbes

Las caídas de rocas y derrumbes en la cuenca del río Pativilca, están condicionados a los factores naturales, climáticos, geológicos, geomorfológicos, hidrometeorológicos, sísmicos; así como la acción de la gravedad, la pendiente de los taludes; y a factores antrópicos.

A lo largo del curso del río Pativilca existen numerosos sectores donde la inestabilidad de los taludes de las laderas de los cerros es latente y ocasiona constantes daños a la carretera Barranca – Cajatambo y a terrenos de cultivo.

Los sectores que registran caídas de rocas y derrumbes son: Cerro Tentación, Huallacocha, Yerba Buena, Cerro Mancapa, Llamachupan, Las Palmeras, Purmacana

Alta, Laccha; en los distritos de Pativilca, Cochabamba, Ocros, Santiago de Chilcas, Acas y Manas

3.6. Alternativas para el Manejo de Problemas Geodinámicos

Los factores naturales y antrópicos influyen en la inestabilidad de las laderas. Los factores naturales se encuentran ligados a las condiciones que presenta el terreno como: litología, pendientes del terreno, precipitaciones pluviales, movimientos sísmicos, entre otras. Mientras que los factores antrópicos relacionados a las actividades realizadas por el hombre como: agricultura, pastoreo, ocupación antrópica, construcción de carreteras, entre otros.

Con la finalidad de minimizar las ocurrencias de los peligros geológicos identificados en el área de estudio, se dan algunas medidas preventivas o correctivas.

3.6.1 Medidas para Inundación y Erosión Fluvial

Las acciones a ejecutar para proteger las márgenes del río, susceptibles a erosiones e inundaciones, tienen que estar íntimamente relacionadas a las que se ejecutarán en las quebradas afluentes, ya que es considerable el aporte de sólidos, especialmente en épocas de fuertes precipitaciones, provocando la colmatación del lecho.

En los tramos del río, en los cuales actúa la erosión lateral e inundaciones, se pueden proteger mediante estructuras debidamente diseñadas, ubicadas y orientadas. Estas obras pueden ser:

a. Obras Marginales

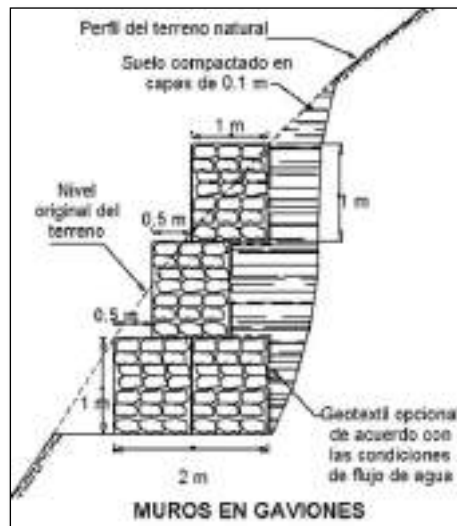
Son estructuras de encausamiento contra crecidas o construcciones longitudinales, es decir en el mismo sentido de la corriente del río, que protege directamente la pendiente de la acción erosiva de la corriente.

Se consideran las siguientes estructuras:

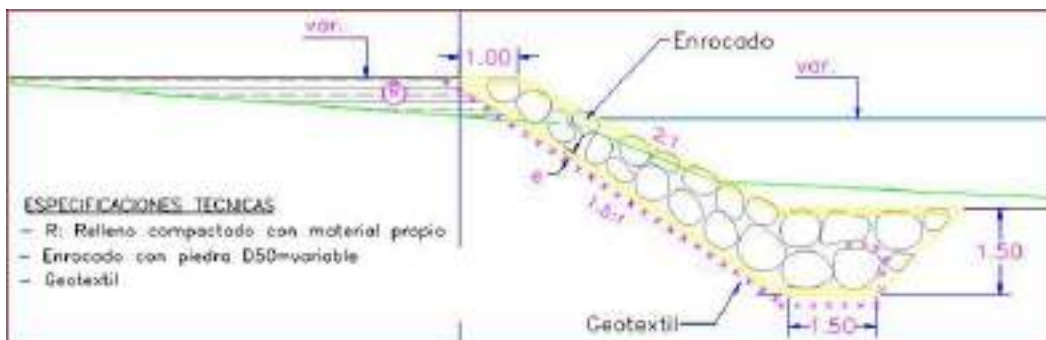
Muros de Contención Dado su elevado costo, solamente en casos estrictamente necesarios y de acuerdo a las características del suelo y dinámica fluvial son recomendables los muros de contención, de hormigón o de hormigón armado, siendo adecuado para cualquier altura.



Gaviones Estas estructuras son adecuadas debido a sus características de flexibilidad, permeabilidad, alta resistencia mecánica, facilidad y rapidez de ejecución y principalmente por su bajo costo. Los gaviones utilizados pueden ser del tipo fuertemente galvanizado, en malla hexagonal a doble torsión.



Enrocados Son estructuras de seguridad de márgenes formados por acumulación de piedras grandes de alta resistencia mayor de un metro, colocada en forma ordenada con una inclinación de 45° y construidas a lo largo de las orillas de los ríos.



b. **Obras Paralelas.**

Las estructuras paralelas son en su mayoría diques de protección contra crecidas, de perfil trapezoidal. Se ubican a una distancia determinada, paralelamente a la orilla, de modo que con esta estructura la corriente del río pierda su velocidad, así como parte de su fuerza erosiva, permitiendo de esta manera la deposición de los acarreos en el espacio comprendido entre el dique y la orilla del río.

A esta función contribuyen también los diques transversales, los que se disponen paralelamente entre sí uniéndolo con la orilla.

Para los proyectos de los diques en general partimos de las posibilidades locales de material, debido a que el volumen de dichos materiales, así como el trabajo suelen ser considerables.

La estructura será de mampostería de piedra, cuyos paramentos serán asentados y emboquillados con mortero de cemento-arena, con núcleo constituido por material granular y piedras grandes. Sus dimensiones estarán de acuerdo a la naturaleza del terreno, magnitud, volumen y fuerza erosiva de la corriente.

Diques Transversales Son construcciones que se realizan sobre la corriente fluvial. Su fin es desviar la corriente de la orilla o retener los acarreos. Estas estructuras se podrán construir ya sea perpendicularmente a la dirección de la corriente o bien siguiendo un ángulo determinado, pueden ser; espigones disipadores de energía y espigones de sedimentación.

- Espigones disipadores de energía. Esta obra puede ser perpendicular u oblicua con respecto al flujo de la corriente y su objeto es disipar el flujo torrente que pasa cerca a la orilla del río hacia el eje principal central, mediante una estructura sumamente rígida capaz de amortiguar impactos y fricciones del flujo torrencioso.
Su estructura será de concreto armado de alta resistencia, con núcleo formado por rieles de acero empotrado en la cimentación.
- Espigones de Sedimentación. Son estructuras ubicadas en forma escalonada paralelamente y espaciadas unas de otras. La estructura será de sección trapezoidal construida de mampostería de piedra, cuyos parámetros serán asentados y emboquillados con mortero cemento-arena con núcleo constituido por material

granular y piedras grandes. El objetivo de esta obra es provocar la acumulación de material que arrastre la corriente entre los espigones.

Encausamiento Los trabajos comprendidos en esta actividad contemplan la excavación, remoción y transporte de material del fondo del lecho del río.

Tienen por objeto encausar y fijar en forma estable el curso del río, de tal manera que se mejoren las condiciones hidráulicas sobre todo durante las épocas de avenidas. Las secciones hidráulicas pueden ser de perfil trapezoidal o con suelos redondeado en forma de parábola cúbica. Este perfil posibilita una conducción compacta del agua sin formación de meandros y las excavaciones deberán ser refinadas de manera que en ningún punto de la sección excavada quede un desnivel mayor de 10 cm.

Todo encauzamiento del río debe preveer tanto el caudal medio como el caudal de crecidas.

Dragado Por razones económicas, se deben realizar dragados sólo en los lugares en donde la fuerza de arrastre del río no alcance a labrar su propio cauce. El material de dragado sería utilizado para rellenar los antiguos brazos del río y para la construcción del perfil del caudal de crecida.

Regulación del Caudal Significa la construcción de presas a fin de regular y represar el caudal de crecidas y a la vez detener el arrastre de material. Esta medida de protección es muy costosa y se justifica económicamente solo cuando simultáneamente se hace uso del agua represada con fines agrícolas, hidroeléctricos, piscícolas y recreacionales.

Medidas de Regulación en los Afluentes Son diques contra crecidas, diseñados de acuerdo al mismo principio ya descrito con anterioridad. Hay embalses pequeños y medianos; debiendo tenerse en cuenta lo siguiente:

Deben ser ubicadas a lo largo de las quebradas, en forma escalonada y a una distancia determinada (10 a 20 m.), de acuerdo a las condiciones locales y haciendo una minuciosa investigación hidrológica y geomorfológica.

Representan una medida eficaz para la protección de los afluentes o quebradas subsidiarias contra la erosión que estas zonas suele ser pronunciada.

Su construcción es simple (de piedras, tierra, madera, etc) y no necesita de trabajos especiales.

Derivación de Cauces En casos en que el río socava obras de infraestructura en su talud inferior y la otra orilla está constituida de roca firme, se puede desviar y encauzar el curso del río a esa orilla mediante trabajos con maquinarias pesadas y con la ayuda de espigones.

Forestación Se sabe la importancia que tiene la forestación y reforestación como una medida eficaz de ayuda contra la erosión, por lo tanto es necesario sembrar árboles con eucaliptos, pinos, ciprés y otros en las orillas de los ríos y áreas aledañas, que al mismo tiempo redunden en beneficio económico de la comunidad.

3.6.2 Medidas para flujos de detritos

Una vez producido el huayco es difícil su control, por lo tanto las acciones deberán tomarse antes de que se produzca este fenómeno, mediante:

- La zonificación de áreas sensibles a la influencia de las precipitaciones pluviales o zonas desprevista de vegetación, luego consolidación de estas áreas mediante repoblación forestal o de bosques.
- En las quebradas con huaycos menores, proyectar la canalización y limpiar el cauce periódicamente.
- Construcción de diques reguladores o azudes, cuya ubicación debe estar en función de la morfología de la quebrada, pendiente, litología y clima.
- Desbroce de los materiales sueltos (desquinche) en los taludes y construcción de bancales, andenes, terrazas, etc., con eliminación de obstáculos en el curso de la quebrada (ensanche de pasos estrechos).
- En los conos deyeativos encausar el curso mediante estructuras transversales marginales, paralelas y diseñar debidamente las obras (puentes, alcantarillas, cruce de quebradas) para el paso normal del huayco.

3.6.3 Medidas para Caída de Rocas y Derrumbes

Para la corrección de estos fenómenos se deben aplicar las siguientes medidas:

- Modificación del perfil del talud con corte y relleno.
- Mejoramiento de la red de drenaje superficial y subterránea.
- Descarga del material inestable del talud, mediante la construcción de namquetas cuando el talud es mayor de 10.0 m. de altura.
- Sellado y apizonamiento de grietas.
- Inyección de grietas y de la superficie del talud afectado.
- Establecimiento de pantallas de protección en el pie del talud.
- Mejoramiento de la resistencia del terreno.
- Construcción de defensas y muros empleando gaviones.
- Sembrío de gramíneas, forestación y/o reforestación.

3.7. Geotecnia del área de estudio

En el área de estudio (riberas del río Pativilca), se realizaron investigaciones geotécnicas mediante 10 excavaciones exploratorias (calicatas) y muestreos de roca; a fin de evaluar las propiedades físico-mecánicas de los materiales de cimentación y materiales a ser empleados en la construcción de las obras.

3.7.1 Investigaciones Geotécnicas Río Pativilca

Las investigaciones tuvieron lugar en los sectores de: Vinto, Potao, Las Vegas, Las Alpas, San Telmo, Huaylillas, Tres Cruces, Vilcapampa, Torrecilla Alta, Cochas (Cantera Agregados) y Vinto (Cantera de Enrocado).

Las muestras representativas de suelos y rocas fueron clasificadas, seleccionadas y enviadas al laboratorio de mecánica de suelos GEORALAB S.A.C. en la ciudad de Lima, para realizar los ensayos.

Cuadro 2. Ensayos de laboratorio de mecánica de suelos realizados en el río Pativilca

| CALICATA | SIMBOLO | UBICACIÓN | PROFUNDIDAD | COORDENADAS UTM 18 SUR WGS 84 | | ENSAYOS DE LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS | | | | | | | |
|------------------|---------|-----------------------|---------------|----------------------------------|-----------|--|-----------------------|-------------------------|-------------------------|---------------------|------------------------------------|-----------|--------------------|
| | | | | ESTE (X) | NORTE (Y) | GRANULOMETRIA | CLASIFICACION SUCS | LIMITES DE ATTERBERG | CONTENIDO DE HUMEDAD | DENSIDAD NATURAL | ABRASION MAQUINA DE LOS ANGELES | ABSORCION | PESO ESPECIFICO |
| CALICATA 1 | P-1 | VINTO | 2.00 | 203450 | 8817081 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | | | |
| CALICATA 2 | P-2 | POTAO | 2.00 | 202210 | 8816470 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | | | |
| CALICATA 3 | P-3 | LAS VEGAS | 2.00 | 215586 | 8819761 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | | | |
| CALICATA 4 | P-4 | LAS ALPAS | 2.00 | 224378 | 8822867 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | | | |
| CALICATA 5 | P-5 | SAN TELMO | 2.00 | 232223 | 8824119 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | | | |
| CALICATA 6 | P-6 | HUAYLILLAS | 2.00 | 233755 | 8825527 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | | | |
| CALICATA 7 | P-7 | TRES CRUCES | 2.00 | 234983 | 8831464 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | | | |
| CALICATA 8 | P-8 | VILCAPAMPA | 2.00 | 241029 | 8825991 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | | | |
| CALICATA 9 | P-9 | TORRECILLA ALTA | 2.00 | 211410 | 8820209 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | | | |
| CALICATA 10 | P-10 | COCHAS | EN SUPERFICIE | 220944 | 8822989 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | | | |
| MUESTREO CANTERA | CRX-1 | COCHAS (AGREGADOS) | EN SUPERFICIE | 220944 | 8822989 | | | | | | 1 | 1 | 1 |
| MUESTREO CANTERA | CRX-2 | VINTO | EN SUPERFICIE | 205327 | 8815318 | | | | | | 1 | 1 | 1 |

En base a los resultados del laboratorio de mecánica de suelos, los sectores evaluados están caracterizados por presentar materiales de cimentación de clasificación SUCS: SW, SM, SC, GW, GP, GM y GC, materiales granulares de baja plasticidad y ligeramente húmedos.

Las características geotécnicas y propiedades físico – mecánicas de los suelos se han evaluado en base a las investigaciones y ensayos ejecutados en el área así como de información técnica existente y Parámetros Característicos de los Suelos presentados en los Cuadros G-6, G-7, G-8 y G-9.

Seguidamente, se presentan los resultados e interpretación de las investigaciones geotécnicas ejecutadas en el río Pativilca:

a. Sector Vinto - Calicata 1 (P-1)

Localizada cerca al centro poblado Vinto hacia la margen izquierda del río Pativilca, con coordenadas UTM Este (X): 203,450 y Norte (Y): 8'817,081 y de 2.00 metros de profundidad. Los suelos están constituidos por Arenas y Gravas bien gradadas de clasificación SUCS SW – GW, ligeramente húmedo a seco, densidad relativa compacta y nula plasticidad.

Cuadro 3. Parámetros característicos de suelos

FUENTE: Grundbau Taschenrechner 3^a ed. 1^o Parte 1980

| TIPO DE SUELO | GRANULOMETRÍA | | LÍMITES DE ATTERBERG (Fracción < 0.075 mm) | | | PESO ESPECÍFICO γ_{sat} | | HUMEDAD NATURAL w % | PROCTOR NORMAL | | DEFORMABILIDAD ⁽¹⁾ | | RESISTENCIA AL CORTE | | | |
|---|---------------|------------|--|------|------|--------------------------------|----------------|-----------------------|-------------------------------|-------------|-------------------------------|----------|----------------------|---------------------------|---------------------------------|-----|
| | < 0.075 mm % | < 2.0 mm % | LL % | LP % | IP % | γ | γ_{sat} | | Dens. Seca (γ_{dry}) | W_{opt} % | $E_s = \text{kg/cm}^2$ | α | ϕ (°) | c (ton/m ²) | λ (ton/m ²) | |
| Grava | = 5 | = 60 | -- | -- | -- | 180 | 0.95 | 5 | 1.73 | 8 | 408 | 0.60 | 34° | -- | 32° | |
| | | | | | | 130 | 1.05 | 2 | 1.93 | 8 | 308 | 0.40 | 42° | -- | 28° | |
| Grava Arenosa con finos | = 5 | = 60 | -- | -- | -- | 210 | 1.15 | 7 | 2.03 | 7 | 408 | 0.70 | 35° | -- | 32° | |
| | | | | | | 230 | 1.35 | 3 | 2.23 | 4 | 1100 | 0.50 | 45° | -- | 30° | |
| Grava arenosa con finos fino-arcillosos que no alteran la estructura granular | 8 | = 60 | 20 | 16 | 4 | 210 | 1.15 | 8 | 2.13 | 7 | 408 | 0.70 | 35° | 1.08 | 32° | |
| | 15 | | 45 | 25 | 25 | 240 | 1.45 | 3 | 2.33 | 3 | 1200 | 0.50 | 45° | 0.08 | 35° | |
| Gravas y arenas con finos | 20 | = 60 | 20 | 16 | 4 | 200 | 1.85 | 13 | 1.93 | 10 | 158 | 0.90 | 38° | 3.08 | 22° | |
| | 40 | | 50 | 25 | 30 | 225 | 1.30 | 5 | 2.23 | 5 | 400 | 0.70 | 35° | 0.58 | 30° | |
| Arenas uniformes | Fina | = 5 | 100 | -- | -- | -- | 180 | 0.95 | 23 | 1.83 | 15 | 150 | 0.75 | 32° | -- | 30° |
| | | | | | | | 180 | 1.30 | 8 | 1.73 | 10 | 300 | 0.60 | 40° | -- | 30° |
| | Gruesa | = 5 | 100 | -- | -- | -- | 180 | 0.95 | 16 | 1.83 | 13 | 250 | 0.70 | 34° | -- | 30° |
| | | | | | | | 180 | 1.30 | 6 | 1.73 | 8 | 700 | 0.55 | 42° | -- | 34° |
| Arenas bien graduadas arena congrua | = 5 | 100 | -- | -- | -- | 180 | 1.00 | 11 | 1.93 | 10 | 208 | 0.70 | 33 | -- | 32° | |
| | | | | | | 210 | 1.20 | 5 | 2.13 | 6 | 608 | 0.55 | 41 | -- | 34° | |
| Arenas con finos que no alteran la estructura granular | 8 | = 60 | 20 | 16 | 4 | 180 | 1.05 | 15 | 2.03 | 13 | 158 | 0.80 | 32° | 1.08 | 30 | |
| | 15 | | 45 | 25 | 25 | 225 | 1.30 | 4 | 2.23 | 7 | 508 | 0.65 | 40° | 0.08 | 32° | |
| Arenas con finos que alteran la estructura granular | 20 | = 60 | 20 | 16 | 4 | 180 | 0.80 | 20 | 1.73 | 18 | 50 | 0.80 | 25° | 5.08 | 22° | |
| | 40 | | 50 | 30 | 30 | 215 | 1.30 | 8 | 2.03 | 12 | 250 | 0.75 | 32° | 1.08 | 30° | |
| Limo poco plástico | = 30 | = 80 | 25 | 20 | 4 | 1.75 | 0.85 | 28 | 1.83 | 22 | 40 | 0.80 | 35° | 2.08 | 25° | |
| | | | 25 | 20 | 11 | 2.10 | 1.30 | 15 | 1.83 | 15 | 110 | 0.60 | 35° | 0.58 | 30° | |
| Limo de plasticidad media a alta | = 30 | = 100 | 25 | 22 | 7 | 1.70 | 0.85 | 35 | 1.55 | 23 | 30 | 0.90 | 25° | 3.08 | 22° | |
| | | | 50 | 25 | 20 | 2.00 | 1.85 | 20 | 1.75 | 16 | 70 | 0.70 | 33° | 1.08 | 29° | |
| Arcilla de baja plasticidad | = 60 | 100 | 25 | 15 | 7 | 1.90 | 0.95 | 28 | 1.85 | 20 | 20 | 1.00 | 24° | 6.08 | 20° | |
| | | | 25 | 22 | 16 | 2.20 | 1.30 | 14 | 1.85 | 14 | 30 | 0.90 | 32° | 1.58 | 28° | |
| Arcilla de plasticidad media | = 60 | 100 | 40 | 18 | 16 | 1.80 | 0.95 | 39 | 1.55 | 23 | 10 | 1.00 | 25° | 8.08 | 10° | |
| | | | 50 | 25 | 30 | 2.10 | 1.10 | 10 | 1.75 | 17 | 30 | 0.95 | 30° | 2.08 | 29° | |
| Arcilla de alta plasticidad | = 60 | 100 | 60 | 30 | 33 | 1.65 | 0.70 | 55 | 1.45 | 27 | 5 | 1.00 | 17° | 13.08 | 8° | |
| | | | 85 | 28 | 85 | 2.00 | 1.00 | 30 | 1.65 | 30 | 30 | 1.00 | 37° | 3.08 | 15° | |
| Limo ó Arcilla orgánicos | = 60 | 100 | 45 | 30 | 10 | 1.55 | 0.95 | 60 | 1.45 | 27 | 5 | 1.00 | 28° | 7.08 | 15° | |
| | | | 70 | 45 | 30 | 1.90 | 0.90 | 30 | 1.73 | 15 | 30 | 0.85 | 35° | 2.08 | 22° | |
| Turba | -- | -- | -- | -- | -- | 104 | 0.04 | 800 | -- | -- | 3 | 1.00 | 25° | 1.58 | -- | |
| | | | | | | 130 | 0.30 | 100 | -- | -- | 8 | 1.00 | 30° | 0.58 | -- | |
| Fango | -- | -- | 100 | 30 | 50 | 1.25 | 0.25 | 200 | -- | -- | 4 | 1.00 | 22° | 2.08 | -- | |
| | | | | | | 250 | 0.60 | 170 | 1.60 | 0.60 | 50 | -- | -- | 15 | 0.90 | 30° |

NOTAS:

(1) $\gamma = 0.1 \text{ kg/cm}^3$

Cuadro 4. Topología de suelos según el SUCS (Bañon y Bevia, 2000)

| SÍMBOLO | Características generales | | |
|----------------------|-----------------------------------|----------------------------|---|
| GW GP GM GC | GRAVAS (>50% en tamiz #4 ASTM) | Limpias (Finos < 5%) | Bien graduadas Pobremente graduadas |
| SW SP SM SC | | Con finos (Finos > 12%) | Componente limoso Componente arcilloso |
| ML MH | ARENAS (<50% en tamiz #4 ASTM) | Limpias (Finos < 5%) | Bien graduadas Pobremente graduadas |
| CL CH | | Con finos (Finos > 12%) | Componente limoso Componente arcilloso |
| ML MH | LIMOS | Baja plasticidad (LL < 50) | |
| CL CH | | Alta plasticidad (LL > 50) | |
| CL OH | ARCILLAS | Baja plasticidad (LL < 50) | |
| OH | | Alta plasticidad (LL > 50) | |
| CL OH | SUELOS ORGÁNICOS | Baja plasticidad (LL < 50) | |
| Pt | | Alta plasticidad (LL > 50) | |
| Pt | TURBA | Suelos altamente orgánicos | |

Cuadro 5. Características de los suelos según el SUCS (Bañon y Bevia, 2000)

| DIVISIONES PRINCIPALES | SÍMBOLO | COMPORTAMIENTO MECÁNICO | CAPACIDAD DE DRENAJE | Densidad óptima P.M. | CBR En % | |
|------------------------|---------------------------|-------------------------|----------------------|----------------------|-------------|---------|
| SUELOS DE GRANO GRUESO | Gravas | GW | Excelente | Excelente | 2.00 - 2.24 | 60 - 80 |
| | | GP | Buena a excelente | Excelente | 1.76 - 2.08 | 25 - 60 |
| | | GM { d u | Buena a excelente | Aceptable a mala | 2.08 - 2.32 | 40 - 80 |
| | | GC | Buena | Mala a impermeable | 1.92 - 2.24 | 10 - 40 |
| | Arenas | SW | Buena | Excelente | 1.76 - 2.08 | 10 - 40 |
| | | SP | Aceptable a buena | Excelente | 1.60 - 1.92 | 10 - 25 |
| | | SM { d u | Aceptable a buena | Aceptable a mala | 1.92 - 2.16 | 10 - 40 |
| | | SC | Aceptable | Mala a impermeable | 1.68 - 2.08 | 10 - 20 |
| SUELOS DE GRANO FINO | Limos y arcillas (L < 40) | ML | Mala a aceptable | Aceptable a mala | 1.60 - 2.00 | 5 - 15 |
| | | CL | Mala a aceptable | Casi impermeable | 1.60 - 2.00 | 5 - 15 |
| | | OL | Mala | Mala | 1.44 - 1.76 | 4 - 8 |
| | Limos y arcillas (L > 40) | MH | Mala | Aceptable a mala | 1.28 - 1.60 | 4 - 8 |
| | | CH | Mala a aceptable | Casi impermeable | 1.44 - 1.76 | 3 - 5 |
| | | OH | Mala a muy mala | Casi impermeable | 1.28 - 1.60 | 3 - 5 |
| SUELOS ORGÁNICOS | Pt | Inaceptable | Aceptable a mala | - | - | |

Cuadro 6. Valoración de la capacidad portante de suelos en función del CBR (modificado de Lain y otros, 2005)

| CBR | > 80 | 80 – 40 | 40 - 10 | < 40 |
|------------------------------|-----------|---------|-----------------|------|
| Capacidad portante del suelo | Muy buena | Buena | Media o regular | Mala |

Resultados de Laboratorio. Los resultados de laboratorio de mecánica de suelos son los siguientes:

| | | |
|----------------------|---|--------------------------|
| Calicata | : | P-1 |
| % Gravas | : | 66.23% |
| % Arenas | : | 28.80% |
| % Finos | : | 4.98% |
| Clasificación SUCS | : | GW |
| Clasificación AASHTO | : | A-1-0 |
| Contenido de Humedad | : | 2.8% |
| Límite Líquido | : | No presenta |
| Límite Plástico | : | No presenta |
| Índice Plástico | : | No presenta |
| Densidad Natural | : | 2.122 gr/cm ³ |
| Nivel Freático | : | No presenta |

Parámetros Geotécnicos. En forma preliminar se presentan los siguientes parámetros geotécnicos:

| | | |
|-------------------------------|---|--------------|
| Ángulo de Fricción (ϕ) | : | 30° promedio |
| Cohesión (c) | : | 0 |
| Comportamiento Mecánico | : | Excelente |
| Capacidad de Drenaje | : | Excelente |
| CBR | : | 60 – 80 |
| Capacidad Portante del suelo | : | Buena |

Análisis de Cimentación. Según la Norma NTE E.050 Suelos y Cimentación – Capítulo IV Cimentaciones Superficiales, la profundidad de cimentación mínima para el caso de construcción deberá ser de 1.00 metro de profundidad. Se adoptó calcular la capacidad

admisible por corte local aplicando la teoría de Terzaghi. Para la determinación de la carga al corte se han considerado los siguientes parámetros:

- Profundidad de cimentación : Df 1.00 m.
- Ancho de la Cimentación de Zapatas B : 1.00 m
- Factor de Seguridad : FS 3
- Obteniendo los siguientes resultados
- Capacidad Admisible : 1.93 Kg/cm²
- Asentamiento : 0.51 cm

Interpretación Geotécnica. Los materiales evaluados (GW) corresponden a Gravas bien gradadas color beige, ligeramente húmedo a seco. Se encuentran localizados en la parte superior de la terraza y presentan una potencia superior a 2.50 m., no presenta nivel freático.



Figura 3. Excavación Exploratoria P-1 en el Sector Vinto, los materiales granulares corresponden a Gravas bien gradadas de clasificación SUCS GW

Estos materiales son razonablemente estables, como terrenos de apoyo resultan ser excelentes, debido a su alta capacidad de carga superior a 1.93 Kg/cm². Asimismo, presenta muy bajo riesgo de asentamientos, muy bajo riesgo de deslizamientos de taludes y muy baja modificación de resistencia por cambios de humedad.

La capacidad portante calculada para estos materiales supera los 1.93 Kg/cm²; considerando profundidades de desplante en 1.0 m se tienen asentamientos de 0.51 cm; no se evidencia asentamientos de 1" (2.54 cm).

b. Sector Potao - Calicata 2 (P-2)

Localizada cerca al centro poblado Potao hacia la margen izquierda del río Pativilca, con coordenadas UTM Este (X): 202,210 y Norte (Y): 8'816,470 y de 2.00 metros de profundidad. Los suelos están constituidos por Arenas limosas de clasificación SUCS SM, con presencia de grava y limo de baja plasticidad, ligeramente húmedo, densidad relativa compacta y muy baja plasticidad.

Resultados de Laboratorio. Los resultados de laboratorio de mecánica de suelos son los siguientes:

| | | |
|----------------------|---|--------------------------|
| Calicata | : | P-2 |
| % Gravas | : | 37.79% |
| % Arenas | : | 38.07% |
| % Finos | : | 24.14% |
| Clasificación SUCS | : | SM |
| Clasificación AASHTO | : | A-2-4 (0) |
| Contenido de Humedad | : | 2.0% |
| Límite Líquido | : | 17% |
| Límite Plástico | : | 14% |
| Índice Plástico | : | 3% |
| Densidad Seca | : | 2.132 gr/cm ³ |
| Nivel Freático | : | No presenta |

Parámetros Geotécnicos. En forma preliminar se presentan los siguientes parámetros geotécnicos:

| | | |
|-------------------------------|---|-------------------|
| Ángulo de Fricción (ϕ) | : | 22° promedio |
| Cohesión (c) | : | 1.00 promedio |
| Comportamiento Mecánico | : | Aceptable a bueno |
| Capacidad de Drenaje | : | Aceptable a mala |
| CBR | : | 20 – 40 |
| Capacidad Portante del suelo | : | Media o regular |

Análisis de Cimentación. Según la Norma NTE E.050 Suelos y Cimentación – Capitulo IV Cimentaciones Superficiales, la profundidad de cimentación mínima para el caso de construcción deberá ser de 1.00 metro de profundidad. Se adoptó calcular la capacidad admisible por corte local aplicando la teoría de Terzaghi.

Para la determinación de la carga al corte se han considerado los siguientes parámetros:

- Profundidad de cimentación D_f 1.00 m.
- Ancho de la Cimentación de Zapatas B1.00 m.
- Factor de Seguridad FS: 3
- Obteniendo los siguientes resultados:
- Capacidad Admisible 4.87 Kg/cm²
- Asentamiento 1.36 cm

Interpretación Geotécnica. Los materiales evaluados (SM) corresponden a Arenas Limosas color marrón claro, ligeramente húmedo. Se encuentran localizados en la parte superior de la terraza y presentan una potencia superior a 2.50 m., no presenta nivel freático.



Figura 4. Excavación Exploratoria P-2 en el Sector Potao, los materiales granulares corresponden a Arenas Limosas de clasificación SUCS SM

Estos materiales son razonablemente estables particularmente no conveniente para revestimientos, como terrenos de apoyo resultan ser buenos a medianos, debido a su capacidad de carga superior a 1.37 Kg/cm². Asimismo, presenta bajo riesgo de asentamientos, bajo riesgo de deslizamientos de taludes y baja modificación de resistencia por cambios de humedad.

La capacidad portante calculada para estos materiales supera los 1.37 Kg/cm²; considerando profundidades de desplante en 1.0m., se tienen asentamientos de 0.35 cm; no se evidencia asentamientos de 1" (2.54 cm).

c. Sector Las Vegas - Calicata 3 (P-3)

Localizada cerca al centro poblado Las Vegas hacia la margen derecha del río Pativilca, con coordenadas UTM Este (X): 215,586 y Norte (Y): 8'819,761 y de 2.00 metros de profundidad.

Los suelos están constituidos por Arenas Arcillosas y limosas de clasificación SUCS SC y SM, con finos de baja plasticidad, ligeramente húmedo, densidad relativa compacta y baja plasticidad.

Resultados de Laboratorio Los resultados de laboratorio de mecánica de suelos son los siguientes:

| | | |
|----------------------|---|--------------------------|
| Calicata | : | P-3 |
| % Gravas | : | 25.13% |
| % Arenas | : | 37.89% |
| % Finos | : | 36.99% |
| Clasificación SUCS | : | SM-SC |
| Clasificación AASHTO | : | A-4 (0) |
| Contenido de Humedad | : | 3.9% |
| Límite Líquido | : | 20% |
| Límite Plástico | : | 15% |
| Índice Plástico | : | 5% |
| Densidad Seca | : | 1.992 gr/cm ³ |
| Nivel Freático | : | No presenta |

Parámetros Geotécnicos En forma preliminar se presentan los siguientes parámetros geotécnicos:

| | | |
|-------------------------------|---|--------------------|
| Ángulo de Fricción (ϕ) | : | 20° promedio |
| Cohesión (c) | : | 1.00 |
| Comportamiento Mecánico | : | Aceptable |
| Capacidad de Drenaje | : | Mala a impermeable |
| CBR | : | 10 – 20 |

Capacidad Portante del suelo : Media o regular

Análisis de Cimentación Según la Norma NTE E.050 Suelos y Cimentación – Capitulo IV Cimentaciones Superficiales, la profundidad de cimentación mínima para el caso de construcción deberá ser de 1.00 metro de profundidad.

Se adoptó calcular la capacidad admisible por corte local aplicando la teoría de Terzaghi.

Para la determinación de la carga al corte se han considerado los siguientes parámetros:

- o Profundidad de cimentación : Df 1.00 m.
- o Ancho de la Cimentación de Zapatas : B 1.00 m.
- o Factor de Seguridad : FS 3
- o Obteniendo los siguientes resultados
- o Capacidad Admisble : 1.10 Kg/cm²
- o Asentamiento : 0.27 cm

Interpretación Geotécnica Los materiales evaluados (SM) corresponden a Arenas Limosas ligeramente arcillosa con presencia de grava de forma subredondeada a subangular, con finos de baja plasticidad, color marrón claro, suelo ligeramente húmedo. Se encuentran localizados en la parte superior de la terraza y presentan una potencia superior a 2.50 m., no presenta nivel freático.

Estos materiales son medianamente estables particularmente no conveniente para revestimientos, como terrenos de apoyo resultan ser apoyos buenos a pobres, debido a su capacidad de carga superior a 1.10 Kg/cm². Asimismo, presenta bajo riesgo de asentamientos, bajo a medio riesgo de deslizamientos de taludes y baja modificación de resistencia por cambios de humedad.



Figura 5. Excavación Exploratoria P-3 en el Sector Las Vegas, los materiales granulares corresponden a Arenas Limosas de clasificación SUCS SM - SC

La capacidad portante calculada para estos materiales supera los 1.10 Kg/cm²; considerando profundidades de desplante en 1.0 m se tienen asentamientos de 0.27 cm; no se evidencia asentamientos de 1" (2.54 cm).

d. Sector Las Alpas - Calicata 4 (P-4)

Localizada cerca al centro poblado Las Alpas hacia la margen derecha, con coordenadas UTM Este (X): 224,378y Norte (Y): 8'822,867 y de 2.00 metros de profundidad. Los suelos están constituidos por gravas pobremente gradadas de clasificación SUCS GP, con finos no plásticos, ligeramente húmedo a seco, densidad relativa compacta.

Resultados de Laboratorio Los resultados de laboratorio de mecánica de suelos son los siguientes:

| | | |
|----------------------|---|-----------|
| Calicata | : | P-4 |
| % Gravas | : | 61.23% |
| % Arenas | : | 33.83% |
| % Finos | : | 4.94% |
| Clasificación SUCS | : | GP |
| Clasificación AASHTO | : | A-1-a (0) |
| Contenido de Humedad | : | 1.7% |
| Límite Líquido | : | N.P |

| | | |
|-----------------|---|--------------------------|
| Límite Plástico | : | N.P |
| Índice Plástico | : | N.P |
| Densidad Seca | : | 2.218 gr/cm ³ |
| Nivel Freático | : | No presenta |

Parámetros Geotécnicos En forma preliminar se presentan los siguientes parámetros geotécnicos:

| | | |
|-------------------------------|---|-------------------|
| Ángulo de Fricción (ϕ) | : | 32° promedio |
| Cohesión (c) | : | 0.00 |
| Comportamiento Mecánico | : | Bueno a excelente |
| Capacidad de Drenaje | : | Excelente |
| CBR | : | 25-60 |
| Capacidad Portante del suelo | : | Media o regular |

Análisis de Cimentación Según la Norma NTE E.050 Suelos y Cimentación – Capítulo IV Cimentaciones Superficiales, la profundidad de cimentación mínima para el caso de construcción deberá ser de 1.00 metro de profundidad. Se adoptó calcular la capacidad admisible por corte local aplicando la teoría de Terzaghi. Para la determinación de la carga al corte se han considerado los siguientes parámetros:

- Profundidad de cimentación : Df 1.00 m.
- Ancho de la Cimentación de Zapatas : B 1.00 m.
- Factor de Seguridad : FS 3
- Obteniendo los siguientes resultados
- Capacidad Admisible : 2.82 Kg/cm²
- Asentamiento : 0.78 cm

Interpretación Geotécnica Los materiales evaluados (GP) corresponden a gravas mal gradadas de forma redondeada a subredondeada, suelo ligeramente húmedo a seco. Estos materiales son razonablemente estables, como terrenos de apoyo resultan ser buenos a excelentes, debido a su capacidad de carga superior a 2.82 Kg/cm². Asimismo, presenta muy bajo riesgo de asentamientos, bajo riesgo de deslizamientos de taludes y muy baja modificación de resistencia por cambios de humedad.



Figura 6. Excavación Exploratoria P-4 en el Sector Las Alpas, los materiales granulares corresponden a Gravas mal gradadas de clasificación SUCS GP

La capacidad portante calculada para estos materiales supera los 2.82 Kg/cm²; considerando profundidades de desplante en 1.0 m. se tienen asentamientos de 0.78 cm; no se evidencia asentamientos de 1" (2.54 cm).

e. Sector San Telmo - Calicata 5 (P-5)

Localizada cerca al centro poblado San Telmo hacia la margen derecha del río Pativilca, con coordenadas UTM Este (X): 232,223 y Norte (Y): 8'824,119, la excavación exploratoria se realizó hasta 1.50 m debido a la presencia de bolonería de diámetro aproximado 1.00 metro. Los suelos están constituidos por Arenas pobremente gradadas de clasificación SUCS SP, con finos no plásticos, ligeramente húmeda a seca, densidad relativa compacta a muy compacta.

Resultados de Laboratorio Los resultados de laboratorio de mecánica de suelos son los siguientes:

| | | |
|----------|---|--------|
| Calicata | : | P-5 |
| % Gravas | : | 46.63% |
| % Arenas | : | 49.73% |
| % Finos | : | 3.65% |

| | | |
|----------------------|---|--------------------------|
| Clasificación SUCS | : | SP |
| Clasificación AASHTO | : | A-1-a (0) |
| Contenido de Humedad | : | 1.4% |
| Límite Líquido | : | N.P |
| Límite Plástico | : | N.P |
| Índice Plástico | : | N.P |
| Densidad Seca | : | 2.169 gr/cm ³ |
| Nivel Freático | : | No presenta |

Parámetros Geotécnicos Las características geotécnicas y propiedades físico – mecánicas de los suelos se han evaluado en base a las investigaciones y ensayos ejecutados en el área así como de información técnica existente, en forma preliminar se presentan los siguientes parámetros geotécnicos:

| | | |
|-------------------------------|---|-------------------|
| Ángulo de Fricción (ϕ) | : | 32° promedio |
| Cohesión (c) | : | 0 |
| Comportamiento Mecánico | : | Aceptable a bueno |
| Capacidad de Drenaje | : | Excelente |
| CBR | : | 10-25 |
| Capacidad Portante del suelo | : | Media o regular |

Análisis de Cimentación Según la Norma NTE E.050 Suelos y Cimentación – Capítulo IV Cimentaciones Superficiales, la profundidad de cimentación mínima para el caso de construcción deberá ser de 1.00 metro de profundidad. Se adoptó calcular la capacidad admisible por corte local aplicando la teoría de Terzaghi. Para la determinación de la carga al corte se han considerado los siguientes parámetros:

- Profundidad de cimentación : Df 1.00 m.
- Ancho de la Cimentación de Zapatas : B 1.00 m.
- Factor de Seguridad : FS 3
- Obteniendo los siguientes resultados
- Capacidad Admisible : 2.14 Kg/cm²
- Asentamiento : 0.57 cm

Interpretación Geotécnica Los materiales evaluados (SP) corresponden a arena gruesa mal graduada, con presencia de grava de forma subangular a subredondeada,

suelo ligeramente húmedo a seco. Se encuentran localizados en la parte superior de la terraza y presentan una potencia superior a 2.50 m., no presenta nivel freático.



Figura 7. Excavación Exploratoria P-5 en el Sector San Telmo, los materiales granulares corresponden a Arenas mal gradadas de clasificación SUCS SP

Estos materiales son razonablemente estables, como terrenos de apoyo resultan ser buenos a medianos, debido a su capacidad de carga superior a 2.14 Kg/cm^2 . Asimismo, presenta bajo riesgo de asentamientos, bajo riesgo de deslizamientos de taludes y baja modificación de resistencia por cambios de humedad.

La capacidad portante calculada para estos materiales supera los 2.14 Kg/cm^2 ; considerando profundidades de desplante en 1.0 m se tienen asentamientos de 0.56 cm; no se evidencia asentamientos de 1" (2.54 cm).

f. Sector Huaylillas - Calicata 6 (P-6)

Localizada cerca al centro poblado Huaylillas, con coordenadas UTM Este (X): 233,755 y Norte (Y): 8'825,527 y de 2.00 metros de profundidad. Los suelos están constituidos por grava limosa ligeramente arcillosa de clasificación SUCS GM-GC, con finos de mediana a baja plasticidad, ligeramente húmedo a húmedo, densidad relativa compacta a muy compacta.

Resultados de Laboratorio Los resultados de laboratorio de mecánica de suelos son los siguientes:

Calicata : P-6

| | | |
|----------------------|---|--------------------------|
| % Gravas | : | 37.67% |
| % Arenas | : | 34.28% |
| % Finos | : | 28.05% |
| Clasificación SUCS | : | GM-GC |
| Clasificación AASHTO | : | A-2-4 (0) |
| Contenido de Humedad | : | 3.8% |
| Límite Líquido | : | 19% |
| Límite Plástico | : | 14% |
| Índice Plástico | : | 5% |
| Densidad Seca | : | 2.150 gr/cm ³ |
| Nivel Freático | : | No presenta |

Parámetros Geotécnicos Las características geotécnicas y propiedades físico – mecánicas de los suelos se han evaluado en base a las investigaciones y ensayos ejecutados en el área así como de información técnica existente, en forma preliminar se presentan los siguientes parámetros geotécnicos:

| | | |
|-------------------------------|---|--------------------|
| Ángulo de Fricción (ϕ) | : | 30° promedio |
| Cohesión (c) | : | 0 |
| Comportamiento Mecánico | : | Bueno |
| Capacidad de Drenaje | : | Mala a impermeable |
| CBR | : | 20-40 |
| Capacidad Portante del suelo | : | Media o regular |

Análisis de Cimentación Según la Norma NTE E.050 Suelos y Cimentación – Capítulo IV Cimentaciones Superficiales, la profundidad de cimentación mínima para el caso de construcción deberá ser de 1.00 metro de profundidad. Se adoptó calcular la capacidad admisible por corte local aplicando la teoría de Terzaghi. Para la determinación de la carga al corte se han considerado los siguientes parámetros:

- Profundidad de cimentación : Df 1.00 m.
- Ancho de la Cimentación de Zapatas : B 1.00 m.
- Factor de Seguridad : FS 3
- Obteniendo los siguientes resultados:
- Capacidad Admisible : 2.12 Kg/cm²
- Asentamiento : 0.57 cm

Interpretación Geotécnica Los materiales evaluados (GM-GC) corresponden a grava limosa, ligeramente arcillosa, con presencia de grava de forma subangular a angular, suelo ligeramente húmedo a húmedo, color marrón amarillento.



Figura 8. Excavación Exploratoria P-6 en el Sector San Telmo, los materiales granulares corresponden a Gravas limosas y arcillosas de clasificación SUCS GM-GC

Estos materiales son razonablemente estables, como terrenos de apoyo resultan ser buenos a medianos, debido a su capacidad de carga superior a 2.12 Kg/cm^2 . Asimismo, presenta bajo riesgo de asentamientos, bajo riesgo de deslizamientos de taludes y baja modificación de resistencia por cambios de humedad.

La capacidad portante calculada para estos materiales supera los 2.12 Kg/cm^2 ; considerando profundidades de desplante en 1.0 m se tienen asentamientos de 0.57 cm; no se evidencia asentamientos de 1" (2.54 cm).

g. Sector Tres Cruces- Calicata 7 (P-7)

Localizada cerca al centro poblado Tres Cruces hacia la margen derecha, con coordenadas UTM Este (X): 234,983 y Norte (Y): 8'831,464 y de 2.00 metros de profundidad. Los suelos están constituidos por grava arcillosa de clasificación SUCS GC, con finos de mediana a baja plasticidad, ligeramente húmedo a húmedo, densidad relativa compacta a muy compacta.

Resultados de Laboratorio Los resultados de laboratorio de mecánica de suelos son los siguientes:

| | | |
|----------------------|---|--------------------------|
| Calicata | : | P-7 |
| % Gravas | : | 40.89% |
| % Arenas | : | 39.42% |
| % Finos | : | 19.68% |
| Clasificación SUCS | : | GC |
| Clasificación AASHTO | : | A-2-4 (0) |
| Contenido de Humedad | : | 3.7% |
| Límite Líquido | : | 24% |
| Límite Plástico | : | 16% |
| Índice Plástico | : | 8% |
| Densidad Seca | : | 2.075 gr/cm ³ |
| Nivel Freático | : | No presenta |

Parámetros Geotécnicos En forma preliminar se presentan los siguientes parámetros geotécnicos:

| | | |
|-------------------------------|---|--------------------|
| Ángulo de Fricción (ϕ) | : | 30° promedio |
| Cohesión (c) | : | 0 |
| Comportamiento Mecánico | : | Bueno |
| Capacidad de Drenaje | : | Mala a impermeable |
| CBR | : | 20-40 |
| Capacidad Portante del suelo | : | Media o regular |

Análisis de Cimentación Según la Norma NTE E.050 Suelos y Cimentación – Capítulo IV Cimentaciones Superficiales, la profundidad de cimentación mínima para el caso de construcción deberá ser de 1.00 metro de profundidad. Se adoptó calcular la capacidad admisible por corte local aplicando la teoría de Terzaghi. Para la determinación de la carga al corte se han considerado los siguientes parámetros:

- Profundidad de cimentación Df 1.50 m.
- Ancho de la Cimentación de Zapatas B 1.00 m.
- Factor de Seguridad FS 3
- Obteniendo los siguientes resultados:
- Capacidad Admisible 2.05 Kg/cm²

- Asentamiento 0.55 cm

Interpretación Geotécnica Los materiales evaluados (GC) corresponden a grava arcillosa, ligeramente arcillosa, con presencia de grava de forma subangular a angular, suelo ligeramente húmedo a húmedo, color marrón amarillento.

Estos materiales son medianamente estables, como terrenos de apoyo resultan ser buenos apoyos, debido a su capacidad de carga superior a 2.05 Kg/cm². Asimismo, presenta bajo riesgo de asentamientos, bajo riesgo de deslizamientos de taludes y baja modificación de resistencia por cambios de humedad.

La capacidad portante calculada para estos materiales supera los 2.05 Kg/cm²; considerando profundidades de desplante en 1.0m. se tienen asentamientos de 0.55 cm; no se evidencia asentamientos de 1" (2.54 cm).



Figura 9. Excavación Exploratoria P-7 en el Sector Tres Cruces, los materiales granulares corresponden a Gravas arcillosas de clasificación SUCS GC

h. Sector Vilcapampa- Calicata 8 (P-8)

Localizada cerca al centro poblado Vilcapampa, con coordenadas UTM Este (X): 241,029 y Norte (Y): 8'825,991 y de 2.00 metros de profundidad. Los suelos están constituidos por Gravas bien gradadas de clasificación SUCS GW, con finos no plásticos, ligeramente húmedo a seco, densidad relativa compacta.

Resultados de Laboratorio Los resultados de laboratorio de mecánica de suelos son los siguientes:

| | | |
|----------------------|---|--------------------------|
| Calicata | : | P-8 |
| % Gravas | : | 60.80% |
| % Arenas | : | 36.86% |
| % Finos | : | 2.34% |
| Clasificación SUCS | : | GW |
| Clasificación AASHTO | : | A-1-a (0) |
| Contenido de Humedad | : | 1.8% |
| Límite Líquido | : | N.P |
| Límite Plástico | : | N.P |
| Índice Plástico | : | N.P |
| Densidad Seca | : | 2.131 gr/cm ³ |
| Nivel Freático | : | No presenta |

Parámetros Geotécnicos En forma preliminar se presentan los siguientes parámetros geotécnicos:

| | | |
|-------------------------------|---|--------------|
| Ángulo de Fricción (ϕ) | : | 30° promedio |
| Cohesión (c) | : | 0 |
| Comportamiento Mecánico | : | Excelente |
| Capacidad de Drenaje | : | Excelente |
| CBR | : | 60-80 |
| Capacidad Portante del suelo | : | Buena |

Análisis de Cimentación Según la Norma NTE E.050 Suelos y Cimentación – Capítulo IV Cimentaciones Superficiales, la profundidad de cimentación mínima para el caso de construcción deberá ser de 1.00 metro de profundidad. Se adoptó calcular la capacidad admisible por corte local aplicando la teoría de Terzaghi. Para la determinación de la carga al corte se han considerado los siguientes parámetros:

- Profundidad de cimentación : Df 1.00 m.
- Ancho de la Cimentación de Zapatas : B 1.00 m.
- Factor de Seguridad : FS 3
- Obteniendo los siguientes resultados
- Capacidad Admisible : 2.10 Kg/cm²
- Asentamiento : 0.56 cm

Interpretación Geotécnica. Los materiales evaluados (GW) corresponden a gravas bien gradadas, con presencia de grava de forma subangular a subredondeada, suelo ligeramente húmedo seco, color marrón claro.

Estos materiales son muy estables, como terrenos de apoyo resultan ser excelentes, debido a su capacidad de carga superior a 2.10 Kg/cm^2 . Asimismo, presenta bajo riesgo de asentamientos, bajo riesgo de deslizamientos de taludes y muy baja modificación de resistencia por cambios de humedad.



Figura 10. Excavación Exploratoria P-8 en el Sector Tres Cruces, los materiales granulares corresponden a Gravas arcillosas de clasificación SUCS GC

La capacidad portante calculada para estos materiales supera los 2.10 Kg/cm^2 ; considerando profundidades de desplante en 1.0 m se tienen asentamientos de 0.56 cm; no se evidencia asentamientos de 1" (2.54 cm).

i. Sector Torrecilla Alta- Calicata 9 (P-9)

Localizada cerca al centro poblado Torrecilla Alta, con coordenadas UTM Este (X): 211,410 y Norte (Y): 8'820,209 y de 2.00 metros de profundidad. Los suelos están constituidos por Gravas limosas de clasificación SUCS GM, con finos de baja plasticidad, ligeramente húmedo a húmedo, densidad relativa compacta a muy compacta.

Resultados de Laboratorio Los resultados de laboratorio de mecánica de suelos son los siguientes:

| | | |
|----------------------|---|--------------------------|
| Calicata | : | P-9 |
| % Gravas | : | 56.01% |
| % Arenas | : | 26.69% |
| % Finos | : | 17.30% |
| Clasificación SUCS | : | GM |
| Clasificación AASHTO | : | A-1-b (0) |
| Contenido de Humedad | : | 4.4% |
| Límite Líquido | : | 18% |
| Límite Plástico | : | 15% |
| Índice Plástico | : | 3% |
| Densidad Seca | : | 2.193 gr/cm ³ |
| Nivel Freático | : | No presenta |

Parámetros Geotécnicos Las características geotécnicas y propiedades físico – mecánicas de los suelos se han evaluado en base a las investigaciones y ensayos ejecutados en el área así como de información técnica existente, en forma preliminar se presentan los siguientes parámetros geotécnicos:

| | | |
|-------------------------------|---|------------------|
| Ángulo de Fricción (ϕ) | : | 30° promedio |
| Cohesión (c) | : | 0 |
| Comportamiento Mecánico | : | Bueno |
| Capacidad de Drenaje | : | Aceptable a Mala |
| CBR | : | 40 - 80 |
| Capacidad Portante del suelo | : | Buena |

Análisis de Cimentación Según la Norma NTE E.050 Suelos y Cimentación – Capítulo IV Cimentaciones Superficiales, la profundidad de cimentación mínima para el caso de construcción deberá ser de 1.00 metro de profundidad. Se adoptó calcular la capacidad admisible por corte local aplicando la teoría de Terzaghi. Para la determinación de la carga al corte se han considerado los siguientes parámetros:

- o Profundidad de cimentación Df 1.00 m.
- o Ancho de la Cimentación de Zapatas B 1.00 m.
- o Factor de Seguridad FS 3
- o Obteniendo los siguientes resultados:

- Capacidad Admisible 2.16 Kg/cm²
- Asentamiento 0.58 cm

Interpretación Geotécnica Los materiales evaluados (GM) corresponden a grava limosa, mezcla de grava, arena y arcilla, ligeramente arcillosa, con presencia de grava de forma subangular a angular, suelo ligeramente húmedo a húmedo, color marrón claro.



Figura 11. Excavación Exploratoria P-9 en el Sector Torrecilla Alta, los materiales granulares corresponden a Gravas arcillosas de clasificación SUCS GM, se observa el ensayo de densidad in situ

Estos materiales son razonablemente estables particularmente no conveniente para revestimientos, como terrenos de apoyo resultan ser buenos, debido a su capacidad de carga superior a 2.16 Kg/cm². Asimismo, presenta bajo riesgo de asentamientos, bajo riesgo de deslizamientos de taludes y baja modificación de resistencia por cambios de humedad.

La capacidad portante calculada para estos materiales supera los 2.16 Kg/cm²; considerando profundidades de desplante en 1.0 m. se tienen asentamientos de 0.58 cm; no se evidencia asentamientos de 1" (2.54 cm).

j. Sector Cochas - Calicata 10 (P-10)

Localizada cerca al centro poblado Cochas, con coordenadas UTM Este (X): 220,944 y Norte (Y): 8'822,989, el muestreo y el ensayo de densidad in situ fueron realizados en

superficie, por presentar materiales de bolonería de diámetros en el rango de 0.20 a 1.00 m., lo que no permitió realizar la excavación exploratoria.

Resultados de Laboratorio Los resultados de laboratorio de mecánica de suelos son los siguientes:

| | | |
|----------------------|---|--------------------------|
| Calicata | : | P-10 |
| % Gravas | : | 51.25% |
| % Arenas | : | 46.62% |
| % Finos | : | 2.13% |
| Clasificación SUCS | : | GP |
| Clasificación AASHTO | : | A-1-a (0) |
| Contenido de Humedad | : | 1.8% |
| Límite Líquido | : | No presenta |
| Límite Plástico | : | No presenta |
| Índice Plástico | : | No presenta |
| Densidad Seca | : | 2.162 gr/cm ³ |
| Nivel Freático | : | No presenta |

Parámetros Geotécnicos En forma preliminar se presentan los siguientes parámetros geotécnicos:

| | | |
|-------------------------------|---|-------------------|
| Ángulo de Fricción (ϕ) | : | 30° promedio |
| Cohesión (c) | : | 0 |
| Comportamiento Mecánico | : | Bueno a Excelente |
| Capacidad de Drenaje | : | Excelente |
| CBR | : | 60 - 80 |
| Capacidad Portante del suelo | : | Buena |

Análisis de Cimentación Según la Norma NTE E.050 Suelos y Cimentación – Capítulo IV Cimentaciones Superficiales, la profundidad de cimentación mínima para el caso de construcción deberá ser de 1.00 metro de profundidad. Se adoptó calcular la capacidad admisible por corte local aplicando la teoría de Terzaghi. Para la determinación de la carga al corte se han considerado los siguientes parámetros:

- Profundidad de cimentación : Df 1.00 m.
- Ancho de la Cimentación de Zapatas : B 1.00 m.
- Factor de Seguridad : FS 3

- Obteniendo los siguientes resultados:
- Capacidad Admisible : 2.13 Kg/cm²
- Asentamiento : 0.57 cm

Interpretación Geotécnica Los materiales evaluados (GP) corresponden a Gravas pobremente gradadas. Estos materiales son razonablemente estables, como terrenos de apoyo resultan ser buenos a excelentes, debido a su capacidad de carga superior a 2.13 Kg/cm². Asimismo, presenta muy bajo riesgo de asentamientos, bajo riesgo de deslizamientos de taludes y muy baja modificación de resistencia por cambios de humedad.



Figura 12. Excavación Exploratoria P-10 en el Sector Cochas, los materiales granulares corresponden a Gravas arcillosas de clasificación SUCS GP

La capacidad portante calculada para estos materiales supera los 2.13 Kg/cm²; considerando profundidades de desplante en 1.0 m. se tienen asentamientos de 0.57 cm; no se evidencia asentamientos de 1" (2.54 cm).

3.7.2 Condiciones Geotécnicas

En base a las investigaciones geotécnicas y ensayos de laboratorio realizados se tiene que en el área de estudio, predominan los suelos granulares tipo: Gravas y Arenas mal gradadas (GP y SP), Gravas y Arenas limosas (GW y SW) y Gravas y Arenas Arcillosas (GC y SC), con capacidad portante en el rango de 1.10 a 2.82 Kg/m².

En todos los sectores, los asentamientos calculados no superan 1.0 cm., no evidenciándose asentamientos que superen los 2.54 cm.

El tipo y profundidad de cimentación de la uña de enrocado es de 1.50 – 2.00 metro bajo el ángulo de socavamiento. Considerar un ángulo de reposo y entrapamiento geotécnico de 2:1 (H:V).

Los materiales de enrocado evaluados corresponden a las canteras: Cochas (Material de agregados) y Vinto (Material de enrocado) las cuales reúnen las especificaciones requeridas para su utilización en la construcción de obras de defensas ribereñas (alta dureza, resistencia a la meteorización, elevada densidad y diámetros superiores a 0.80 metros).

3.7.3 Canteras de enrocado

Para la evaluación de las canteras de enrocado se han tenido en cuenta los resultados de laboratorio de mecánica de suelos y rocas, y Tablas Generalizadas de Clasificación de rocas. Se han prospectado y/o verificado las siguientes posibles fuentes de materiales de construcción:

Cantera de Agregados Cochas – CRX1

La cantera de agregados se encuentra ubicada cerca al centro poblado Cochas, en la margen derecha del río Pativilca. Esta cantera está conformada por Gravas mal gradadas (GP) con cantos rodados y bolonería de formas subredondeados a redondeados, con matriz arenosa.



Figura 13. Materiales de bolonería en la cantera Cochas, de diámetros que superan 1.00 m., de formas subredondeadas a redondeadas

La disponibilidad de material se estima en 2,000 a 2,500 m³, con un rendimiento de cantera del orden de 80%.

Coordenadas X= 220,944 Y=8 822,989

Resultados de Laboratorio

| | |
|-------------------------|------------------------------|
| Clasificación SUCS | GP (Gravas mal gradadas) |
| Clasificación AASHTO | A-1-a (0) |
| % Grava | 51.25% |
| % Arena | 46.62% |
| % Finos | 2.13% |
| Humedad Natural | 1.8% |
| Abrasión | 18.40% |
| Absorción | 0.32% |
| Peso Específico | 2.72 gr/cm ³ |
| Porosidad | 0.32% |
| Disponibilidad Estimada | 2,000 – 2,500 m ³ |
| Potencia Estimada | 2.50 metros |
| Rendimiento de Cantera | 80% |
| Método de Explotación | Con cargador Frontal 70% |

Observaciones De acuerdo a las propiedades físicas mecánicas, los materiales prospectados reúnen condiciones favorables para ser empleados como canteras de agregados.

Cantera de Enrocado Vinto – CRX-2

Litológicamente consiste de rocas ígneas intrusivas graníticas en bancos superiores a 5.0 metros. Esta cantera está conformada por rocas tipo granodioritas y tonalitas de dureza media a alta, con fracturamiento leve y alteración leve.



Figura 14. Afloramiento rocoso de la cantera Vinto, de diámetros que superan 1.00 m., la explotación deberá realizarse mediante voladura controlada

La disponibilidad del material se estima en 4,000 a 5,000 m³, con un rendimiento de cantera del orden de 80%.

Resultados de Laboratorio

| | |
|-------------------------|------------------------------|
| Peso específico | 2.72 gr/cm ³ |
| Absorción | 0.32% |
| Porosidad | 0.32% |
| Abrasión | 17.76% |
| Disponibilidad Estimada | 4,000 – 5,000 m ³ |
| Rendimiento de Cantera | 80% |

En base al Catastro Minero (INGEMMET), en la Cuenca del río Pativilca existen 687 derechos mineros que ocupan 338,340.50 hectáreas de la cuenca; de los cuales 533 corresponden a Derechos Mineros Titulado. El tipo de sustancia en exploración y/o explotación corresponde a sustancias metálicas y no metálicas.

Los principales peligros geológicos registrados en la Cuenca del río Pativilca corresponden a: inundación fluvial, erosión fluvial, flujos de detritos, caídas de rocas y derrumbes; siendo los distritos de: Pativilca, Cochabambas y Manas, los que han tenido una mayor ocurrencia de peligros geológicos.

Las investigaciones geotécnicas tuvieron lugar en los sectores de Vinto, Potao, Las Vegas, Las Alpas, San Telmo, Huayllillas, Tres Cruces, Vilcapampa, Torrecilla Alta, Cochabambas (Cantera Agregados) y Vinto (Cantera de Enrocado).

En base, a los resultados de laboratorio de mecánica de suelos se determinaron materiales granulares de clasificación SUCS: SW, SM, SC, GW, GP, GM y GC; de capacidad portante 1.10 a 2.82 Kg/m² y asentamientos que no superan los 1.00 cm. En la mayoría de los casos, los materiales son considerados terrenos de apoyo bueno a mediano. El tipo y profundidad de cimentación de la uña de enrocado es de 1.50 – 2.00 metro bajo el ángulo de socavamiento.

Las áreas para la explotación de enrocados se han localizado en los sectores de Cochabambas y Vinto; constituidas por gravas mal gradadas de clasificación SUCS GP y rocas intrusivas graníticas caracterizadas por su alta dureza, resistencia a la meteorización, elevada densidad, diámetros superiores a 1.00 metro, disponibilidad superior a 2,000 m³ y rendimiento de cantera por encima de los 80%, las mismas que reúnen las especificaciones requeridas para su utilización en la construcción de obras de defensas ribereñas.

3.8.3 Recomendaciones

Se recomienda adoptar en los diseños Sismo-Resistentes, el siguiente parámetro sísmico:
Factor de Zona = 0.40 Factor (g)

Se recomienda construir defensas de carácter rígido que requieran cimentación. La colocación de gaviones en mallas sobre las riberas afectadas. Considerar un ángulo de reposo y entrapamiento geotécnico de 2:1 (H:V).

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 IV

Caudales Máximos



INDICE

| | |
|---|-----------|
| CAPITULO IV | 90 |
| CAUDALES MÁXIMOS-EVENTOS EXTREMOS | 90 |
| 4.1 EVENTOS CLIMÁTICOS EXTREMOS EN LA CUENCA DEL RÍO PATIVILCA..... | 90 |
| 4.2 PLANTEAMIENTO HIDROLÓGICO..... | 91 |
| <i>4.2.2 Método estadístico</i> | <i>92</i> |
| <i>4.2.2 Método Fuller.....</i> | <i>95</i> |
| <i>4.2.3 Método Envolvente de Creager.....</i> | <i>96</i> |
| 4.3 RESULTADOS..... | 97 |
| 4.4 CONCLUSIONES..... | 99 |

Listado de cuadros

| | |
|---|----|
| CUADRO 1. RESUMEN DEL PLANTEAMIENTO HIDROLÓGICO | 92 |
| CUADRO 2. CAUDALES MÁXIMOS DIARIOS | 95 |
| CUADRO 3. VALORES DE LOS COEFICIENTES SEGÚN REGIÓN DEL PERÚ | 96 |
| CUADRO 4. CAUDALES MÁXIMOS PARA VARIOS PERIODOS DE RETORNO, MEDIANTE FUNCIONES PROBABILÍSTICAS..... | 98 |
| CUADRO 5. CAUDALES MÁXIMOS INSTANTÁNEOS DE LA EC1..... | 99 |
| CUADRO 6. CAUDALES INSTANTÁNEOS EN LA EC2 | 99 |

Listado de figuras

| | |
|--|----|
| FIGURA 1. UBICACIÓN DE LA ESTACIÓN DE CONTROL Y ÁREAS DE INFLUENCIA..... | 92 |
| FIGURA 2. MAPA DE REGIONALIZACIÓN DE LAS AVENIDAS DEL PERÚ | 97 |
| FIGURA 3. GAMMA 3 PARÁMETROS MEJOR AJUSTE, MÉTODO GRÁFICO..... | 98 |

CAPITULO IV

CAUDALES MÁXIMOS-EVENTOS EXTREMOS

Un evento climático extremo, son fenómenos meteorológicos normalmente raros que están por encima del percentil 90^o y más bajo que el percentil 10^o y varía según los lugares. Un fenómeno climático extremo es una media de una serie de fenómenos meteorológicos en un período concreto, media que de por sí es extrema (por ejemplo la precipitación durante una estación)¹.

En el periodo de 1995 al 2011 la ocurrencia de inundaciones, sequías, heladas, deslizamientos y huaycos han afectado más de 6 millones de personas (damnificados, fallecidos, heridos y desaparecidos), 478 mil viviendas afectadas y destruidas y más de 430 mil hectáreas de cultivos afectados. De los peligros mencionados, las heladas son los que han ocasionado mayores daños personales y las inundaciones son los que han tenido mayores impactos negativos en viviendas y cultivos. En el periodo de 2001 al 2010 las inundaciones recurrentes han tenido mayores efectos negativos en las regiones de Cusco, Ucayali, Piura, Madre de Dios, Puno, San Martín y Huánuco. Estos eventos han afectado a más de 180 mil personas, 22 mil viviendas destruidas-afectadas y 56 mil hectáreas perdidas. En la región Puno las pérdidas de animales han superado los 137 mil unidades de ganado ovino y vacuno principalmente².

4.1 Eventos climáticos extremos en la cuenca del río Pativilca

En marzo del 2014 las fuertes precipitaciones han ocasionado desbordes afectando 60 hectáreas de cultivos de maíz, camote y cebolla roja de las localidades de Simón Bolívar, Providencia, Las Huertas y Araya Chica y una bocatoma. En el año 2013, de acuerdo al reporte de INDECI, las inundaciones del río Pativilca ha dejado 2 hectáreas de suelo agrícola por erosión, inundación de 116 Ha. Afectación de 700 Ha de cultivos por falta de agua por colapso de bocatomas y aproximadamente 1.5 kilómetros de canal de riego afectados. En la provincia de Ocos, desbordes del río Pativilca ha dejado 5 desaparecidos, 100 familias damnificadas del centro poblado de Mayus, distrito de Carhuapampa. En

¹ IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change)

² Prevención ante eventos climáticos extremos en el Perú, T. Alfaro

febrero de 2012, las crecidas del río Pativilca han ocasionado el colapso de la bocatoma del sector Araya Grande, poniendo en riesgo de quedar sin riego 562 Ha de cultivos. Asimismo, las inundaciones han afectada entre 50 a 80 Ha de cultivos de los sectores de Vinto y Araya Grande.

4.2 Planteamiento hidrológico

- a.** Los caudales se calcularon en 6 puntos o estaciones de control (EC), distribuido como se muestra en la figura 1.
- b.** En la parte baja de la cuenca, altura de la confluencia con el río Huanchay-Ocros, los caudales se calcularán en la EC1, haciendo uso del método Estadístico. Para ello se contó con un registro histórico de caudales máximos diarios de 52 años (1960-2011) de la estación Las Minas, administrada por el SENAMHI. Se ha tomado en cuenta los caudales del Fenómeno El Niño.
- c.** En la parte media y alta de la cuenca, identificados por las estaciones de control EC2, EC3, EC4, EC5, EC6 y EC7, los caudales se calcularán empleando el método de la Curva Envolvente de Creager. Previamente los coeficientes adimensionales C_1 y C_2 , se calibrarán a partir de los caudales de la EC1.
- d.** Los caudales máximos instantáneos se calcularán por el método de Fuller.
- e.** Se ha considerado como área húmeda productora de escorrentía el 70% del área total (área húmeda: 3,204 Km²). Se considera como límite la cuenca húmeda y seca, la altitud de 1500 m.s.n.m. y la isoyeta 200 mm.
- f.** La longitud de cauce para el escurrimiento máximo es el 70% de la longitud total (126 Km).
- g.** La pendiente del cauce en el valle es 2.95%.
- h.** El coeficiente de escorrentía depende de la permeabilidad de la superficie, pendiente, encharcamiento, condiciones de humedad del suelo, vegetación, principalmente

Cuadro 1. Resumen del planteamiento hidrológico

| Estación de control (EC) | Método | Descripción | Referencia |
|--------------------------|-----------------------------|--|--|
| EC1 | Estadístico | Empleo de las distribuciones probabilísticas | Confluencia con el río Huanchay-Ocros |
| EC2 | Curva Envolvente de Creager | Coefficientes adimensionales se obtienen de la EC1 | Confluencia con el río Gorgor |
| EC3 | Curva Envolvente de Creager | Coefficientes adimensionales se obtienen de la EC2 | Confluencia con el río Rapay |
| EC4 | Curva Envolvente de Creager | Coefficientes adimensionales se obtienen de la EC3 | Confluencia con la Qda. Yanayaco-Yaroc |
| EC5 | Curva Envolvente de Creager | Coefficientes adimensionales se obtienen de la EC4 | Confluencia con el río Quero |
| EC6 | Curva Envolvente de Creager | Coefficientes adimensionales se obtienen de la EC5 | Huaman Hueque, distrito de Aquia |
| EC7 | Curva Envolvente de Creager | Coefficientes adimensionales se obtienen de la EC6 | Huiscash, C. P. Pachapaque |

En la figura 1, se muestra la ubicación de las estaciones de control, tomando en cuenta la confluencia con los tributarios.

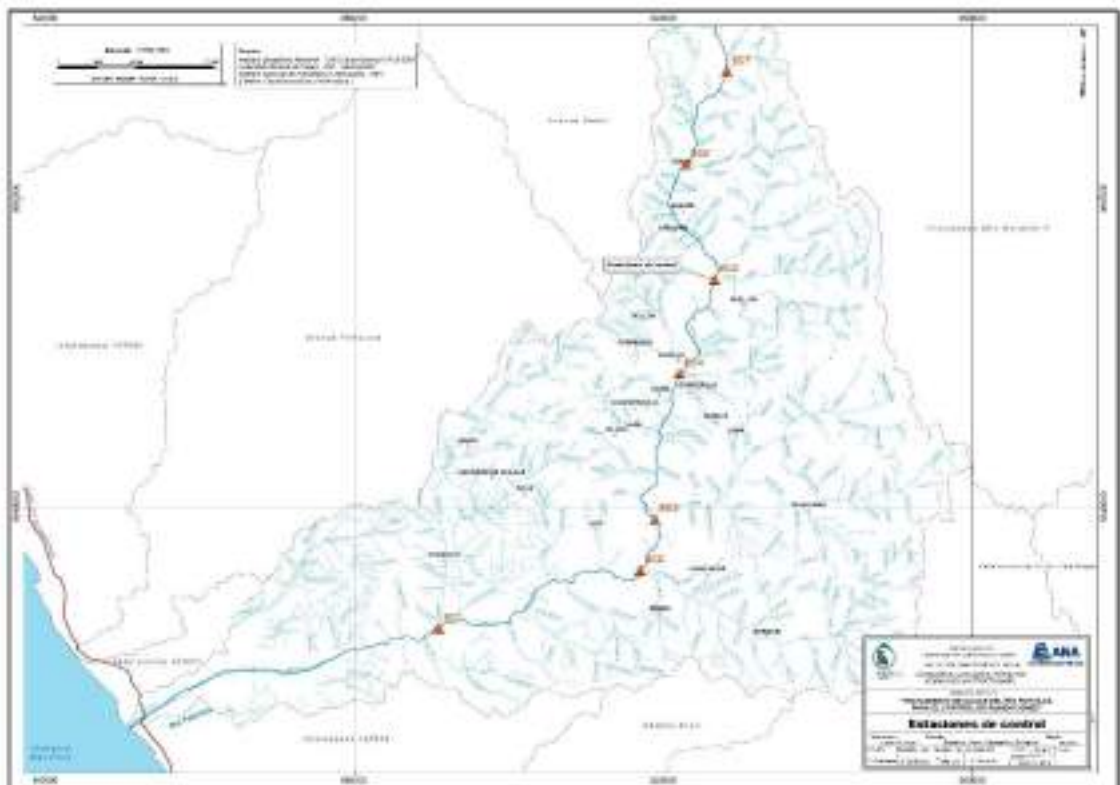


Figura 1. Ubicación de la estación de control y áreas de influencia

4.2.2 Método estadístico

a. Sustento teórico. Este método está 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, el cual puede ser ajustado a una ley

teórica de probabilidad (Gumbel, Log Pearson II, etc.).

Con el uso del programa HidroEsta, se evaluó la serie histórica de caudales máximos anuales con 8 modelos probabilísticos, considerando un nivel de significancia de 5%, método de estimación de parámetros, Parámetros Ordinarios y pruebas de bondad de ajuste por Kolmogorov.

Normal. Una variable aleatoria X se distribuye de acuerdo con una distribución de probabilidades Normal si su Función de Densidad de Probabilidades está dada como:

$$f_x(x) = \frac{1}{\sigma_x \sqrt{2\pi}} e^{-\frac{(x-\mu_x)^2}{2\sigma_x^2}}$$

Los parámetros son: media, μ_x , desviación estándar σ_x . La asimetría de la distribución es cero.

Log-Normal 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:

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

Parámetro de escala μ_y y parámetro de forma σ_y

Log-Normal 3 parámetros. Muchos casos el logaritmo de una variable aleatoria x, del todo no son normalmente distribuido, pero restando un parámetro de límite inferior x_0 , antes de tomar logaritmos, se puede conseguir que sea normalmente distribuida.

La función de densidad, de la distribución log-normal de 3 parámetros, es:

$$f(x) = \frac{1}{(x-x_0)\sigma_y\sqrt{2\pi}} \text{EXP} \left\{ -\frac{1}{2} \left[\frac{\ln(x-x_0) - \mu_y}{\sigma_y} \right]^2 \right\}$$

Parámetro de posición x_0 , parámetro de escala μ_y y parámetro de forma σ_y^2 .

Gamma 2 parámetros. Se dice que una variable aleatoria x , tiene una distribución gamma de 2 parámetros si su función densidad de probabilidad es:

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

Parámetro de forma γ , parámetro de escala β

Gamma 3 parámetros o Pearson Tipo III. Cuando una variable aleatoria x se ajustan a una distribución Pearson Tipo III, se dice que la variable aleatoria x se ajusta a una distribución Log Pearson Tipo III. Su función densidad de probabilidad es:

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

Gumbel. A partir de la distribución general de valores extremos, se pueden derivar tres tipos de distribuciones: la tipo I, comúnmente conocida como Gumbel, la tipo II y la tipo III, llamada también Weibull.

Elas difieren entre sí por el valor del parámetro de forma. La expresión general de la función de densidad de probabilidades para la distribución extrema tipo I o Gumbel es:

$$f_x(x) = \frac{1}{\alpha} \exp \left[-\frac{x - \beta}{\alpha} \exp \left(-\frac{x - \beta}{\alpha} \right) \right]$$

Parámetros de escala α y parámetro de posición β

Distribución Log-Gumbel. La función de distribución acumulada de la distribución 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, llamado también 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.

b. Información empleada.

Se ha usado la data histórica de caudales medios diarios, disponible en la

página de la Autoridad Nacional del Agua.

<http://www.ana.gob.pe:8080/snirh2/consHidrometria.aspx>.

La información histórica corresponde a la estación Las Minas, periodo de 1960 a 2011, un total de 52 años (cuadro 2).

Cuadro 2. Caudales máximos diarios

| Año | Qmax | Año | Qmax |
|------|-------|------|-------|
| 1960 | 379.5 | 1986 | 184.0 |
| 1961 | 406.3 | 1987 | 350.0 |
| 1962 | 413.3 | 1988 | 350.0 |
| 1963 | 200.9 | 1989 | 310.1 |
| 1964 | 142.7 | 1990 | 85.0 |
| 1965 | 204.7 | 1991 | 180.0 |
| 1966 | 152.0 | 1992 | 100.0 |
| 1967 | 312.7 | 1993 | 190.0 |
| 1968 | 118.8 | 1994 | 150.0 |
| 1969 | 169.9 | 1995 | 120.0 |
| 1970 | 298.7 | 1996 | 115.0 |
| 1971 | 238.7 | 1997 | 115.0 |
| 1972 | 323.5 | 1998 | 207.0 |
| 1973 | 219.5 | 1999 | 175.0 |
| 1974 | 258.8 | 2000 | 193.0 |
| 1975 | 159.0 | 2001 | 200.7 |
| 1976 | 149.8 | 2002 | 161.7 |
| 1977 | 196.1 | 2003 | 134.0 |
| 1978 | 185.7 | 2004 | 101.5 |
| 1979 | 180.0 | 2005 | 69.3 |
| 1980 | 185.0 | 2006 | 135.3 |
| 1981 | 425.0 | 2007 | 121.8 |
| 1982 | 280.0 | 2008 | 107.9 |
| 1983 | 320.0 | 2009 | 148.3 |
| 1984 | 480.0 | 2010 | 94.8 |
| 1985 | 135.0 | 2011 | 131.5 |

4.2.2 Método Fuller

Para diseño de estructuras de protección o control de inundaciones se requiere caudales máximos instantáneos razón por la cual se empleará el método de Fuller, a partir de los caudales calculados con el método estadístico

Empleando el método de Fuller, se calcularon los caudales máximos instantáneos, a partir de los caudales máximos diarios calculados con el método estadístico.

$$Q_{inst} = Q \cdot \left(1 + \frac{2.66}{A^{0.3}} \right) \quad A \text{ en km}^2$$

Caudal instantáneo Q_{inst} , caudal calculado para un determinado periodo de retorno

Q, área de la cuenca húmeda o de interés A (en km²).

4.2.3 Método Envolvente de Creager

Los caudales máximos se calcularán en función del área de la cuenca y el periodo de retorno, con la siguiente relación

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

Donde,

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

Q_{max}, caudal máximo

T, periodo de retorno

En el cuadro 3, se muestra los valores de los coeficientes para cada región del Perú y en la figura 2, se muestra la regionalización de avenidas del Perú. Según estas consideraciones el ámbito de estudio se ubica en la región 4.

Cuadro 3. Valores de los coeficientes según región del Perú

| Nº | Región | Cuencas |
|----|------------------------|--|
| 1 | Costa Norte (Frontero) | Tumbes a Piura |
| 2 | Costa Norte | Cajamarca a Tarma |
| 3 | Sierra Norte | Alto Huancabamba |
| 4 | Costa Central | Ica a Arequipa |
| 5 | Costa Sur | Quilca a Cuzco |
| | Tierras | Tierras |
| 6 | Sierra Central Sur | Wamani, Apurimac y Urubamba |
| 7 | Selva | Udayali, Selva Mazonán, 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 |

Fuente: Análisis regional de las avenidas en los ríos del Perú; Trau W. y Gutierrez R.; 1979



Figura 2. Mapa de Regionalización de las Avenidas del Perú

Fuente: Análisis regional de las avenidas en los ríos del Perú; Trau W. y Gutierrez R.; 1979

4.3 Resultados

- a. Los caudales en la estación de control EC1, (desde el litoral hacia la confluencia con el río Huanchay-Ocros), se muestra en la figura 3 y cuadro 4.

En la figura 3 se observa que la función Log Normal 3 Parámetros, tiene el mejor ajuste, respecto al comportamiento de la data histórica y la prueba estadística es baja.

En el cuadro 4, se indica los caudales máximos diarios para varios periodos de retorno, calculados por el método estadístico.

Cuadro 4. Caudales máximos para varios periodos de retorno, mediante funciones probabilísticas

| Período de Retorno (T) | P | Distribución Normal | Distribución Log Normal 2 parámetros | Distribución Log Normal 3 parámetros | Gamman 2 parámetros | Gamman 3 parámetros | Log-Pearson tipo III | Gumbel | Log Gumbel |
|------------------------|-------|---------------------|--------------------------------------|--------------------------------------|---------------------|---------------------|----------------------|--------|------------|
| 2.00 | 0.500 | 207.1 | 186.3 | 186.3 | 193.2 | 190.5 | | 190.7 | 172.8 |
| 5.0 | 0.200 | 291.0 | 274.3 | 273.2 | 278.9 | 282.5 | 272.8 | 278.8 | 259.4 |
| 10.0 | 0.100 | 335.0 | 335.8 | 334.0 | 332.2 | 340.8 | 338.9 | 337.2 | 339.3 |
| 25.0 | 0.040 | 381.8 | 416.6 | 413.7 | 395.7 | 411.1 | 430.1 | 411.0 | 476.6 |
| 50.0 | 0.020 | 412.0 | 478.9 | 475.1 | 440.5 | 461.1 | 503.6 | 465.7 | 613.2 |
| 75.0 | 0.013 | 428.3 | 516.0 | 511.7 | 465.8 | 489.4 | 548.7 | 497.6 | 709.9 |
| 100.0 | 0.010 | 439.3 | 542.8 | 538.0 | 483.4 | 509.1 | 581.8 | 520.1 | 787.4 |
| Estadístico de prueba | | 0.1794 | 0.0888 | 0.0875 | 0.1194 | 0.11216 | 0.0795 | 0.1091 | 0.0868 |

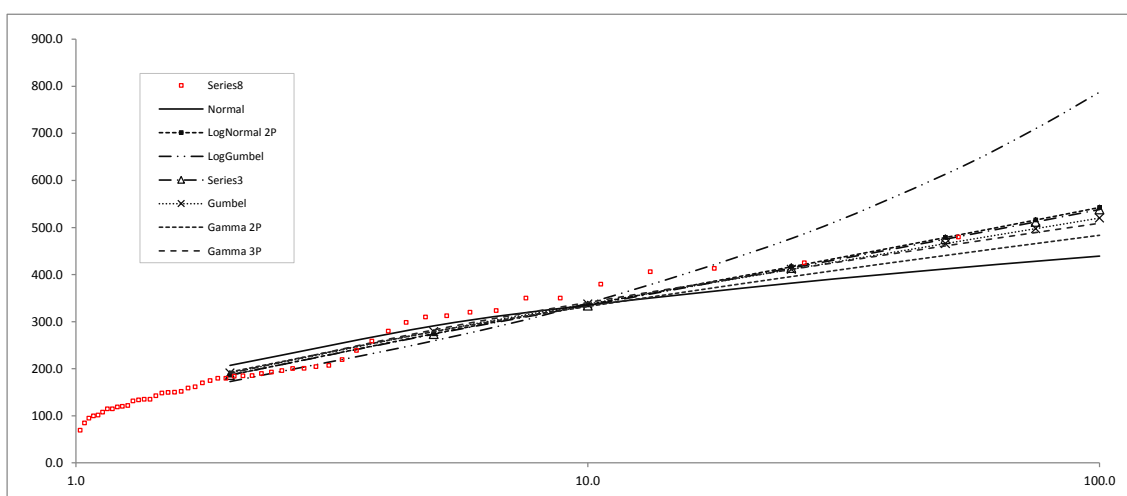


Figura 3. Gamma 3 parámetros mejor ajuste, método gráfico

b. Mediante el método de Fuller, se calcularon los caudales máximos instantáneos, a partir de los caudales máximos diarios calculados con el método estadístico. En el cuadro 5, se muestra los caudales máximos instantáneos en la EC1, los cuales deberán ser usados en el dimensionamiento de las defensas ribereñas y cálculos de los parámetros fluviales del río.

Cuadro 5. Caudales máximos instantáneos de la EC1

| Período de Retorno (T) | Q_{inst} (m^3/s) | Area (Km^2), húmeda |
|------------------------|------------------------|-------------------------|
| 2.0 | 230.3 | 3,204.0 |
| 5.0 | 339.1 | |
| 10.0 | 415.1 | |
| 25.0 | 515.0 | |
| 50.0 | 592.0 | |
| 75.0 | 637.9 | |
| 100.0 | 670.9 | |

- c. Los caudales en la estación de control EC1, EC2, EC3, EC4, EC5, EC6 y EC7 (confluencia con el río Gorgor hasta la parte alta de la cuenca) se muestran en los cuadros 6 al 11.

Cuadro 6. Caudales instantáneos en la EC2

| Período de retorno (años) | Estación de control | | | | | | |
|---------------------------|---------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| | EC1 | EC2 | EC3 | EC4 | EC5 | EC6 | EC7 |
| 2 | 230.3 | 199.0 | 162.5 | 142.2 | 128.4 | 68.5 | 43.1 |
| 5 | 339.1 | 293.0 | 239.2 | 209.4 | 189.0 | 100.9 | 63.5 |
| 10 | 415.1 | 358.6 | 292.8 | 256.4 | 231.4 | 123.5 | 77.7 |
| 25 | 515.0 | 444.9 | 363.3 | 318.1 | 287.1 | 153.2 | 96.4 |
| 50 | 592.0 | 511.5 | 417.6 | 365.6 | 330.0 | 176.1 | 110.8 |
| 75 | 637.9 | 551.1 | 450.0 | 394.0 | 355.6 | 189.8 | 119.4 |
| 100 | 670.9 | 579.6 | 473.3 | 414.4 | 374.0 | 199.6 | 125.6 |

4.4 Conclusiones

El presente estudio abarca todo el cauce; por lo tanto, fue necesario establecer 7 puntos o estaciones de control para calcular los caudales.

Con fines de diseño de defensas ribereñas, dimensionamiento de las estructuras, cálculo de los parámetros fluviales, se recomienda periodos de retorno de 50 años para zonas agrícolas y 100 años para zonas urbanas.

El valor del Coeficiente de Gravelius se encuentra entre 1 y 2; por lo tanto, tendrá una tendencia a las crecidas; sin embargo, se debe tener en cuenta otras características de la cuenca como cobertura, pendiente que influyen en las crecidas.



Análisis de la Vulnerabilidad

INDICE

| | |
|--|-------------------|
| <i>CAPITULO V.....</i> | <i>103</i> |
| <i>ANALISIS DE LA VULNERABILIDAD.....</i> | <i>103</i> |
| 5.1 Identificación de peligros | 104 |
| 5.2 Identificación y descripción de los puntos críticos por sectores | 106 |
| 5.3 Influencia de los tributarios en el comportamiento del río Pativilca | 125 |

Listado de figuras

| | |
|--|-----|
| Figura 1. Punto crítico 01, riesgo de inundación y erosión _____ | 106 |
| Figura 2. Punto crítico 02, riesgo de inundación en C.P. Simón Bolívar _____ | 107 |
| Figura 3. Punto crítico 03, sector Molino Alto-Puntizuela _____ | 107 |
| Figura 4. Punto crítico 04, sector Puntizuela _____ | 108 |
| Figura 5. Punto crítico 05, sector Providencia _____ | 108 |
| Figura 6. Punto crítico 06, sector Carretería _____ | 109 |
| Figura 7. Punto crítico 07, sector Carretería _____ | 109 |
| Figura 8. Punto crítico 08, sector Torreca Baja _____ | 110 |
| Figura 9. Punto crítico 09, sector Bocatoma Paramonga _____ | 110 |
| Figura 10. Punto crítico 10 y 11, sector bocatoma Huayto _____ | 111 |
| Figura 11. Punto crítico 12, sector Monte Arguy _____ | 112 |
| Figura 12. Punto crítico 13, sector Monte Potao _____ | 112 |
| Figura 13. Punto crítico 14, sector Monte Potao _____ | 113 |
| Figura 14. Punto crítico 15, sector Fundo Rosales _____ | 113 |
| Figura 15. Punto crítico 16, sector Fundo Rosales _____ | 114 |
| Figura 16. Punto crítico 17, sector Troncal _____ | 114 |
| Figura 17. Punto crítico 18, sector Roncador _____ | 115 |
| Figura 18. Punto crítico 19, sector las Huertas _____ | 115 |
| Figura 19. Punto crítico 20, sector Vinto _____ | 116 |
| Figura 20. Punto crítico 21 y 22, sector Araya Chica _____ | 116 |
| Figura 21. Punto crítico 23, sector Espachín _____ | 117 |
| Figura 22. Punto crítico 24 y 25, sector Las Vírgenes _____ | 118 |
| Figura 23. Punto crítico 26, sector La Vega-Otopongo _____ | 118 |
| Figura 24. Punto crítico 27, sector Cochas _____ | 119 |
| Figura 25. Punto crítico 28 y 29, sector Alpas _____ | 119 |
| Figura 26. Punto crítico 30, sector Bocatoma Irrigación Pativilca _____ | 120 |
| Figura 27. Punto crítico 31 y 32, sector Nueva Irrigación Pativilca _____ | 120 |
| Figura 28. Punto crítico 33, sector Pasamaito _____ | 121 |
| Figura 29. Punto crítico 34, sector Llamachupan _____ | 122 |
| Figura 30. Punto crítico 35, sector Vilcapampa _____ | 122 |
| Figura 31: Ubicación de los puntos críticos del río Pativilca _____ | 123 |
| Figura 32. Punto crítico 36, sector Cahuas _____ | 124 |
| Figura 33. Punto crítico 37, sector Carhuan _____ | 124 |
| Figura 34. Punto crítico 38, sector Mayus _____ | 125 |
| Figura 35. Ubicación de las subcuencas tributarias _____ | 127 |

Listado de cuadros

| | |
|--|-----|
| Cuadro 1. Serie Cronológica de Emergencias por Fenómenos - Región Lima _____ | 105 |
| Cuadro 2. Serie Cronológica de Emergencias por Fenómenos - Región Ancash _____ | 105 |
| Cuadro 3. Elementos expuestos a inundación, en el distrito de Pativilca _____ | 111 |
| Cuadro 4. Elementos expuestos a inundación, en el distrito de Barranca _____ | 117 |
| Cuadro 5. Elementos expuestos a inundación, en el distrito de Cochas _____ | 121 |
| Cuadro 6. Elementos expuestos a inundación, en el distrito de Acas _____ | 123 |
| Cuadro 7. Elementos expuestos a inundación, en el distrito Manas _____ | 125 |
| Cuadro 8. Características de los principales tributarios del río Pativilca _____ | 126 |

CAPITULO V

ANALISIS DE LA VULNERABILIDAD

La Ley N° 29664, Sistema Nacional de Gestión del Riesgo de Desastres (SINAGERD), define la vulnerabilidad como la susceptibilidad de la población, la estructura física o las actividades socioeconómicas, de sufrir daños por acción de un peligro o amenaza.

Los peligros naturales están inmerso en un entorno cambiante y dinámico, que incluye no sólo las condiciones económicas y sociales, sino también las condiciones físicas. Es necesario evaluar, como estos cambios pueden afectar el proyecto y también como la ejecución del mismo puede afectar a dichas condiciones. En particular, los proyectos se circunscriben a un ambiente físico que lo expone a una serie de peligros: sismos, inundaciones, lluvias intensas, deslizamientos, sequías, entre otros, y por tanto, se hace necesario identificar los peligros y sus potenciales impactos.

El Perú, debido a sus características físicas y condiciones naturales, presenta gran ocurrencia de diversos y múltiples peligros, situación que se ha incrementado en las últimas décadas, debido principalmente a la ocupación informal del territorio, que no sólo incrementa la condición de vulnerabilidad sino también contribuye a la generación de conflicto de uso en el territorio y nuevos peligros, facilitando la existencia de viviendas e infraestructura en zonas de alto peligro susceptibles a sismos, deslizamientos, huaycos, alud, inundaciones y otros.

El conocimiento de los peligros dentro del proceso de identificación, formulación y evaluación de proyectos, permite tomar en cuenta el potencial impacto del medio ambiente y el entorno sobre el proyecto, de tal manera que sea posible implementar medidas para no afectar la operación del proyecto y para reducir los riesgos y potenciales daños.

El análisis de la vulnerabilidad, es el proceso mediante el cual se evalúa las condiciones existentes de los factores de la vulnerabilidad: exposición, fragilidad y resiliencia, de la población o de sus medios de vida.

Este capítulo se refiere a la identificación de puntos críticos por desborde y erosión, como consecuencia del desnivel topográfico de las riberas o áreas aledañas y las condiciones físico-mecánico del suelo y taludes.

Cabe diferenciar que los puntos críticos, son aquellos lugares donde hay antecedentes que ha ocurrido desborde, erosión o que a la vista se encuentre en un inminente peligro.

5.1 Identificación de peligros

El Instituto Nacional de Defensa Civil - INDECI a fin de identificar un peligro natural potencialmente dañino en cualquier punto del país, ha elaborado desde su creación junto con las instituciones científico-tecnológicas como el IGP (1997), PNUD (2005), PREDES (2006), INGEMMET (2009), CISMID, etc. mapas de peligros naturales, de intensidades sísmicas, de emergencias y daños, etc. basándose en un registro histórico de desastres naturales que han tenido un impacto social significativo.

La región Lima y Ancash que comprenden los límites de la cuenca del río Pativilca está permanentemente expuesto al impacto de estos eventos naturales que causan desastres o emergencias, tales como: sismos, suceden en toda la región, deslizamientos, derrumbes, aluviones, precipitaciones pluviales, sequías y principalmente la presencia del Fenómeno El Niño causados por eventos hidrometeorológicos. Las emergencias de mayor presencia en los distritos del ámbito del estudio son las intensas, lluvias y bajas temperaturas.

En el cuadro 1, se muestran las Series Cronológicas de Emergencias por Fenómeno en la región Lima, Periodo 2003 – 2012.

En el cuadro 2, se muestran las Series Cronológicas de Emergencias por Fenómeno en la región Ancash, periodo 2003 – 2012.

Cuadro 1. Serie Cronológica de Emergencias por Fenómenos - Región Lima

| FENOMENO | REGIÓN LIMA |
|----------------------------|-------------|
| TOTAL REGIÓN LIMA | 2722 |
| COLAPSO DE CONSTRUCCIONES | 247 |
| CRECIDA DE RÍO | 7 |
| DERRAME SUSTANCIAS NOCIVAS | 6 |
| DERRUMBE DE CERRO | 187 |
| DESlizAMIENTO | 50 |
| EPIDEMIA | 5 |
| EXPLOSIÓN | 15 |
| GRANIZADA | 1 |
| HELADA | 28 |
| HUAYCO | 38 |
| INCENDIO FORESTAL | 3 |
| INCENDIO URBANO | 1867 |
| INUNDACIÓN | 95 |
| LLUVIA INTENSA | 40 |
| MARETAZO (MAREJADA) | 7 |
| SEQUÍA | 1 |
| SISMOS | 86 |
| TORMENTA ELÉCTRICA | 1 |
| VIENTO FUERTE | 5 |
| OTROS 1/ | 33 |

Fuente: SINPAD - COEN - INDECI - PERIODO 2003 - 2012

Cuadro 2. Serie Cronológica de Emergencias por Fenómenos - Región Ancash

| FENOMENO | REGIÓN ANCASH |
|----------------------------|---------------|
| TOTAL REGIÓN ANCASH | 824 |
| ALUD | 3 |
| ALUVIÓN | 6 |
| COLAPSO DE CONSTRUCCIONES | 3 |
| CONTAMINACIÓN AGUA | 1 |
| CRECIDA DE RÍO | 3 |
| DERRAME SUSTANCIAS NOCIVAS | 3 |
| DERRUMBE DE CERRO | 14 |
| DESlizAMIENTO | 44 |
| EXPLOSIÓN | 2 |
| GRANIZADA | 32 |
| HELADA | 31 |
| HUAYCO | 15 |
| INCENDIO FORESTAL | 14 |
| INCENDIO URBANO | 212 |
| INUNDACIÓN | 16 |
| LLUVIA INTENSA | 343 |
| MARETAZO (MAREJADA) | 3 |
| SEQUÍA | 9 |
| SISMOS | 10 |
| TORMENTA ELÉCTRICA | 6 |
| VIENTO FUERTE | 49 |
| OTROS 1/ | 5 |

5.2 Identificación y descripción de los puntos críticos por sectores

El cauce del río Pativilca en el sector de estudio presenta un alto grado de colmatación, anchos naturales que superan los anchos calculados matemáticamente (ancho estable), actualmente existen anchos que oscilan entre 200 a 250 m y alturas de colmatación que oscilan entre 0.50 a 1.0 m.

La identificación de los puntos críticos se realizó in situ, con participación de profesionales de Defensa Civil de la Municipalidad Provincial de Barranca, Junta de Usuarios de agua del río Pativilca, sectoristas de riego y con el apoyo de personas del lugar; se recorrió desde el Océano Pacífico sectores Puente Bolívar, Monte Arguy, Molino Alto Puntizuela y Monte Potao, ubicados en el distrito de Pativilca; hasta la parte alta, distrito de Cochabamba, Acas y Carhuapampa de la provincia de Ochos Ríos y distrito de Manas de la provincia de Cajatambo. Se han identificado 38 puntos críticos y se describen por sectores y distritos:

DISTRITO PATIVILCA

Se ha identificado 11 puntos críticos, distribuidos en los siguientes sectores:

1. **Sector Puente Bolívar.** Se ha identificado 2 puntos críticos, que ponen en riesgo ante una inundación y erosión el centro poblado de Simón Bolívar, 64.5 Ha de cultivos, 850 metros de la Panamericana Norte y 2000 metros de canales de riego (figura 01 y 02).



Figura 1. Punto crítico 01, riesgo de inundación y erosión



Figura 2. Punto crítico 02, riesgo de inundación en C.P. Simón Bolívar

- 2. Sector Molino Alto-Puntizuela.** Se ha identificado 1 punto crítico, que ponen en riesgo 90 Ha de cultivos, ante una eventual inundación y erosión (figura 03).



Figura 3. Punto crítico 03, sector Molino Alto-Puntizuela

- 3. Sector Puntizuela.** Se ha identificado 1 punto crítico, que pone en riesgo 10 Ha de cultivos y 700 metros de canal, de producirse una inundación y erosión (figura 4).



Figura 4. Punto crítico 04, sector Puntizuela

4. **Sector Providencia.** Se ha identificado 1 punto crítico, que pone en riesgo 15 Ha de cultivos y 1000 metros de canal, de producirse una inundación y erosión (figura 5).



Figura 5. Punto crítico 05, sector Providencia

5. **Sector Carretería.** Se ha identificado 2 puntos críticos, que ponen en riesgo de perderse por erosión 24 Ha de cultivos (figura 6 y 7).



Figura 6. Punto crítico 06, sector Carretería



Figura 7. Punto crítico 07, sector Carretería

- 6. Sector Torrencia Baja.** Se ha identificado 1 punto crítico, que pone en riesgo de perderse por inundación y erosión 25 Ha de cultivos y 500 metros de canal de riego (figura 8).



Figura 8. Punto crítico 08, sector Torrencia Baja

7. **Sector Bocatoma Paramonga.** Se ha identificado 1 punto crítico, que pone en riesgo de perderse por inundación y erosión 10 Ha de cultivos y 400 metros de canal de riego (figura 09).



Figura 9. Punto crítico 09, sector Bocatoma Paramonga

8. **Sector Bocatoma Huayto.** Se ha identificado 2 puntos críticos, que ponen en riesgo el colapso de la bocatoma Huayto, que podría a 2000 Ha de terrenos agrícolas de la comisión de regantes de Huayto (figura 10).



Figura 10. Punto crítico 10 y 11, sector bocatoma Huayto

En el cuadro 3, se muestra los elementos expuestos ante una inundación correspondiente a un periodo de retorno de 50 años, en el ámbito del distrito de Pativilca.

Cuadro 3. Elementos expuestos a inundación, en el distrito de Pativilca

| Numero | X | Y | Margen | Sector | Distrito | Provincia | Departamento | C.P. | Viviendas | Puentes | Vías Asfaltadas (m) | Vías Afirmdas-no afirmdas | Area agrícola (ha) | Bocatoma | Canal de riego (m) | Observaciones |
|--------------|--------|---------|-----------|------------------------|-----------|-----------|--------------|---------------|-----------|----------|---------------------------|---------------------------------|-----------------------|--------------------|-----------------------|----------------------------------|
| 01 | 195519 | 8812817 | Derecha | Puente Bolívar | Pativilca | Barranca | Lima | | | | | | 60 | | 2000 | |
| 02 | 196490 | 8813520 | Izquierda | Puente Bolívar | Pativilca | Barranca | Lima | Simón Bolívar | 40 | Bolívar | 850 | | 4.5 | | | |
| 03 | 200139 | 8816023 | Derecha | Molino Alto-Puntuzuela | Pativilca | Barranca | Lima | | | | | | 90 | | | |
| 04 | 201033 | 8817088 | Derecha | Puntuzuela | Pativilca | Barranca | Lima | | | | | | 10 | | 700 | |
| 05 | 203855 | 8818277 | Derecha | Providencia | Pativilca | Barranca | Lima | | | | | | 15 | | 1000 | |
| 06 | 204647 | 8818619 | Izquierda | Carretería | Pativilca | Barranca | Lima | | | | | | 24 | | | |
| 07 | 206436 | 8819697 | Izquierda | Carretería | Pativilca | Barranca | Lima | | | | | | | | | |
| 08 | 210045 | 8819784 | Derecha | Torreca Baja | Pativilca | Barranca | Lima | | | | | | 25 | | 500 | |
| 09 | 212005 | 8819887 | Derecha | Bocatoma Paramonga | Pativilca | Barranca | Lima | | | | | | 10 | | 400 | |
| 10 | 216627 | 8819783 | Derecha | Bocatoma Huayto | Pativilca | Barranca | Lima | | | | | | | 01 Bocatoma Huayto | | Afectación de 2000 ha indirectas |
| 11 | 217055 | 8819955 | Derecha | Bocatoma Huayto | Pativilca | Barranca | Lima | | | | | | | | | |
| TOTAL | | | | | | | | | 40 | 0 | 850 | 0 | 239 | 1 | 4600 | 2000 |

DISTRITO DE BARRANCA

Se ha identificado 11 puntos críticos, distribuidos en los siguientes sectores de Monte Arguy, Monte Potao, Santa Rosa, La Cordillera y Chotuque.

9. Sector Monte Arguy. Se ha identificado 1 punto crítico, cuyo elementos expuestos a inundación y erosión son 35 Ha de área agrícola y 500 metros de canales de riego, que corresponde a la comisión de regantes de (figura 11).



Figura 11. Punto crítico 12, sector Monte Arguy

10. Sector Monte Potao. Se ha identificado 2 puntos críticos ante inundaciones, que ponen en riesgo 80 Ha de área agrícola (figura 12 y 13).

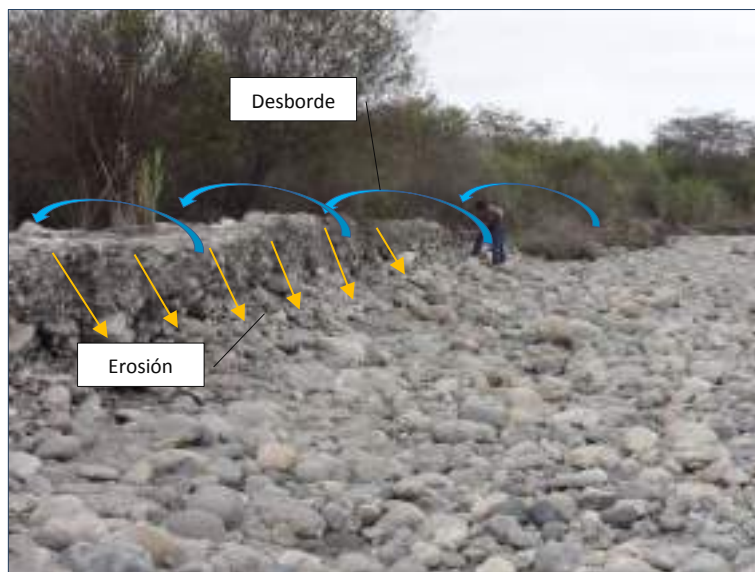


Figura 12. Punto crítico 13, sector Monte Potao



Figura 13. Punto crítico 14, sector Monte Potao

11. Sector Fundo Rosales. Se ha identificado 2 puntos críticos ante inundaciones, que ponen en riesgo 60 Ha de área agrícola (figura 14 y 15).



Figura 14. Punto crítico 15, sector Fundo Rosales



Figura 15. Punto crítico 16, sector Fundo Rosales

12. Sector Troncal. Se ha identificado 1 punto crítico ante inundaciones, que ponen en riesgo 35 Ha de área agrícola y 1000 metros de canal de riego (figura 16).



Figura 16. Punto crítico 17, sector Troncal

13. Sector Roncador. Se ha identificado 1 punto crítico en la margen izquierda, que ponen en riesgo 28 Ha de área agrícola, 01 bocatoma, 1250 metros de canales de riego y la afectación indirecta de 6700 Ha de área agrícola de la comisión de regantes Potao (figura 17).



Figura 17. Punto crítico 18, sector Roncador

14. Sector Las Huertas. Se ha identificado 1 punto crítico en la margen izquierda, que ponen en riesgo 40 Ha de área agrícola, (figura 18).



Figura 18, Punto crítico 19, sector las Huertas

15. Sector Vinto. Se ha identificado 1 punto crítico en la margen izquierda, que ponen en riesgo la bocatoma Vinto y la afectación indirecta de 2200 Ha de área agrícola de la comisión de regantes de Vinto (figura 19).



Figura 19. Punto crítico 20, sector Vinto

16. Sector Araya Chica. Se ha identificado 2 puntos críticos en la margen izquierda, que ponen en riesgo 90 Ha y 1000 metros de canal de riego (figura 20).

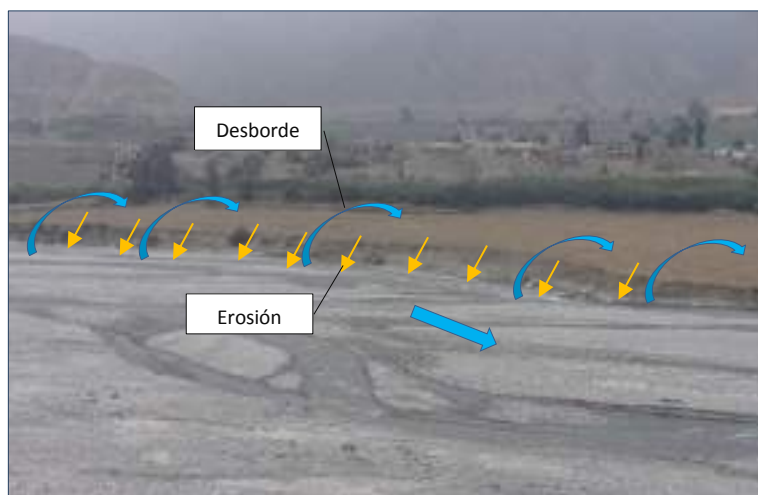


Figura 20. Punto crítico 21 y 22, sector Araya Chica

En el cuadro 4, se muestra los elementos expuestos ante una inundación correspondiente a un periodo de retorno de 50 años, en el ámbito del distrito de Barranca.

Cuadro 4. Elementos expuestos a inundación, en el distrito de Barranca

| Numero | X | Y | Margen | Sector | Distrito | Provincia | Departamento | C.P. | Viviendas | Puentes | Vías Asfaltadas (m) | Vías Afirmdas-no afirmdas | Area agrícola (ha) | Bocatoma | Canal de riego (m) | Observaciones |
|--------------|--------|---------|-----------|---------------|----------|-----------|--------------|------|-----------|----------|---------------------------|---------------------------------|-----------------------|--------------------------|-----------------------|-------------------------------------|
| 12 | 198897 | 8814524 | Izquierda | Monte Arguy | Barranca | Barranca | Lima | | | | | | 35 | | | |
| 13 | 200420 | 8815915 | Izquierda | Monte Potao | Barranca | Barranca | Lima | | | | | | 80 | | | |
| 14 | 201556 | 8816776 | Izquierda | Monte Potao | Barranca | Barranca | Lima | | | | | | | | | |
| 15 | 203335 | 8817238 | Izquierda | Fundo Rosales | Barranca | Barranca | Lima | | | | | | 60 | | | |
| 16 | 204413 | 8818044 | Izquierda | Fundo Rosales | Barranca | Barranca | Lima | | | | | | | | | |
| 17 | 208080 | 8819546 | Izquierda | Troncal | Barranca | Barranca | Lima | | | | | | 35 | | 1000 | |
| 18 | 209285 | 8819445 | Izquierda | Roncador | Barranca | Barranca | Lima | | | | | | 28 | 01 Bocatoma Matriz | 1250 | Afectación de 6700 ha indirectas |
| 19 | 212392 | 8819445 | Derecha | Las Huertas | Barranca | Barranca | Lima | | | | | | 40 | | | |
| 20 | 213796 | 8819327 | Izquierda | Vinto | Barranca | Barranca | Lima | | | | | | | 01 Bocatoma Vinto | | Afectación de 2200 ha indirectas |
| 21 | 217270 | 8819621 | Izquierda | Araya Chica | Barranca | Barranca | Lima | | | | | | 90 | | 1000 | |
| 22 | 218382 | 8819920 | Izquierda | Araya Chica | Barranca | Barranca | Lima | | | | | | | | | |
| TOTAL | | | | | | | | | 0 | 0 | 0 | 0 | 368 | 2 | 3250 | 8900 |

DISTRITO DE COCHAS

Se ha identificado 11 puntos críticos, distribuidos en los sectores de Las Vírgenes, La Vega-Otopongo, Cochas, Alpas, Irrigación Pativilca y Pasamaito.

17. Sector Espachín. Se ha identificado 1 punto crítico en la margen derecha, que pone en riesgo 8 Ha de área agrícola (figura 21).

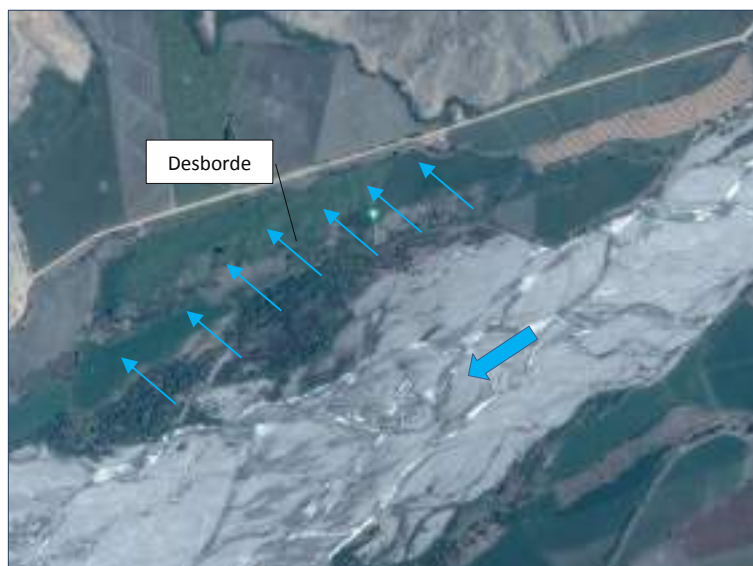


Figura 21. Punto crítico 23, sector Espachín

18. Sector Las Vírgenes. Se han identificado 2 puntos críticos en la margen izquierda, que pone en riesgo 1500 m de canal de riego y la afectación indirecta de 550 Ha de terreno de la comisión de regantes Araya (figura 22).

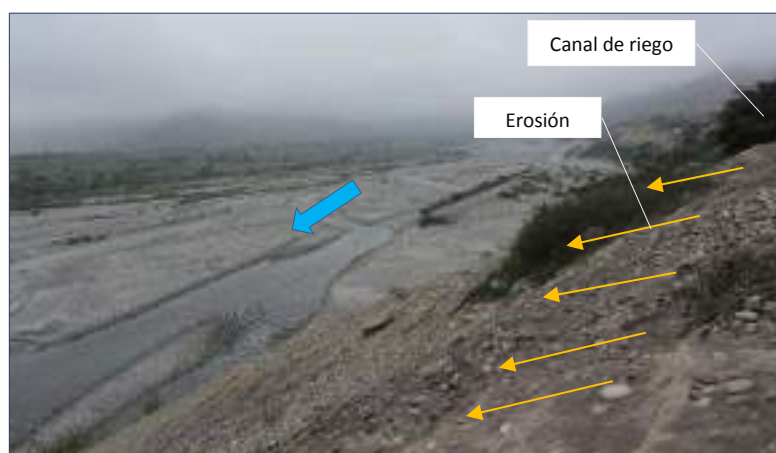


Figura 22. Punto crítico 24 y 25, sector Las Vírgenes

19. Sector La Vega Otopongo. Se ha identificado 1 punto crítico en la margen derecha, que pone en riesgo 50 Ha de área agrícola (figura 23).

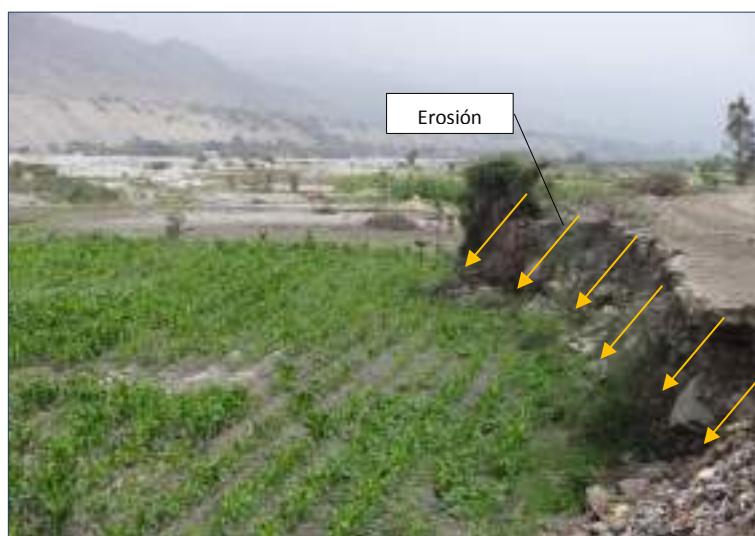


Figura 23. Punto crítico 26, sector La Vega-Otopongo

20. Sector Cochás. Este punto crítico pone en riesgo al centro poblado de Cochás, afectando 22 viviendas y 10 Ha de área agrícola (figura 24).



Figura 24. Punto crítico 27, sector Cochas

21. Sector Alpas. Se han identificado 02 puntos críticos que afectarían a 950 metros de canal de riego e indirectamente 1330 Ha de área agrícola de la comisión de riego La Vega Otopongo (figura 25).



Figura 25. Punto crítico 28 y 29, sector Alpas

22. Sector Bocatoma Irrigación Pativilca. Pone en riesgo 2 ha de área agrícola (figura 26).



Figura 26. Punto crítico 30, sector Bocatoma Irrigación Pativilca

23. Sector Nueva Irrigación Pativilca. Se han identificado 02 puntos críticos que afectaría la bocatoma Pativilca, 580 metros de canal de riego y la afectación indirecta de 3,950 ha de terreno agrícola de la comisión de regantes Purmacana (figura 27).

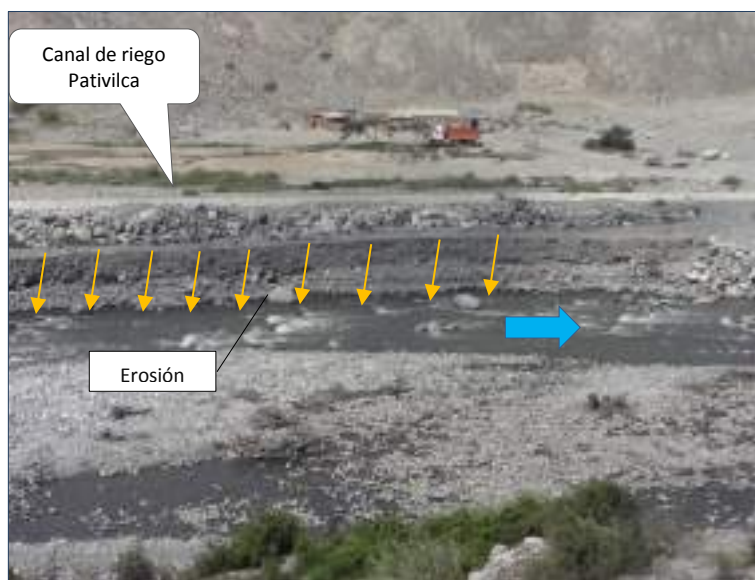


Figura 27. Punto crítico 31 y 32, sector Nueva Irrigación Pativilca

24. Sector Pasamaito. Se ha identificado 01 punto crítico que afectaría 500 metros de vía no afirmada con dirección a Cajatambo, 50 metros de canal de riego y la afectación de 150 Ha de terreno de cultivo (figura 28).



Figura 28. Punto crítico 33, sector Pasamaito

En el cuadro 5, se muestra los elementos expuestos ante una inundación correspondiente a un periodo de retorno de 50 años, en el ámbito del distrito de Cochas.

Cuadro 5. Elementos expuestos a inundación, en el distrito de Cochas

| Numero | X | Y | Margen | Sector | Distrito | Provincia | Departamento | C.P. | Viviendas | Puentes | Vías Asfaltadas (m) | Vías Afirmadas-no afirmadas | Area agrícola (ha) | Bocatoma | Canal de riego (m) | Observaciones |
|--------------|--------|---------|-----------|-------------------------------|----------|-----------|--------------|--------|-----------|----------|---------------------|-----------------------------|--------------------|----------------------------------|--------------------|----------------------------------|
| 23 | 218826 | 8820843 | Derecha | Espachin | Cochas | Ocros | Ancash | | | | | | 8 | | | |
| 24 | 219772 | 8820764 | Izquierda | Las Vírgenes | Cochas | Ocros | Ancash | | | | | | | | 1500 | Afectación de 550 ha indirectas |
| 25 | 221100 | 8821385 | Izquierda | Las Vírgenes | Cochas | Ocros | Ancash | | | | | | | | | |
| 26 | 221756 | 8822153 | Derecha | La Vega Otopongo | Cochas | Ocros | Ancash | | | | | | 50 | | | |
| 27 | 222190 | 8822370 | Derecha | Cochas | Cochas | Ocros | Ancash | Cochas | 22 | | | | 10 | | | |
| 28 | 224100 | 8822764 | Derecha | Alpas | Cochas | Ocros | Ancash | | | | | | | | 950 | Afectación de 1330 ha indirectas |
| 29 | 224721 | 8822922 | Derecha | Alpas | Cochas | Ocros | Ancash | | | | | | | | | |
| 30 | 225402 | 8822903 | Derecha | Bocatoma Irrigación Pativilca | Cochas | Ocros | Ancash | | | | | | 2 | | | |
| 31 | 225717 | 8822916 | Izquierda | Nueva Irrigación Pativilca | Cochas | Ocros | Ancash | | | | | | | 01 bocatoma Irrigación Pativilca | 580 | Afectación de 3950 ha indirectas |
| 32 | 226502 | 8823258 | Izquierda | Nueva Irrigación Pativilca | Cochas | Ocros | Ancash | | | | | | | | | |
| 33 | 232625 | 8824522 | Derecha | Pasamaito | Cochas | Ocros | Ancash | | | | | 500 | | | 50 | Afectación de 150 ha indirectas |
| TOTAL | | | | | | | | | 22 | 0 | 0 | 500 | 70 | 1 | 3080 | 5980 |

DISTRITO DE ACAS

Se ha identificado 2 puntos críticos, en los sectores de Llamachupan y Vilcapampa.

25. Sector Llamachupan. En este sector se encuentra en riesgo de erosión 670 metros de la carretera que va a Cajatambo (figura 29).



Figura 29. Punto crítico 34, sector Llamachupan

26. Sector Vilcapampa. Se ha identificado 01 punto crítico que afectaría 500 metros de vía no afirmada con dirección a Cajatambo, 80 metros de canal de riego y la afectación indirecta de 50 Ha de terreno de cultivo (figura 30).

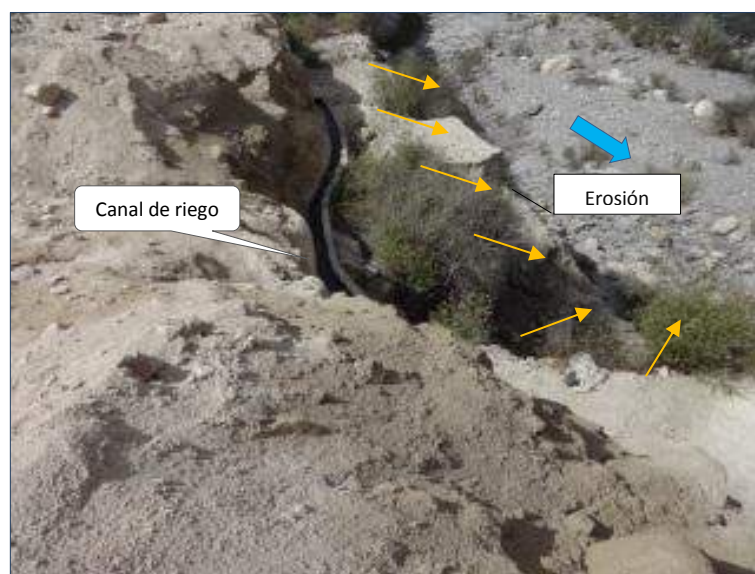


Figura 30. Punto crítico 35, sector Vilcapampa

En el cuadro 6, se muestra los elementos expuestos ante una inundación correspondiente a un periodo de retorno de 50 años, en el ámbito del distrito de Acas.

Cuadro 6. Elementos expuestos a inundación, en el distrito de Acas

| Numero | X | Y | Margen | Sector | Distrito | Provincia | Departamento | C.P. | Viviendas | Puentes | Vías Asfaltadas (m) | Vías Afirmadas-no afirmadas | Area agricola (ha) | Bocatoma | Canal de riego (m) | Observaciones |
|--------------|--------|---------|---------|-------------|----------|-----------|--------------|------|-----------|---------|---------------------|-----------------------------|--------------------|----------|--------------------|--------------------------------|
| 34 | 240218 | 8826087 | Derecha | Llamachupan | Acas | Ocros | Ancash | | | | | 670 | | | | |
| 35 | 242619 | 8826654 | Derecha | Vilcampampa | Acas | Ocros | Ancash | | | | | 300 | | | 80 | Afectación de 50 ha indirectas |
| TOTAL | | | | | | | | | | | | 970 | | | 80 | 50 |

En la figura 31, se muestra la ubicación de los puntos críticos respecto al cauce del río Pativilca (más detalles se muestran en anexos).

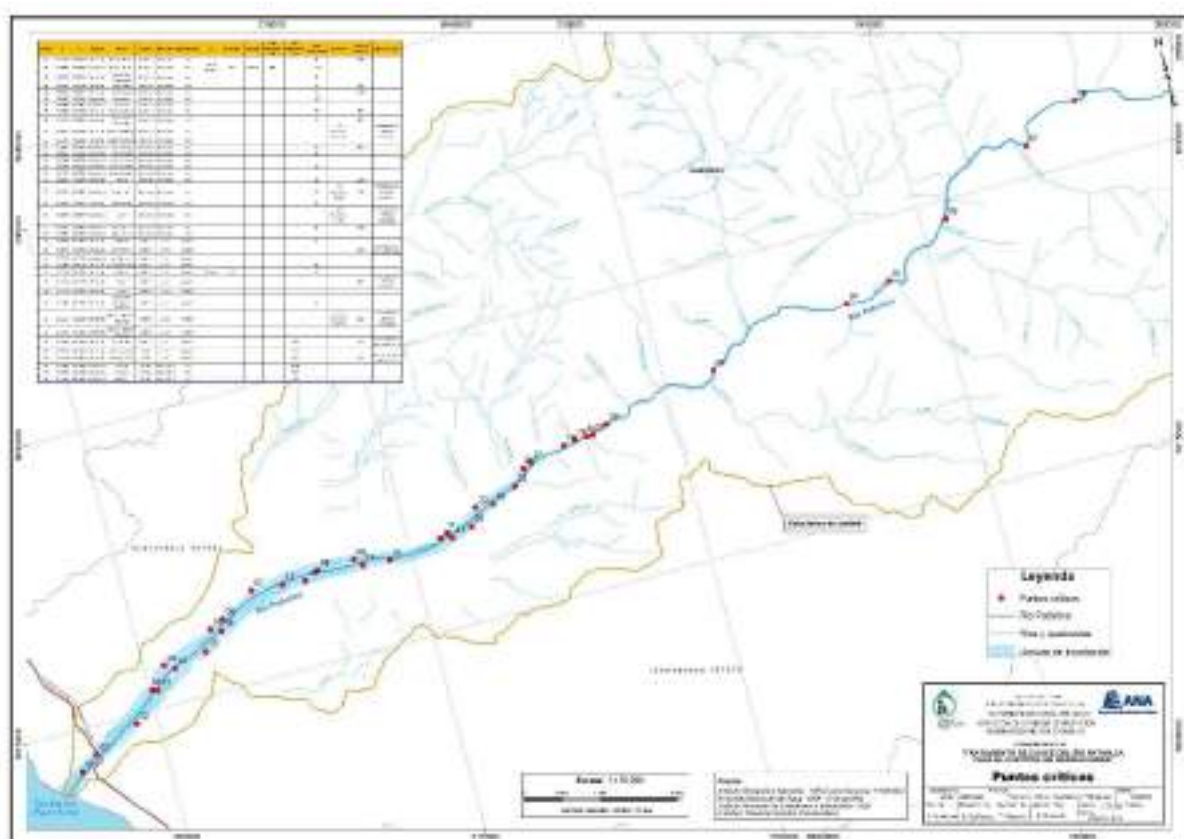


Figura 31: Ubicación de los puntos críticos del río Pativilca

DISTRITO DE MANAS

Se ha identificado 3 puntos críticos, en los sectores de Cahuas, Carhuan y Mayus.

27. Sector Cahuas. Se ha identificado 01 punto crítico que afectaría 1000 metros de vía no afirmada con dirección a Cajatambo (figura 32).

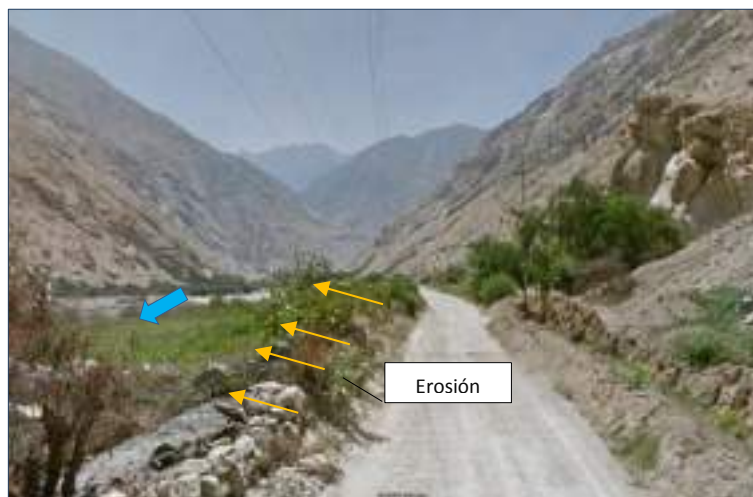


Figura 32. Punto crítico 36, sector Cahuas

28. Sector Carhuan. Se ha identificado 01 punto crítico que afectaría 500 metros de vía no afirmada con dirección a Cajatambo (figura 33).

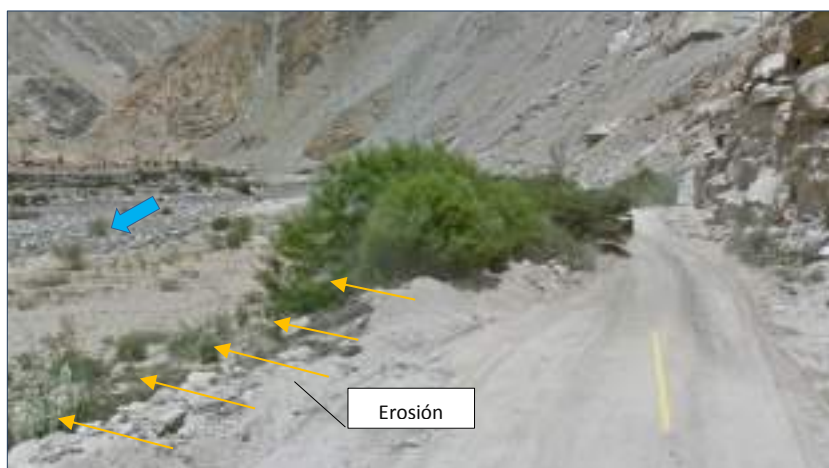


Figura 33. Punto crítico 37, sector Carhuan

29. Sector Mayus. Se ha identificado 01 punto crítico que afectaría 500 metros de vía no afirmada con dirección a Cajatambo (figura 34).



Figura 34. Punto crítico 38, sector Mayus

En el cuadro 7, se muestra los elementos expuestos ante una inundación correspondiente a un periodo de retorno de 50 años, en el ámbito del distrito de Manas.

Cuadro 7. Elementos expuestos a inundación, en el distrito Manas

| Numero | X | Y | Margen | Sector | Distrito | Provincia | Departamento | C.P. | Viviendas | Puentes | Vías Asfaltadas (m) | Vías Afirmadas-no afirmadas | Area agrícola (ha) | Bocatoma | Canal de riego (m) | Observaciones |
|--------------|--------|---------|-----------|---------|----------|-----------|--------------|------|-----------|---------|---------------------------|-----------------------------------|-----------------------|----------|-----------------------|---------------|
| 36 | 246344 | 8829005 | Izquierda | Cahuas | Manas | Cajatambo | Lima | | | | | 1000 | | | | |
| 37 | 251372 | 8831600 | Izquierda | Carhuan | Manas | Cajatambo | Lima | | | | | 500 | | | | |
| 38 | 254414 | 8833225 | Izquierda | Mayus | Manas | Cajatambo | Lima | | | | | 500 | | | | |
| TOTAL | | | | | | | | | | | | 2000 | | | | |

5.3 Influencia de los tributarios en el comportamiento del río Pativilca

Se han identificado 8 tributarios que fluyen sus aguas al río Pativilca; que en épocas de extremas precipitaciones, arrastran caudales con grandes cantidades de sólidos, que en su recorrido pueden ocasionar daños a nivel de infraestructura de servicios, viviendas y vidas humanas.

Cerca de la confluencia con el río Pativilca, forman acumulaciones de material de arrastre o causan erosión de laderas, en ambos casos contribuyen a la formación de puntos críticos o zonas vulnerables.

La pendiente promedio de estos tributarios es aproximadamente 45%, es decir pendiente fuerte a muy fuertes, con procesos denudacionales intensos y peligro extremo de erosión de suelos.

En el cuadro 2, están representados los tributarios con algunas de sus principales características. En la figura 35, se muestra la ubicación de estos tributarios respecto a la cuenca del río Pativilca y su relación respecto a los puntos críticos.

Cuadro 8. Características de los principales tributarios del río Pativilca

| Nº | Tributario | Longitud del cauce (m) | Altitud mínima (m.s.n.m.) | Altitud máxima (m.s.n.m.) | Pendiente promedio del cauce (%) | Pendiente de las subcuencas | | Grado de erosión |
|----|----------------|------------------------|---------------------------|---------------------------|----------------------------------|-----------------------------|----------------------|--|
| | | | | | | (%) | Tipo | |
| 01 | Huanchay-Ocros | 50740 | 650 | 4750 | 8.1 | 45.5 | Pendiente fuerte | Procesos denudacionales intensos (deslizamientos), peligro extremo de erosión |
| 02 | Ashuar | 20801 | 950 | 4800 | 18.5 | 73 | Pendiente muy fuerte | Afloramientos rocosos, procesos denudacionales intensos, reforestación posible |
| 03 | Pisopate | 15770 | 1750 | 4750 | 19.0 | 47.9 | Pendiente fuerte | Procesos denudacionales intensos (deslizamientos), peligro extremo de erosión |
| 04 | Yanayaco-Yaroc | 20103 | 2000 | 4650 | 13.2 | 45.7 | Pendiente fuerte | Procesos denudacionales intensos (deslizamientos), peligro extremo de erosión |
| 05 | Gorgor | 47849 | 1200 | 5050 | 8.0 | 40.5 | Pendiente fuerte | Procesos denudacionales intensos (deslizamientos), peligro extremo de erosión |
| 06 | Rapay | 52054 | 1400 | 4550 | 6.1 | 43.5 | Pendiente fuerte | Procesos denudacionales intensos (deslizamientos), peligro extremo de erosión |
| 07 | Achin | 30976 | 2650 | 4600 | 6.3 | 45.4 | Pendiente fuerte | Procesos denudacionales intensos (deslizamientos), peligro extremo de erosión |
| 08 | Quero | 29980 | 2650 | 4750 | 7.0 | 49.5 | Pendiente fuerte | Procesos denudacionales intensos (deslizamientos), peligro extremo de erosión |

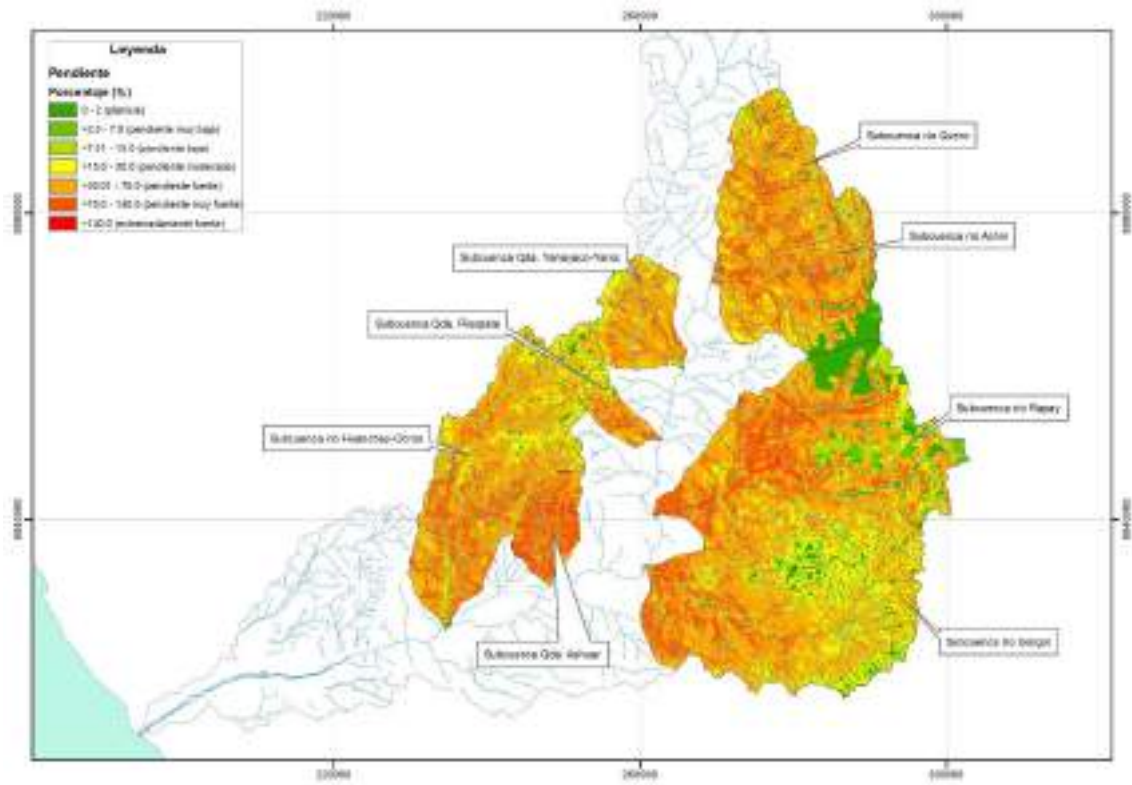


Figura 35. Ubicación de las subcuencas tributarias

Capítulo VI

Hidráulica fluvial



INDICE

| | |
|---|------------|
| CAPITULO VI..... | 132 |
| HIDRAULICA FLUVIAL..... | 132 |
| 6.1 Análisis hidráulico del cauce..... | 132 |
| 6.1.1 Morfología fluvial | 132 |
| 6.2.2 Acondicionamiento del cauce al régimen de equilibrio..... | 135 |
| 6.2.3 Parámetros hidráulicos fluviales y elementos del cauce..... | 139 |
| 6.2 Granulometría | 145 |
| 6.3 Análisis de socavación..... | 146 |

Listado de figuras

| | |
|---|-----|
| <i>Figura 1. Variación del caudal promedio, estación Puente Piura</i> | 132 |
| <i>Figura 2. Grado de la sinuosidad de un río</i> | 133 |
| <i>Figura 3. Sinuosidad del río Pativilca y del valle</i> | 134 |
| <i>Figura 4. Tipos de ríos</i> | 134 |
| <i>Figura 5. Comportamiento unidireccional del río Pativilca</i> | 135 |
| <i>Figura 6. Trazo para reducir curvas</i> | 136 |
| <i>Figura 7. Existencia de estructuras de cruce (puente), condicionan la delimitación del eje</i> | 136 |
| <i>Figura 8. Defensas ribereñas, condicionan la delimitación del eje</i> | 137 |
| <i>Figura 9. Coordenadas del eje del río Pativilca</i> | 138 |

Listado de cuadros

| | |
|--|-----|
| <i>Cuadro 1. Propuesta de coordenadas de las progresivas</i> | 138 |
| <i>Cuadro 2. Pendiente del río Pativilca</i> | 139 |
| <i>Cuadro 3. Valores de K₂</i> | 144 |
| <i>Cuadro 5. Granulometría del cauce del río Pativilca</i> | 145 |
| <i>Cuadro 5. Valores de Manning</i> | 146 |
| <i>Cuadro 6. Profundidad de socavación</i> | 150 |

CAPITULO VI

HIDRAULICA FLUVIAL

6.1 Análisis hidráulico del cauce

6.1.1 Morfología fluvial

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

Régimen hidrológico. El caudal del río Pativilca varía de acuerdo a los meses del año y al espacio que recorre. Entre los meses de febrero a abril, se registran los mayores caudales y entre los meses de junio a octubre, se presentan los caudales más bajos del año (figura 1).

De acuerdo a la información de caudales mensuales se considera al río Pativilca un río de régimen permanente.

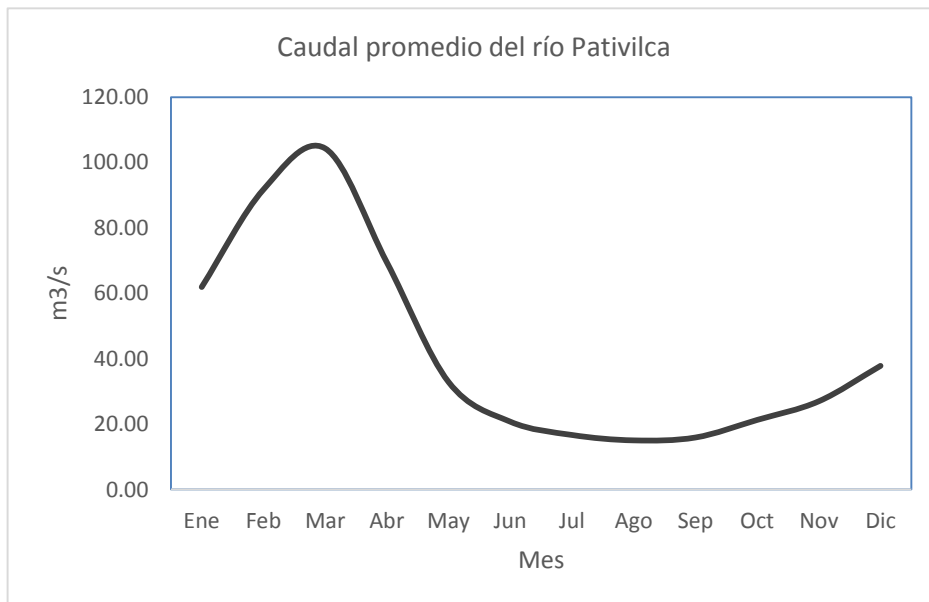


Figura 1. Variación del caudal promedio, estación Puente Piura

Fuente: Autoridad Nacional del Agua

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 desbordamientos mayores. Si las orillas no son resistentes, la acción sobre las curvas puede causar erosión en las márgenes.

La sinuosidad de un río se establece entre la longitud del Talweg y la longitud del valle. El valor mínimo de la sinuosidad es 1 y correspondería a un río perfectamente recto, figura 2.

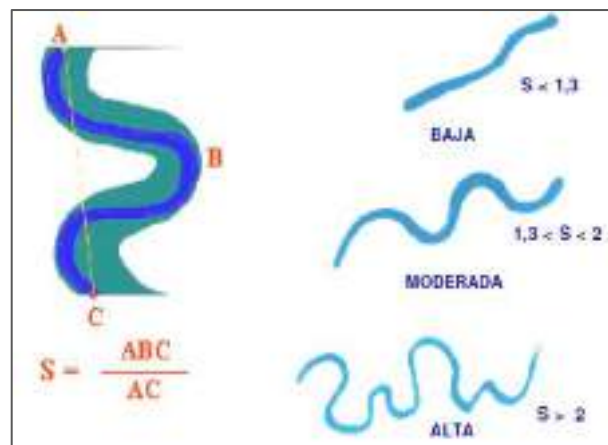


Figura 2. Grado de la sinuosidad de un río

Fuente. Rocha

Bajo este concepto, la sinuosidad del río Pativilca tiene un coeficiente de 1.5, el cual le corresponde una sinuosidad moderada. En la parte del valle que corresponde 35 kilómetros de longitud, la sinuosidad es baja, que implica un coeficiente de 1.05 (figura 3).



Figura 3. Sinuosidad del río Pativilca y del valle

Morfología fluvial considera tres tipos principales de ríos: rectos, trenzados y meándricos (figura 4).

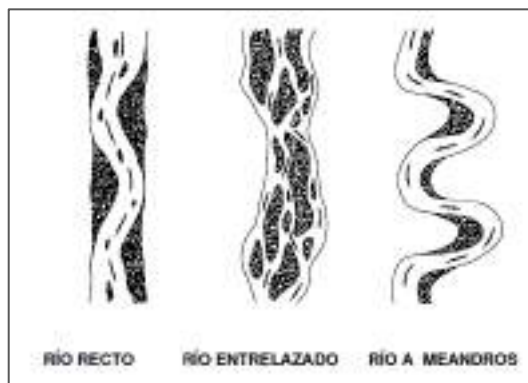


Figura 4. Tipos de ríos

El río Pativilca nace en los Andes Peruanos con dirección hacia el litoral marino, con una pendiente promedio del cauce de 2.7% y una pendiente promedio de la cuenca de 45%. Estas características son limitantes para que el cauce tenga un comportamiento unidireccional, formándose pequeños flujos dentro de un ancho de cauce definido a manera de río trezado in llegar a tener este comportamiento (figura 5).



Figura 5. Comportamiento unidireccional del río Pativilca

6.2.2 Acondicionamiento del cauce al régimen de equilibrio

Para satisfacer las condiciones de régimen estable del río Pativilca se establece los criterios para definir el eje y pendiente del cauce.

a. Eje del río

Sobre la base de imágenes satelitales y la carta nacional, se propone el eje del río, teniendo en cuenta los siguientes criterios:

- **Sinuosidad del río.** Se ha rectificad 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. Se tiene en cuenta que no deben existir alineaciones rectas sino curvas (figura 6).

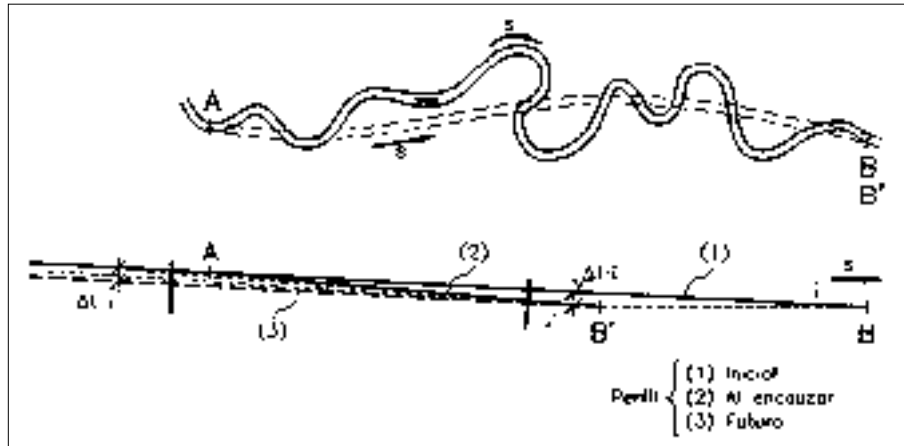


Figura 6. Trazo para reducir curvas

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.

- **Estructuras viales de cruce e hidráulicas.** Los puentes y bocatomas de alguna forma limitan el ancho de un río (figura 7).



Figura 7. Existencia de estructuras de cruce (puente), condicionan la delimitación del eje

Fuente: Google Earth

- **Predios agrícolas.** Se ha tenido en cuenta la propiedad privada como límite, 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.
- **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 8. Defensas ribereñas, condicionan la delimitación del eje

Fuente: Google Earth

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

En la figura 9 y en el cuadro 1, se muestra el eje del río Pativilca y las coordenadas en UTM.

Cuadro 1. Propuesta de coordenadas de las progresivas

| Nº | X | Y | Longitud (Km) | Nº | X | Y | Longitud (Km) |
|----|--------|---------|---------------|----|--------|---------|---------------|
| 0 | 194375 | 8811810 | | 20 | 262743 | 8850503 | 100 |
| 1 | 198507 | 8814613 | 5 | 21 | 264020 | 8854876 | 105 |
| 2 | 202661 | 8817312 | 10 | 22 | 265263 | 8859314 | 110 |
| 3 | 207121 | 8819499 | 15 | 23 | 266882 | 8862789 | 115 |
| 4 | 212090 | 8819615 | 20 | 24 | 266361 | 8866369 | 120 |
| 5 | 217017 | 8819704 | 25 | 25 | 268788 | 8869618 | 125 |
| 6 | 221556 | 8821748 | 30 | 26 | 269343 | 8873725 | 130 |
| 7 | 226267 | 8823098 | 35 | 27 | 266237 | 8876773 | 135 |
| 8 | 230500 | 8824326 | 40 | 28 | 263325 | 8880273 | 140 |
| 9 | 234352 | 8825499 | 45 | 29 | 264182 | 8884710 | 145 |
| 10 | 238502 | 8826159 | 50 | 30 | 266311 | 8888380 | 150 |
| 11 | 243114 | 8826614 | 55 | 31 | 266331 | 8892771 | 155 |
| 12 | 246315 | 8829168 | 60 | 32 | 269300 | 8895665 | 160 |
| 13 | 249636 | 8831933 | 65 | 33 | 270149 | 8900152 | 165 |
| 14 | 253393 | 8833353 | 70 | 34 | 268577 | 8904246 | 170 |
| 15 | 257840 | 8832451 | 75 | 35 | 266418 | 8907680 | 175 |
| 16 | 261234 | 8834706 | 80 | 36 | 263224 | 8908891 | 180 |
| 17 | 262510 | 8838982 | 85 | 37 | 261545 | 8905515 | 185 |
| 18 | 260199 | 8842527 | 90 | 38 | 261630 | 8904617 | 186 |
| 19 | 262116 | 8846430 | 95 | | | | |

Fuente: Elaboración propia.

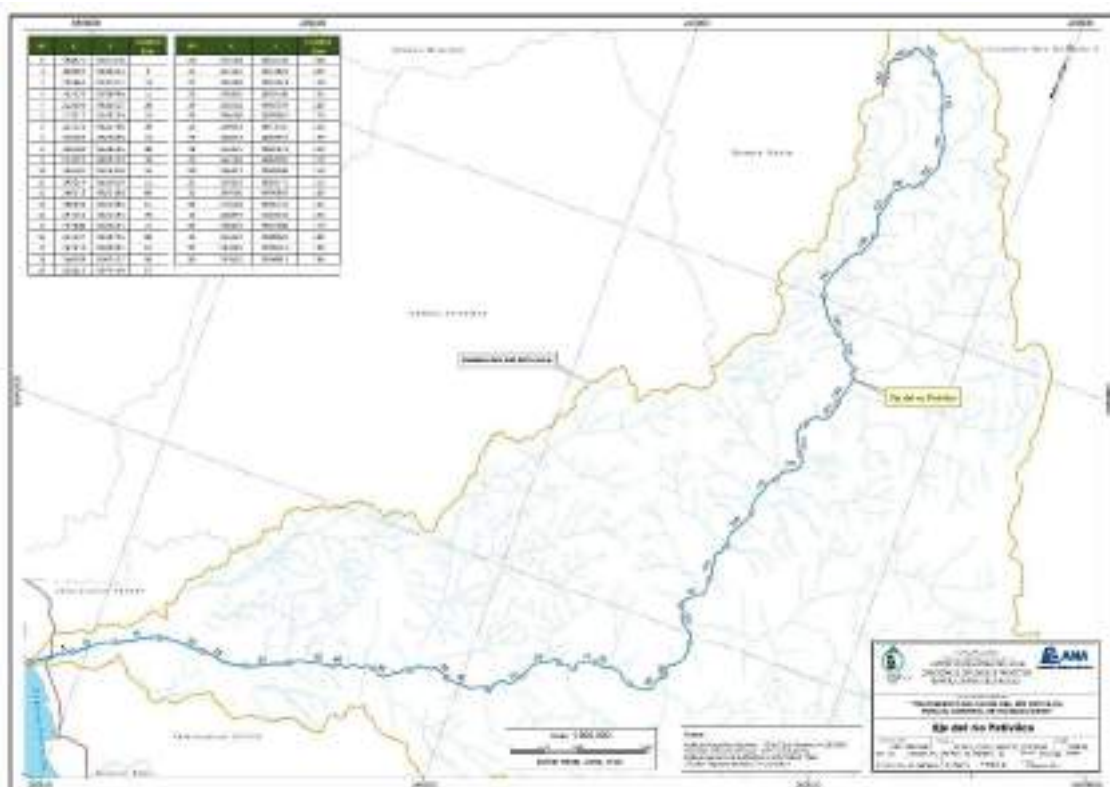


Figura 9. Coordenadas del eje del río Pativilca

b. Pendiente del río

La pendiente promedio del río Pativilca es 2.7% (0.027). La pendiente del río aumenta a medida que sube la cota de la cuenca. La pendiente mínimo

identificado es 1.2% (0.012) y la pendiente máxima se ubica en la naciente del río con un valor de 5.94% (0.0594). En el cuadro 2, se indica las pendientes promedio por tramos de 5 kilómetros.

Cuadro 2. Pendiente del río Pativilca

| Nº | X | Y | Pendiente (m/m) | Nº | X | Y | Pendiente (m/m) |
|----|--------|---------|-----------------|----|--------|---------|-----------------|
| 0 | 194375 | 8811810 | | 20 | 262743 | 8850503 | 0.0316 |
| 1 | 198507 | 8814613 | 0.0144 | 21 | 264020 | 8854876 | 0.0120 |
| 2 | 202661 | 8817312 | 0.0144 | 22 | 265263 | 8859314 | 0.0268 |
| 3 | 207121 | 8819499 | 0.0134 | 23 | 266882 | 8862789 | 0.0422 |
| 4 | 212090 | 8819615 | 0.0146 | 24 | 266361 | 8866369 | 0.0516 |
| 5 | 217017 | 8819704 | 0.0140 | 25 | 268788 | 8869618 | 0.0262 |
| 6 | 221556 | 8821748 | 0.0138 | 26 | 269343 | 8873725 | 0.0292 |
| 7 | 226267 | 8823098 | 0.0140 | 27 | 266237 | 8876773 | 0.0304 |
| 8 | 230500 | 8824326 | 0.0166 | 28 | 263325 | 8880273 | 0.0424 |
| 9 | 234352 | 8825499 | 0.0150 | 29 | 264182 | 8884710 | 0.0416 |
| 10 | 238502 | 8826159 | 0.0136 | 30 | 266311 | 8888380 | 0.0396 |
| 11 | 243114 | 8826614 | 0.0178 | 31 | 266331 | 8892771 | 0.0268 |
| 12 | 246315 | 8829168 | 0.0150 | 32 | 269300 | 8895665 | 0.0400 |
| 13 | 249636 | 8831933 | 0.0160 | 33 | 270149 | 8900152 | 0.0362 |
| 14 | 253393 | 8833353 | 0.0202 | 34 | 268577 | 8904246 | 0.0244 |
| 15 | 257840 | 8832451 | 0.0170 | 35 | 266418 | 8907680 | 0.0234 |
| 16 | 261234 | 8834706 | 0.0190 | 36 | 263224 | 8908891 | 0.0542 |
| 17 | 262510 | 8838982 | 0.0184 | 37 | 261545 | 8905515 | 0.0594 |
| 18 | 260199 | 8842527 | 0.0290 | 38 | 261630 | 8904617 | |
| 19 | 262116 | 8846430 | 0.0300 | | | | |

6.2.3 Parámetros hidráulicos fluviales y elementos del cauce

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

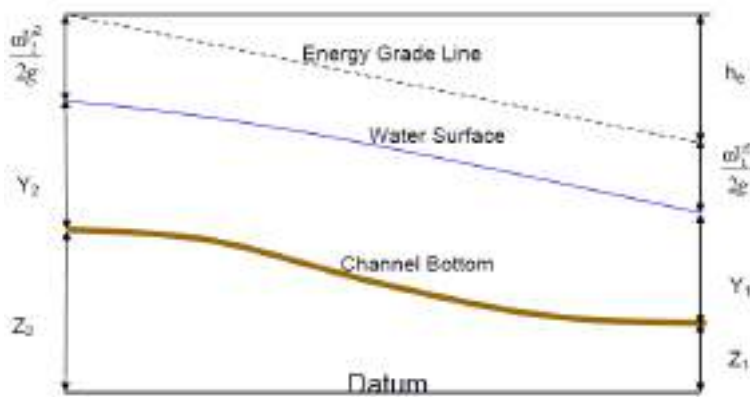
Los cálculos están orientados a flujo unidimensional, para flujo estacionario gradualmente variado y para régimen mixto (subcrítico y supercrítico). Desarrollado con la ecuación de la energía, por un proceso iterativo: standart step method. Que resuelve la ecuación dinámica del flujo gradualmente variado 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 promedios
- 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 h_e 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.

a. 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.

- i) **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 |

- ii) **Método de Petits.** La expresión empleada es la siguiente

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

- iii) **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.

Metodo de Simons y Henderson

$$B = K_1 Q^{1/2}$$

| | | |
|----------------------------------|---|-----------|
| <input checked="" type="radio"/> | Fondo y Orillas de Arena | K1 = 5.70 |
| <input type="radio"/> | Fondo Arena y Orillas de Material Cohesivo | K1 = 4.20 |
| <input type="radio"/> | Fondo y Orillas de Material Cohesivo | K1 = 3.60 |
| <input type="radio"/> | Fondo y Orillas del cauce de Grava | K1 = 2.90 |
| <input type="radio"/> | Fondo Arena y Orillas de Material No Cohesivo | K1 = 2.80 |

iv) **Método de Blench y Altunin.** está basado en la teoría de régimen estable y en función del caudal de diseño, factor de fondo (Fb) y en el factor de orilla (Fs). Los factores Fb y Fs, 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 (Fs) puede tomar los siguientes valores:

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

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

- ✓ Sí el canal arrastra poco sedimento y el fondo es arenoso, emplear la siguiente expresión: $Fb = 1.9\sqrt{D}$, 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:

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

$$B = 1.81(Q Fb/Fs)^{1/2}$$

| Factor de Fondo (Fb) | Factor de Orilla (Fs) |
|---|---|
| <input type="radio"/> 0.80 - Mat. Finos (Dm < 0.50 mm) | <input checked="" type="radio"/> 0.10 - Mat. Suelos |
| <input checked="" type="radio"/> 1.20 - Mat. Gruesos (Dm > 0.50 mm) | <input type="radio"/> 0.20 - Mat. ligeramente Cohesivos |
| | <input type="radio"/> 0.30 - Mat. Cohesivos |

v) **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.



- Tramos donde el ancho natural del cauce mayor al ancho estable.
- Tramos donde el ancho natural del cauce menor al ancho estable
- Tramos del ancho natural del cauce igual al ancho estable

b. Altura media del agua

Este parámetro se calculó considerando las fórmulas de Manning y Simonsn, cuyas expresiones:

Manning

$$Y = \left(\frac{nQ}{BS^{1/2}} \right)^{3/5}$$

Donde:

Y: tirante (m)

n: coeficiente de Manning

Q: caudal en m³/s

S: pendiente

B: ancho estable (m)

Simons

$$Y = 121K_2Q^{0.361}$$

Donde:

K_2 : coeficiente que depende del tipo de material del fondo y orillas del cauce

Cuadro 3. Valores de K_2

| Material | K_2 |
|---|-------|
| Fondo y orillas de arena | 0.41 |
| Fondo de arena y orillas cohesivas | 0.475 |
| Fondo y orillas cohesivas | 0.56 |
| Fondo y orillas con material grueso no cohesivo | 0.27 |
| Fondo de arena y orillas no cohesivas | |

c. Velocidad media del flujo

Este parámetro se calculó considerando las fórmulas de Manning, Chezy y Lacey, considerando agua limpia y con transporte de sedimentos. Las fórmulas son las siguientes:

Manning

$$V = \frac{1}{n} R^{2/3} S^{1/2}$$

Donde:

V: velocidad del flujo (m/s)

R: radio hidráulico (m)

Chezy

$$V = C \sqrt{R \cdot S}$$

$$C = \frac{R^{1/6}}{n}$$

C: coeficiente de Chey

Lacey

$$V = \frac{Y_m^{1/4}}{0.06 D_m^{1/8}} (RS)^{1/2}$$

$$V = 10.8 (Y_m RS)^{1/3}$$

Donde:

Y_m : tirante (m)

D_m : diámetro medio de la partícula

6.2 Granulometría

Se realizaron investigaciones geotécnicas mediante 10 excavaciones exploratorias (calicatas), en las riberas del río Pativilca. Los resultados se presentan en anexos y un resumen en el cuadro 5.

Cuadro 4. Granulometría del cauce del río Pativilca

| Progresiva | D50 (mm) | Símbolo | Características generales | Capacidad portante (Kg/cm ²) |
|------------|----------|-----------|---|--|
| 0-10 | 0.3 | S.M. | Arenas, con finos y componente limoso | 1.37 |
| 10-15 | 0.2 | S.M.-S.C. | Arenas, con finos, componente limoso y componente arcilloso | 1.1 |
| 15-35 | 9.5 | G.P. | Gravas limpias, pobremente graduadas | 2.82 |
| 35-50 | 4.0 | S.P. | Arenas limpias, pobremente graduadas | 2.14 |
| 50-186 | 12.5 | G.W. | Gravas limpias, bien graduadas | 2.1 |

d. 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, márgenes derecha e izquierda; comparados con valores de tablas (Cuadro 6). Los valores de "n" varían según las características de los tramos del río.

En el cuadro 5, se muestra los valores del coeficiente de Manning ("n") del cauce y llanura del río Pativilca.

Cuadro 5. 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. Saucos 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

6.3 Análisis de socavación

La socavación en el río, puede presentarse de diversas formas: socavación normal o general, socavación en estrechamientos, socavación en curvas, erosión en márgenes, socavación local en pilas y socavación local en estribos.

- i. Socavación general**, es el descenso del fondo de un río, producto de las crecientes y la capacidad de arrastre del material sólido. La posibilidad de arrastre de los materiales de fondo en cada sección, depende de la relación entre la velocidad media del agua y la velocidad media requerida para arrastrar las partículas que constituyen el fondo del cauce.

Para la determinación de la socavación general se tomará el criterio de L. L. Lischtvan-Lebediev.

Para que exista arrastre de las partículas en una determinada sección del cauce, es necesario que la velocidad media del agua (velocidad real, V_r), sea mayor que la velocidad media erosiva (V_c) requerida para que el material existente en esa sección sea arrastrada. La erosión cesa cuando $V_c = V_r$.

Considera valores de velocidades máximas para suelos granulares en función del diámetro medio de la partícula y de la profundidad del flujo y para suelos no cohesivos en función de la profundidad del flujo y el tamaño de la partícula.

Si $V_r < V_c$, considera agua clara

Si $V_r > V_c$, considera lecho móvil

- ❖ La velocidad crítica (V_c), se calcula mediante las siguientes expresiones:

Suelos cohesivos

$$V_c = 0.60\beta\gamma_m^{1.18}H_s^x$$

Donde:

γ_m : peso volumétrico (específico) del material seco a una profundidad de H_s (ton/m³)

β : coeficiente de frecuencia, con que se repite la avenida

$\beta = 0.7929 + 0.0973\text{Log}T_r$, T_r : tiempo de retorno, también puede usarse tablas

H_s : tirante, a cuya profundidad se desea conocer el valor V_c

x : exponente en función del peso volumétrico del material seco

$$x = 0.892619 - 0.58073\gamma_m + 0.136275\gamma_m^2.$$

Suelos no cohesivos

$$V_c = 0.68\beta D_m^{0.28}H_s^z$$

Donde:

D_m : diámetro medio de las partículas del material granular

z : exponente en función del diámetro medio

- ❖ La profundidad de socavación se calcula mediante las siguientes fórmulas

Suelo no cohesivo

$$H_s = \left(\frac{\alpha h^{5/3}}{0.68\beta\mu\varphi D_m^{0.28}} \right)^{\frac{1}{(1+z)}}$$

φ : factor de corrección por forma de transporte de sedimento

$\varphi = 1$, si $\gamma = 1 \text{ t/m}^3$, (agua clara)

$\varphi = -0.54 + 1.5143\gamma_m$, $\gamma_m > 1 \text{ t/m}^3$ (lecho móvil)

μ : factor de corrección por contracción del cauce

$\mu = 1$, en el tramo en estudio no hay obstáculos como puentes.

$$\alpha = \frac{Q}{B\mu h_m^{5/3}}$$

h_m : tirante hidráulico (m)

B : ancho estable del cauce (m)

Suelo cohesivo

$$H_s = \left(\frac{\alpha h^{5/3}}{0.60\beta\mu\varphi\gamma_s^{1.18}} \right)^{\frac{1}{(1+x)}}$$

x : exponente variable que depende del diámetro del material

$H_s - h_m$: profundidad de socavación (m)

- ii. Socavación en estrechamientos**, se produce por el aumento de la capacidad de arrastre de sólidos que adquiere una corriente cuando su velocidad aumenta por efecto de una reducción de la sección del cauce.

iii. Socavación en curvas, la capacidad de arrastre de sólidos y la profundidad de erosión es mayor en la parte más exterior de la curvatura. La velocidad disminuye en la parte interna de la curvatura y aumenta el depósito de material, disminuyendo la zona útil para el flujo del agua.

iv. Erosión en márgenes, es la erosión de un flujo de agua de los materiales térreos deleznable o solubles que formen sus orillas; en crecientes el poder erosivo es mayor debido al aumento de la velocidad.

v. Socavación local en pilas, una pila de un puente en la corriente de un río produce un cambio de las condiciones hidráulicas; así como en la capacidad de producir arrastre de sólidos. Si la capacidad de arrastre supera localmente el aporte del gasto sólido del río, ocurrirá en la pila una socavación local.

vi. Socavación local en estribos, es muy parecido a la socavación en las pilas de los puentes.

En el cuadro 6, se indica la profundidad de socavación general para los diferentes tramos del río Piura.

Cuadro 6. Profundidad de socavación

| Nº | X | Y | Pendiente (m/m) | D ₅₀ (mm) | Ancho estable (m) | Coefficiente de rugosidad | Q (m ³ /s) | Velocidad sin sedimentos (m/s) | Velocidad con sedimentos (m/s) | Longitud (Km) | Tirante (m) | | Socavación (m) | | | |
|----|--------|---------|-----------------|----------------------|-------------------|---------------------------|-----------------------|--------------------------------|--------------------------------|---------------|-------------|------|----------------|------|------|------|
| 0 | 194375 | 8811810 | | | | | | | | | | | | | | |
| 1 | 198507 | 8814613 | 0.0144 | 0.3 | 140-160 | 0.030 | 592 | 5.4 | 9.3 | 5 | 2.20 | 2.00 | 3.65 | 3.30 | | |
| 2 | 202661 | 8817312 | 0.0144 | | 140-160 | 0.035 | | 5.0 | 9.4 | 10 | 2.20 | 2.10 | 3.55 | 3.20 | | |
| 3 | 207121 | 8819499 | 0.0134 | 0.2 | 140-160 | 0.035 | | 5.0 | 9.9 | 15 | 2.20 | 2.10 | 3.90 | 3.55 | | |
| 4 | 212090 | 8819615 | 0.0146 | 9.5 | 140-160 | 0.035 | | 5.0 | 6.1 | 20 | 2.20 | 2.10 | 1.35 | 1.20 | | |
| 5 | 217017 | 8819704 | 0.0140 | | 140-160 | 0.030 | | 5.3 | 5.9 | 25 | 2.20 | 2.00 | 1.45 | 1.30 | | |
| 6 | 221556 | 8821748 | 0.0138 | | 140-160 | 0.030 | | 5.3 | 5.9 | 30 | 2.20 | 2.00 | 1.45 | 1.30 | | |
| 7 | 226267 | 8823098 | 0.0140 | | 110-150 | 0.035 | | 5.0 | 6.1 | 35 | 2.30 | 2.10 | 1.65 | 1.30 | | |
| 8 | 230500 | 8824326 | 0.0166 | 4.0 | 70-90 | 0.040 | | 5.2 | 7.8 | 40 | 2.50 | 2.30 | 2.30 | 1.90 | | |
| 9 | 234352 | 8825499 | 0.0150 | | 70-90 | 0.040 | | 5.1 | 7.5 | 45 | 2.60 | 2.30 | 2.90 | 2.00 | | |
| 10 | 238502 | 8826159 | 0.0136 | | 65-80 | 0.040 | | 4.7 | 7.0 | 50 | 2.50 | 2.30 | 2.70 | 2.30 | | |
| 11 | 243114 | 8826614 | 0.0178 | 12.5 | 65-80 | 0.040 | 511.5 | 5.2 | 6.8 | 55 | 2.40 | 2.20 | 2.00 | 1.70 | | |
| 12 | 246315 | 8829168 | 0.0150 | | 65-80 | 0.040 | | 4.9 | 6.3 | 60 | 2.40 | 2.30 | 1.95 | 1.65 | | |
| 13 | 249636 | 8831933 | 0.0160 | | 65-80 | 0.040 | | 5.0 | 6.5 | 65 | 2.40 | 2.30 | 2.00 | 1.65 | | |
| 14 | 253393 | 8833353 | 0.0202 | | 60-75 | 0.040 | | 5.5 | 7.2 | 70 | 2.40 | 2.20 | 2.25 | 1.90 | | |
| 15 | 257840 | 8832451 | 0.0170 | | 60-75 | 0.040 | | 5.2 | 6.7 | 75 | 2.40 | 2.30 | 2.15 | 1.80 | | |
| 16 | 261234 | 8834706 | 0.0190 | | 60-75 | 0.040 | | 5.4 | 7.0 | 80 | 2.40 | 2.20 | 2.20 | 1.85 | | |
| 17 | 262510 | 8838982 | 0.0184 | | 55-75 | 0.040 | | 417.6 | 5.1 | 6.6 | 85 | 2.30 | 2.10 | 2.00 | 1.55 | |
| 18 | 260199 | 8842527 | 0.0290 | | 55-70 | 0.040 | | | 6 | 8 | 90 | 2.20 | 2.00 | 2.20 | 1.80 | |
| 19 | 262116 | 8846430 | 0.0300 | | 12.5 | 50-70 | | 0.040 | 365.6 | 5.9 | 7.9 | 95 | 2.10 | 1.90 | 2.15 | 1.65 |
| 20 | 262743 | 8850503 | 0.0316 | | | 50-70 | | 0.040 | | 6 | 8.1 | 100 | 2.10 | 1.90 | 2.20 | 1.65 |
| 21 | 264020 | 8854876 | 0.0120 | 55-70 | | 0.040 | 4.2 | 5.3 | | 105 | 2.20 | 2.10 | 1.55 | 1.25 | | |
| 22 | 265263 | 8859314 | 0.0268 | 50-70 | | 0.040 | 5.6 | 7.5 | | 110 | 2.10 | 1.90 | 2.10 | 1.60 | | |
| 23 | 266882 | 8862789 | 0.0422 | 40-65 | | 0.040 | 330 | 6.6 | | 9 | 115 | 2.00 | 1.80 | 2.55 | 1.75 | |
| 24 | 266361 | 8866369 | 0.0516 | 40-65 | | 0.040 | | 7.1 | | 9.9 | 120 | 2.00 | 1.80 | 2.65 | 1.80 | |
| 25 | 268788 | 8869618 | 0.0262 | 40-65 | | 0.040 | | 5.5 | | 7.3 | 125 | 2.10 | 1.90 | 2.30 | 1.55 | |
| 26 | 269343 | 8873725 | 0.0292 | 12.5 | | 35-50 | 0.040 | 176.1 | | 5 | 6.5 | 130 | 1.60 | 1.60 | 1.60 | 1.20 |
| 27 | 266237 | 8876773 | 0.0304 | | | 35-50 | 0.040 | | | 5.1 | 6.7 | 135 | 1.60 | 1.60 | 1.60 | 1.20 |
| 28 | 263325 | 8880273 | 0.0424 | | | 30-48 | 0.040 | | | 5.7 | 7.7 | 140 | 1.60 | 1.50 | 1.95 | 1.30 |
| 29 | 264182 | 8884710 | 0.0416 | | 30-48 | 0.040 | 5.7 | | 7.7 | 145 | 1.60 | 1.50 | 1.95 | 1.30 | | |
| 30 | 266311 | 8888380 | 0.0396 | | 25-38 | 0.040 | 110.8 | | 5.1 | 6.8 | 150 | 1.40 | 1.40 | 1.50 | 1.10 | |
| 31 | 266331 | 8892771 | 0.0268 | | 25-38 | 0.040 | | | 4.4 | 5.7 | 155 | 1.40 | 1.40 | 1.40 | 1.00 | |
| 32 | 269300 | 8895665 | 0.0400 | | 25-38 | 0.040 | | | 5.1 | 6.8 | 160 | 1.40 | 1.40 | 1.50 | 1.10 | |
| 33 | 270149 | 8900152 | 0.0362 | | 25-38 | 0.040 | | | 4.9 | 6.5 | 165 | 1.40 | 1.40 | 1.50 | 1.05 | |
| 34 | 268577 | 8904246 | 0.0244 | | | | | | | | | | | | | |
| 35 | 266418 | 8907680 | 0.0234 | | | | | | | | | | | | | |
| 36 | 263224 | 8908891 | 0.0542 | | | | | | | | | | | | | |
| 37 | 261545 | 8905515 | 0.0594 | | | | | | | | | | | | | |
| 38 | 261630 | 8904617 | | | | | | | | | | | | | | |

Capítulo VII: Propuesta de medidas estratégicas



INDICE

| | |
|--|-------------------|
| <i>CAPITULO VII.....</i> | <i>154</i> |
| <i>PROPUESTA DE MEDIDAS ESTRATEGICAS.....</i> | <i>154</i> |
| 3.1 Planteamiento general | 154 |
| 3.2 Medidas estructurales en el cauce principal | 156 |
| 3.3 Medidas estratégicas en afluentes..... | 158 |
| 3.4 Medidas no estructurales | 163 |
| 3.5 Recomendaciones de diseño..... | 163 |

Listado de figuras

| | |
|---|-----|
| <i>Figura 1. Modelo de espigones de gaviones</i> | 155 |
| <i>Figura 2. Dique o muro de gaviones</i> | 156 |
| <i>Figura 3. Construcción de dique y protección con revestimiento de roca u otro material</i> | 156 |
| <i>Figura 4. Modelo de dique transversal para el control de quebradas</i> | 159 |
| <i>Figura 5. Terrazas de absorción</i> | 161 |
| <i>Figura 6. Zanjas de infiltración</i> | 161 |
| <i>Figura 7. Terrazas de formación lenta</i> | 162 |
| <i>Figura 8. Obras de control y conservación de suelos</i> | 162 |

Listado de cuadros

| | |
|--|-----|
| <i>Cuadro 1. Relación de estructuras de protección en el distrito de Pativilca</i> | 157 |
| <i>Cuadro 2. Relación de estructuras de protección en el distrito de Barranca</i> | 157 |
| <i>Cuadro 3. Relación de estructuras de protección en el distrito de Cochabambas</i> | 158 |
| <i>Cuadro 4. Relación de estructuras de protección en el distrito de Manas</i> | 158 |

CAPITULO VII

PROPUESTA DE MEDIDAS ESTRATEGICAS

3.1 Planteamiento general

1. El planteamiento de las medidas estratégicas comprende medidas estructurales (diques, espigones, reforestación, muros, etc.) y no estructurales (descolmatación, delimitación y monumentación de la faja marginal, capacitaciones, sistema de alerta temprana, etc.).
2. Se ha trazado un eje del río Pativilca, que va desde el litoral hasta la parte más alejada de la cuenca, cuya longitud total es 186 kilómetros.
3. Tomando como referencia el eje, se ha trazado el ancho estable, para un tiempo de retorno de 50 años. Los primeros 30 kilómetros el ancho natural es mayor al ancho estable, coincidiendo con la luz de los puentes.
4. El ancho estable en el valle se ha considerado la luz de los puentes hasta empalmar el ancho estable.
5. Las estructuras de protección como los espigones, se han planteado con la finalidad de direccionar el flujo, evitando que las fuerzas de la corriente erosionen las márgenes o riberas. En conjunto estas estructuras van a crear zonas de sedimentación entre ellas, reconstituyendo o recuperando áreas de terrenos y márgenes. Son ubicados en forma transversal al flujo del agua y pueden ser con roca, piedra enmallada u otro material adecuado a la zona.

Recomendaciones para el diseño de espigones

- El material debe estar de acuerdo a las condiciones geomorfológicas del cauce y no deben generar impactos negativos al ambiente. Deben ser resistentes a las fuerzas erosivas de la corriente del río.
- La ubicación de la estructura debe guardar relación con los parámetros de forma del río; la punta del espigón no debe sobrepasar el borde del ancho estable del río, incluso pudiendo ser menor.
- El número de espigones deben ser como mínimo 3 ó 4 para obtener resultados efectivos.
- El espaciamiento entre espigones de tramos rectos puede variar entre 4.5 a 6 veces la longitud del espigón. Si el tramo es curvo puede variar entre 2.5

a 4 veces la longitud del espigón.

- o La longitud de los radios de curvatura (R) medidos hasta el eje del río debe estar entre los límites $2.5B < R < 8B$.
- o La longitud de los espigones (L_t) debe estar entre los siguientes límites: $h \leq L_t \leq B/4$, donde h, es el tirante medio y B, es ancho estable del río.

En la figura 1, se muestra una estructura típica de espigones con gaviones, conformados con cajas de malas galvanizadas y colchones tipo Reno.

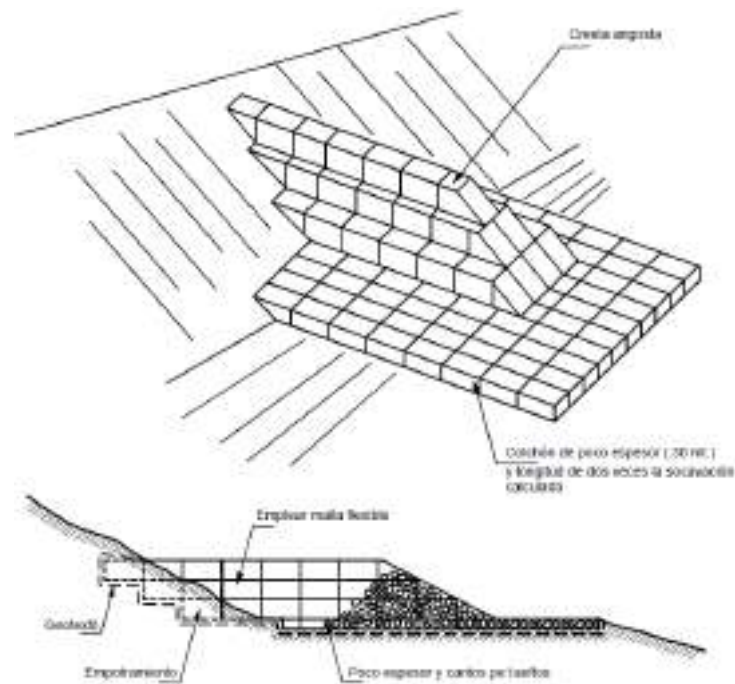


Figura 1. Modelo de espigones de gaviones

6. Las estructuras de protección como los diques paralelos al flujo, se han planteado con la finalidad de proteger las riberas o márgenes de las erosiones y desbordes laterales.

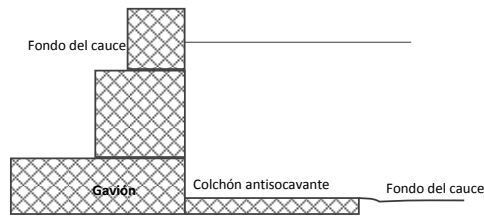


Figura 2. Dique o muro de gaviones

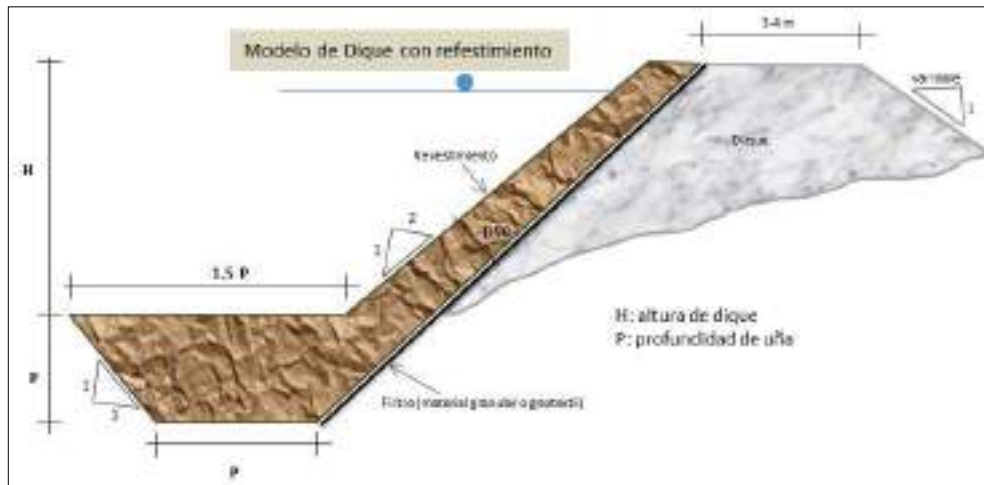


Figura 3. Construcción de dique y protección con revestimiento de roca u otro material

7. Instalación de obras mecánico estructural en la parte media y alta de la cuenca para aumentar el tiempo de concentración del agua y disminuir el transporte de sedimentos.

3.2 Medidas estructurales en el cauce principal

Teniendo en cuenta el nivel de riesgo y los elementos expuestos del sector se han identificado las siguientes estructuras.

A. Distrito de Pativilca.

Se han considerado intervenir en 9 sectores que contempla 6 530 metros de espigones, 2 910 metros de diques y el mejoramiento de 3 160 metros de diques existentes.

En el cuadro 1, se muestra la relación de estructuras de protección en el distrito de Pativilca.

Cuadro 1. Relación de estructuras de protección en el distrito de Pativilca

| Nº | Distrito | Sector | Provincia | Tipo de estructura propuesta | Longitud | Margen | Ubicación UTM | | | | Punto crítico |
|----|-----------|--------------------------|-----------|------------------------------|----------|---------|---------------------|---------------------|------------------|------------------|---------------|
| | | | | | | | X _{inicio} | Y _{inicio} | X _{fin} | Y _{fin} | |
| 01 | Pativilca | Puente Bolívar | Barranca | Espigones | 420 | Derecha | 195029 | 8812489 | 195378 | 8812718 | 01 |
| 02 | Pativilca | Puente Bolívar | Barranca | Dique | 1000 | Derecha | 195383 | 8812720 | 196224 | 8813262 | 01 |
| 03 | Pativilca | Puente Bolívar | Barranca | Descolmatación | 440 | Derecha | 196224 | 8813262 | 196565 | 8813581 | 02 |
| 04 | Pativilca | Molino Alto-Puntuzuela | Barranca | Dique | 1500 | Derecha | 199786 | 8815721 | 200886 | 8816749 | 03 |
| 05 | Pativilca | Puntuzuela | Barranca | Espigones | 1050 | Derecha | 200886 | 8816749 | 201868 | 8817137 | 04 |
| 06 | Pativilca | Providencia y Carretería | Barranca | Espigones | 4500 | Derecha | 204295 | 8818267 | 208351 | 8819832 | 05, 06 y 07 |
| 07 | Pativilca | Torrencia Baja | Barranca | Espigones | 560 | Derecha | 209374 | 8819832 | 209927 | 8819806 | 08 |
| 08 | Pativilca | Bocatoma Paramonga | Barranca | Mejoramiento de dique | 2620 | Derecha | 210483 | 8819739 | 213084 | 8819756 | 09 |
| 09 | Pativilca | Bocatoma Huayto | Barranca | Mejoramiento de dique | 540 | Derecha | 216132 | 8819604 | 216628 | 8819776 | 10 |
| 10 | Pativilca | Bocatoma Huayto | Barranca | Dique | 410 | Derecha | 216657 | 8819812 | 217040 | 8819960 | 11 |

B. Distrito de Barranca.

Se han considerado intervenir en 7 sectores que contempla 10 270 metros de espigones y 2 785 metros de diques. En el cuadro 2, se muestra la relación de estructuras de protección en el distrito de Barranca

Cuadro 2. Relación de estructuras de protección en el distrito de Barranca

| Nº | Distrito | Sector | Provincia | Tipo de estructura propuesta | Longitud | Margen | Ubicación UTM | | | | Punto crítico |
|----|----------|---------------|-----------|------------------------------|----------|-----------|---------------------|---------------------|------------------|------------------|---------------|
| | | | | | | | X _{inicio} | Y _{inicio} | X _{fin} | Y _{fin} | |
| 11 | Barranca | Monte Arguy | Barranca | Espigones | 4050 | Izquierda | 198880 | 8814698 | 202167 | 8816944 | 12, 13 y 14 |
| 12 | Barranca | Fundo Rosales | Barranca | Espigones | 860 | Izquierda | 203036 | 8817183 | 203766 | 8817666 | 15 |
| 13 | Barranca | Fundo Rosales | Barranca | Dique | 470 | Izquierda | 203766 | 8817666 | 204160 | 8817920 | 15 |
| 14 | Barranca | Fundo Rosales | Barranca | Espigones | 970 | Izquierda | 204580 | 8818159 | 205418 | 8818661 | 16 |
| 15 | Barranca | Troncal | Barranca | Espigones | 1000 | Izquierda | 207134 | 8819348 | 208127 | 8819547 | 17 |
| 16 | Barranca | Troncal | Barranca | Dique | 1100 | Izquierda | 208127 | 8819547 | 209196 | 8819480 | 17 |
| 17 | Barranca | Roncador | Barranca | Dique | 515 | Izquierda | 209316 | 8819472 | 209810 | 8819541 | 18 |
| 18 | Barranca | Roncador | Barranca | Espigones | 550 | Izquierda | 209810 | 8819541 | 210359 | 8819514 | 18 |
| 19 | Barranca | Las Huertas | Barranca | Espigones | 790 | Izquierda | 211480 | 8819467 | 212279 | 8819482 | 19 |
| 20 | Barranca | Las Huertas | Barranca | Dique | 500 | Izquierda | 212279 | 8819482 | 212773 | 8819502 | 19 |
| 21 | Barranca | Vinto | Barranca | Dique | 200 | Izquierda | 213871 | 8819261 | 214042 | 8819165 | 20 |
| 22 | Barranca | Vinto | Barranca | Mejoramiento de dique | 470 | Izquierda | 213313 | 8819444 | 213768 | 8819350 | 20 |
| 23 | Barranca | Araya Chica | Barranca | Espigones | 2050 | Izquierda | 217498 | 8819715 | 219346 | 8820631 | 21, 22 |

C. Distrito de Cochas

Se han considerado intervenir en 10 sectores que contempla 2 460 metros de espigones y 3 065 metros de diques. En el cuadro 3, se muestra la relación de estructuras de protección en el distrito de Cochas.

Cuadro 3. Relación de estructuras de protección en el distrito de Cochas

| Nº | Distrito | Sector | Provincia | Tipo de estructura propuesta | Longitud | Margen | Ubicación UTM | | | | Punto crítico |
|----|----------|-------------------------|-----------|------------------------------|----------|-----------|---------------------|---------------------|------------------|------------------|---------------|
| | | | | | | | X _{inicio} | Y _{inicio} | X _{fin} | Y _{fin} | |
| 24 | Cochas | Espachin | Ocros | Espigones | 390 | Derecha | 218812 | 8820606 | 219148 | 8820791 | 23 |
| 25 | Cochas | Las Virgenes La Vega | Ocros | Espigones | 1420 | Izquierda | 219722 | 8820829 | 221056 | 8821340 | 24, 25 |
| 26 | Cochas | Otopongo, | Ocros | Espigones | 470 | Derecha | 221721 | 8822015 | 222110 | 8822282 | 26, 27 |
| 27 | Cochas | Alpas | Ocros | Espigones | 180 | Derecha | 224040 | 8822735 | 224214 | 8822777 | 28, 29 |
| 28 | Cochas | Bocatoma Irriga | Ocros | Dique | 565 | Derecha | 225190 | 8822927 | 225724 | 8823029 | 30 |
| 29 | Cochas | Nueva Irrigación | Ocros | Dique | 570 | Izquierda | 225284 | 8822812 | 225824 | 8822962 | 31 |
| 30 | Cochas | Nueva Irrigación | Ocros | Dique | 390 | Derecha | 226356 | 8823224 | 226720 | 8823333 | 32 |
| 31 | Cochas | Pasamaito | Ocros | Dique | 400 | Derecha | 232563 | 8824424 | 232735 | 8824794 | 33 |
| 32 | Cochas | Llamachupan | Ocros | Dique | 740 | Derecha | 239647 | 8826013 | 240339 | 8826020 | 34 |
| 33 | Cochas | Vilcampampa | Ocros | Dique | 400 | Derecha | 242340 | 8826502 | 242706 | 8826635 | 35 |

D. Distrito de Manas

Se han considerado intervenir en 3 sectores que contempla 340 metros de espigones y 1825 metros de diques. En el cuadro 4, se muestra la relación de estructuras de protección en el distrito de Cajatambo.

Cuadro 4. Relación de estructuras de protección en el distrito de Manas

| Nº | Distrito | Sector | Provincia | Tipo de estructura propuesta | Longitud | Margen | Ubicación UTM | | | | Punto crítico |
|----|----------|---------|-----------|------------------------------|----------|-----------|---------------------|---------------------|------------------|------------------|---------------|
| | | | | | | | X _{inicio} | Y _{inicio} | X _{fin} | Y _{fin} | |
| 34 | Manas | Cahuas | Cajatambo | Dique | 230 | Izquierda | 246365 | 8829062 | 246474 | 8829261 | 36 |
| 35 | Manas | Cahuas | Cajatambo | Dique | 180 | Izquierda | 246580 | 8829442 | 246657 | 8829601 | 36 |
| 36 | Manas | Carhuan | Cajatambo | Espigones | 340 | Izquierda | 251235 | 8831690 | 251572 | 8831702 | 37 |
| 37 | Manas | Carhuan | Cajatambo | Dique | 700 | Izquierda | 251572 | 8831702 | 251642 | 8832363 | 37 |
| 38 | Manas | Mayus | Cajatambo | Dique | 715 | Derecha | 254045 | 8833326 | 254742 | 8833245 | 38 |

3.3 Medidas estratégicas en afluentes

La propuesta está orientada a mitigar la energía del flujo de agua con arrastre de materiales. 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). A continuación se recomienda las siguientes medidas:

1. Construcción de diques. Esta medida deberá implementada con 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.

En la figura 4, se muestra los diques transversales tipo, que se recomienda para el control de las quebradas.

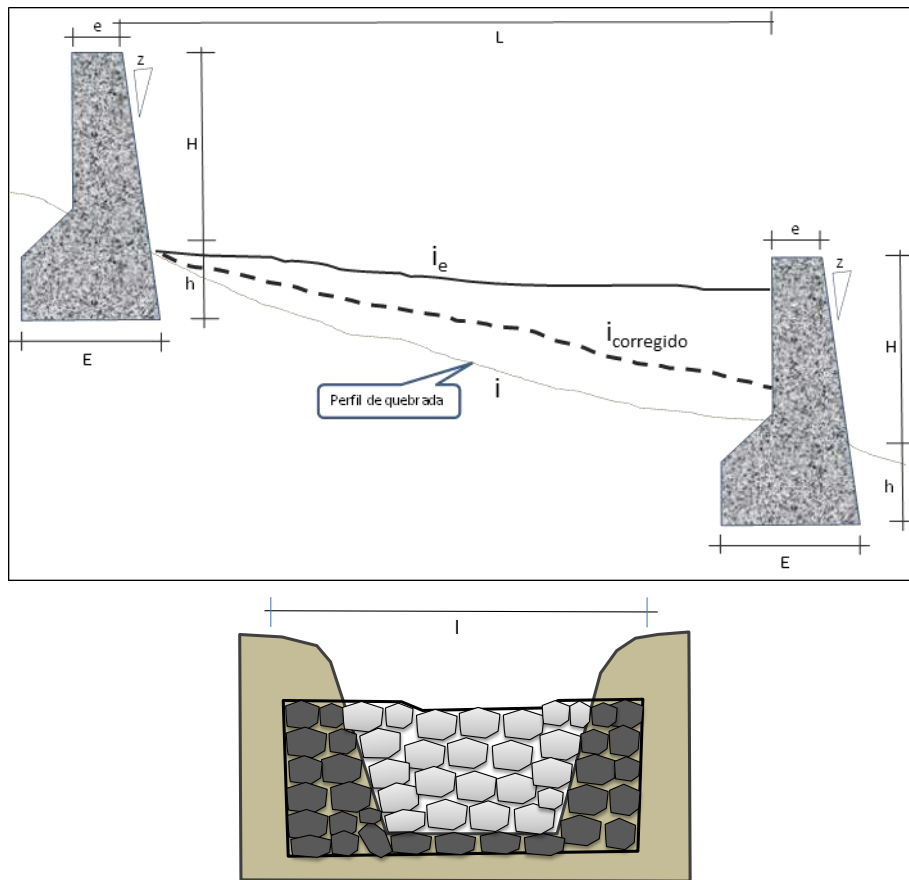


Figura 4. Modelo de dique transversal para el control de quebradas

$$N^{\circ} \text{ diques} = \frac{D(i - i_e)}{H}$$

Donde:

L: longitud entre dique y dique

i: pendiente natural

i_e : pendiente de equilibrio

$i_{\text{corregido}}$: 20-30% de la pendiente natural

H: altura del dique

D: longitud a implementar, 10% de la longitud total

Con la implementación de los diques transversales se puede corregir la pendiente natural de la quebrada hacia la pendiente de equilibrio; en este estudio se recomienda incrementar la pendiente natural entre un 20 y 30%.

2. Reforestación. Se recomienda la reforestación o forestación en zonas aptas para esta actividad y con especies nativas principalmente, no debe incluirse en zonas de cultivos. 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.

3. Obras mecánico estructural (conservación de suelos). Una de las actividades más efectivas para el control de la erosión hídrica son las prácticas conservacionistas. Es un instrumento contra la degradación que forma parte de la conservación de tierras.

El objetivo, reducir la pérdida de suelo a un nivel que permita un nivel alto de productividad edáfica, económicamente y socialmente, Es aplicar técnicas o prácticas que contribuyen a conservar las características físicas, químicas y microbiológicas del suelo, para mantener su capacidad productiva. Se reduce o elimina el arrastre y pérdida del mismo por acción de la lluvia y el viento.

Estas actividades conllevan a: Aumentar la cobertura de los suelos, Aumentar el contenido de materia orgánica, Aumentar la infiltración y la retención de humedad, Reducir la escorrentía, Mejorar las condiciones de enraizamientos, Mejorar la fertilidad química y la productividad, Reducir la contaminación del suelo y del ambiente.

Algunas obras mecánico estructural son: barreras vivas, terrazas de absorción, terrazas de formación lenta, reservorio de infiltración, zanjas de infiltración, rehabilitación de andenes, diques para el control de cárcavas, obras de defensas ribereñas, waru waru, represamientos, otros.

a. Terrazas de absorción. Las terrazas de absorción son plataformas o bancos escalonados, construidos transversales a la pendiente y separadas por taludes de tierra o muros de piedra protegidos con vegetación. Son las prácticas mecánico estructurales más completas y efectivas para el control de la erosión. De acuerdo al tipo de material en que se construye su talud, las terrazas de absorción pueden ser de tierra, de piedra o de tapial



Figura 5. Terrazas de absorción

- b. Zanjas de infiltración.** Son pequeños canales de sección rectangular o trapezoidal, que se construyen transversalmente a la máxima pendiente del terreno y siguiendo las curvas a nivel. Tiene el propósito de reducir la longitud de recorrido del agua de escorrentía, de manera el caudal y la velocidad es controlada a lo largo de la ladera; la energía erosiva del agua disminuye y la erosión del suelo que se produzca será menor. Las zanjas de ladera son efectivas en pendientes hasta de 50%. En terrenos donde el suelo es poco profundo (menos de 50 cm), son las obras físicas más adecuadas



Figura 6. Zanjas de infiltración

- c. Rehabilitación de andenes.** Los andenes, propiamente, son terrazas de banco con muros de piedra, construidos por los antiguos peruanos y masificados durante el imperio incaico. Constituyen terrazas construidas a manera de escalones artificiales sobre terrenos en pendientes que generan efectos positivos para el uso adecuado de las tierras para la agricultura en

laderas.

- d. **Terrazas de formación lenta.** Se forman progresivamente por efecto del arrastre y acumulación de sedimentos en las barreras construidas de piedra, tierra, champas; barreras viva, etc. que se ubican transversalmente a la pendiente máxima del terreno. Sus principales funciones son: reducir la erosión hídrica en las laderas; reducir la pendiente media de la ladera; y propicia la infiltración del agua.



Figura 7. Terrazas de formación lenta

En la figura 8, se muestra las obras de control y conservación de suelos para las quebradas tributarias.



Figura 8. Obras de control y conservación de suelos

3.4 Medidas no estructurales

a. Delimitación y monumentación 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.

La delimitación y monumentación de la faja marginal, viene a ser una de las medidas no estructurales más importantes, en la prevención de riegos contra inundaciones y erosiones de origen fluvial; va permitir a los gobiernos locales y regionales implementar programas de ordenamiento territorial y reubicación de poblaciones asentadas en zonas de alto riesgo. Asimismo, garantizará la reserva de un área ribereña para la protección del recurso hídrico y la vigilancia.

b. 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.

c. Reubicación de poblaciones en riesgo

La reubicación de las poblaciones que estén asentadas en zonas de riesgo, es decir en el borde el cauce y faja marginal, deben ser reubicados a lugares más seguros; esta medida debe ser considerado de primera prioridad, incluso antes que la descolmatación y defensas ribereñas.

La reubicación de poblaciones en riegos debe ser asumida por los gobiernos locales y regionales en coordinación con la Autoridad Nacional del Agua.

3.5 Recomendaciones de diseño

Se debe en cuenta algunas recomendaciones en el diseño de las defensas ribereñas.

Topografía

- Tener referencia a la Red Geodésica Nacional horizontal, a través de un punto Geodésico (mínimo de Orden "C"). El control vertical debe estar referido al nivel medio del mar (m.s.n.m.). Se acepta la altura geoidal siempre y cuando las condiciones del lugar no permita realizar una nivelación referida a un BM. Debe estar referenciado al sistema de coordenadas Datum WGS 84 (World Geodetic System 84).
- Presentar el certificado de validación otorgado por el Instituto Geográfico Nacional (IGN) del Punto Geodésico, siempre y cuando haya sido instalado por una empresa privada (la existencia de estos hitos deben ser verificados en campo).
- Las curvas de nivel no deben cruzarse entre sí, ni presentar ángulos y deben incluir todos los detalles importantes como puentes, obras de protección, etc.
- El desnivel entre curvas debe estar entre 0.5 a 1 m. dependiendo del relieve del terreno.
- Además del cauce principal del río, considerar un área adicional contigua al borde del cauce, correspondiente a la llanura de inundación. En terrenos planos (pendiente 0° - 8°), considerar un área entre 200 a 500 metros de ancho en cada margen del río. En terrenos con pendientes bajas a moderadas (8° - 16°), se debe considerar un área adicional de 100 a 200 m. En terrenos con pendientes fuertes a muy fuertes, considerar un área adicional de 50 a 100 m a ambas márgenes.
- En tramos con curvas (cóncavo y convexo) considerar una cantidad de barrido de puntos topográficos de tal manera que garantice la forma del cauce y el área adyacente.

Hidrología

- La información hidrológica y meteorológica a utilizar deberá ser proporcionada por el Servicio Nacional de Meteorología e hidrología (SENAMHI) o por el Sistema Nacional de Información de Recursos Hídricos (SNIRH) administrado por la Autoridad Nacional del Agua. En caso de no contar con esta información; la información deberá corresponder a otras entidades encargadas de su administración.
- El periodo de retorno recomendado es 50 años para zonas agrícolas y 100 años

para zonas urbanas.

- Si se dispone de información hidrométrica, los cálculos deben hacerse con caudales máximos diarios o instantáneos y pueden emplearse métodos estadísticos.
- Si se dispone sólo de información pluviométrica, los cálculos deben hacerse con información de registro de lluvias máximas para 24 horas (16 u 8 horas si se dispone de esta información). En este caso se pueden emplear modelos precipitación esorrentía.
- Se recomienda un mínimo de 20 años de registro de caudales máximos para predecir los eventos futuros. Se debe incluir los eventos del Fenómeno El Niño; sin embargo esta información debe ser evaluada de tal manera que no se originen sobredimensionamientos en las obras.
- Los métodos empíricos sólo se emplearán cuando no se disponga de información hidrométrica y pluviométrica. Este método debe ser corroborado por otro método; regionalización si se dispone de información en cuencas vecinas y homogéneas, o algún otro método con resultados confiables.

Hidráulica

- La simulación hidráulica del río, debe considerar un modelo unidimensional y flujo gradualmente variado, siempre y cuando el flujo del río es predominante hacia un sentido y dirección. Cuando el flujo de los ríos, tengan más de una orientación significativa como los ríos meándricos es necesario un modelo bidimensional e indicar las condiciones de frontera adoptadas en el modelo.
- Los parámetros del río indicados como: velocidad, tirante, número de Froude, etc. deben ser los valores máximos y deben ser tomados como indicadores de diseño. El coeficiente de rugosidad debe corresponder al cauce y la llanura de inundación de acuerdo a las características del terreno.
- Incluir mapa de llanuras de inundación, de acuerdo al caudal de diseño e indicar los posibles daños.
- El ancho estable del cauce es el extremo interior de la faja marginal y las obras de defensa ribereña. Está en función del caudal máximo instantáneo, material del fondo y orillas del cauce, diámetro de la partícula y del coeficiente de rugosidad. Si el ancho natural es menor al ancho estable por condiciones antrópicas, se debe considerar el ancho estable que se haya adoptado. La dimensión del ancho estable que haya indicado en el estudio debe estar en el

rango de las dimensiones calculados por las metodologías indicadas.

Maquinaria

- De la maquinaria pesada y equipos utilizados en obras de defensa ribereña
Se recomienda tomar como referencia la Directiva General N° 0010-2010-ANA-J-DEPHM, referente a “Normas y procedimientos para la identificación y selección de maquinaria pesada y equipos, que se utilizarán en la construcción de obras de defensas ribereñas para mitigar los efectos negativos de las inundaciones.

De la estructura elegida

- Las estructuras (diques, muros, etc.) deben alinearse con respecto al límite del cauce, considerando el ancho estable del río. En ningún caso las obras deben reducir el ancho del río, salvo excepciones que requieren de otros estudios complementarios.
- La altura mínima total del dique (incluido el borde libre) debe corresponder al tirante máximo del flujo, calculado con el caudal máximo instantáneo.
- La altura de la cimentación de las obras debe ser mayor o igual a la profundidad de la socavación.
- Si la protección del dique o revestimiento es a base de roca, debe adjuntarse los resultados de las pruebas de abrasión del laboratorio, los cálculos del dimensionamiento del diámetro de las rocas (Maynard, Isbash, Goncharov, Levi, U.S. Department of Transportation).
- Las obras deben considerar un filtro entre el talud de tierra y el recubrimiento. El filtro puede ser de material granular o filtros de geotextil. El espesor (e) de los filtros granulares puede ser: $e_{min}=25d_{50}(filtro)=0.5E$ (E: espesor del enrocado). Para el caso de filtro de geotextil debe adjuntarse las especificaciones técnicas del fabricante (Peso, espesor, resistencia longitudinal, resistencia transversal, resistencia a la perforación, otros)
- El material debe estar de acuerdo a las condiciones geomorfológicas del cauce y no deben generar impactos negativos al ambiente. Deben ser resistentes a las fuerzas erosivas de la corriente del río.
- La ubicación de la estructura debe guardar relación con los parámetros de forma del río; la punta del espigón no debe sobrepasar el borde del ancho estable del río, incluso pudiendo ser menor.

- El número de espigones deben ser como mínimo 3 ó 4 para obtener resultados efectivos.
- Los espigones no se recomiendan en ríos con pendientes superiores al 2%, ya que resulta muy difícil garantizar la estabilidad de los espigones.
- El espaciamiento entre espigones de tramos rectos puede variar entre 4.5 a 6 veces la longitud del espigón. Si el tramo es curvo puede variar entre 2.5 a 4 veces la longitud del espigón.

Capítulo VIII



Impactos del estudio

INDICE

| | |
|--|------------|
| <i>CAPITULO VIII</i> | 171 |
| <i>IMPACTOS DEL ESTUDIO</i> | 171 |
| 8.1 Impactos ambientales | 171 |
| 8.2 Impactos Socio – económico y cultural | 174 |
| 8.3 Impactos Institucional - político | 178 |
| 8.4 Conclusiones y Recomendaciones | 179 |

Relación de cuadros

| | |
|--|------------|
| <i>Cuadro 1. Sitios arqueológicos.....</i> | <i>177</i> |
|--|------------|

Relación de figuras

| | |
|--|------------|
| <i>Figura 1. Áreas de cultivo y monte ribereño. Margen derecha del río Pativilca, Sector Puente Bolívar.....</i> | <i>172</i> |
| <i>Figura 2. Pyrocephalus rubinus, nombre común “Turtupilin”. Sector Araya Chica, margen izquierda del río.....</i> | <i>173</i> |
| <i>Figura 3. Coragyps atratus, nombre común “Gallinazo cabeza negra”. Sector Puntizuela..</i> | <i>174</i> |
| <i>Figura 4. Residuos de desmonte, 800 m aguas abajo del puente Bolívar, margen derecha del río Pativilca.</i> | <i>174</i> |
| <i>Figura 5. Residuos sólidos y desmonte, 150 m aguas arriba del puente Bolívar, margen derecha del río Pativilca.....</i> | <i>175</i> |
| <i>Figura 6. Residuos de desmonte, 50 m aguas arriba del puente Bolívar, margen izquierda del río Pativilca. Caserío Palmeras de Bolívar.</i> | <i>175</i> |
| <i>Figura 7. Vista de áreas de cultivo de la Comisión Araya Chica, margen izquierda del río Pativilca. Sector Araya Chica.....</i> | <i>176</i> |
| <i>Figura 8. Vista de áreas de cultivo de la Comisión Araya Chica, margen izquierda del río Pativilca. Sector Las Vírgenes.</i> | <i>176</i> |
| <i>Figura 9. Sitio Arqueológico Araya Grande. Sector Araya Grande, margen izquierda del río Pativilca.</i> | <i>178</i> |

CAPITULO VIII

IMPACTOS DEL ESTUDIO

Este capítulo, ha sido elaborado por la necesidad de identificar y describir los impactos ambientales que pueden ser generados por la *Propuesta de medidas estratégicas*¹ proyectadas en el presente estudio, en ese sentido, se ha optado por el análisis a escala regional, en función de la distribución espacial de las estructuras proyectadas en la cuenca del río Pativilca.

El Área de Influencia Indirecta (AII) corresponde a la cuenca del Río Pativilca, tiene una superficie total de 4 577 km². Políticamente, se localiza en los departamentos de Ancash y Lima, comprendiendo las provincias de Bolognesi y Ocros; y Cajatambo, Huaura y Barranca respectivamente. Altitudinalmente, se extiende desde el nivel del mar hasta la línea de cumbres de la Cordillera Occidental de los Andes, cuyos puntos más elevados están sobre los 4000 m.s.n.m. Ver detalle en mapa de 01 (Anexos).

El Área de Influencia Directa (AID) tiene una superficie total de 110 km², considerando el área de la llanura de inundación, el cauce natural del río Pativilca, puntos críticos y las estructuras proyectadas; así mismo, abarca algunas áreas de los distritos adyacentes al cauce. Políticamente se localiza en los distritos de Pativilca y Barranca en la provincia de Barranca, departamento de Lima; distritos de Cochas y Acas en la provincia de Ocros, departamento de Ancash; y el distrito de Manas en la provincia de Cajatambo departamento de Ancash. Ver detalle en mapa 49 (Anexos).

8.1 Impactos ambientales

La ejecución de obras de defensa ribereña y control de inundaciones del tipo estructural generará un impacto positivo en el medio ambiente, principalmente en el valle del río Pativilca, el estudio propone la proyección de defensas ribereñas. Ver detalle en mapas de medidas estratégicas (Anexos).

¹ En el CAPITULO VII, se detallan las Propuestas de medidas estratégicas.

El conocimiento de la ecología es esencial para la determinación de los impactos potenciales y producidos por la proyección de obras de defensa, por lo que se debe identificar las zonas de vida existentes. Ver detalle en mapa 50 (Anexos).

1. Desierto desecado Subtropical (**dd-S**).- Abarca los distritos de Pativilca y Barranca desde la zona costera y hasta la quebrada Piedra Hueca parte baja del valle del río Pativilca, la biotemperatura media anual máxima es de 22.2°C y la media mínima de 17.9 °C. El promedio máximo de precipitación total por año es de 44 mm (La Punta, Lima). Según el diagrama de Holdridge, el promedio de evapotranspiración potencial por año, varía entre 32 a 74 veces el valor de la precipitación y, por lo tanto se ubican en la provincia de humedad DESECADO.

En el valle encontramos comunidades vegetales como El Tillandsial y Monte ribereño y algunos parches de especies vegetales que se encuentra en comunidades de Gramadales y Ceibales. No se han considerado estas dos últimas comunidades para la zona de estudio pues la presencia de especies propias no es significativa. Se presentan formaciones típicas de las riberas fluviales de la costa, es decir, comunidades perennifolias, tillandsiales, herbáceas, trepadoras, arbustivas, arbóreas y áreas de cultivo propio de los valles. Las medidas estratégicas de tipo estructural generan un impacto positivo a esta zona ecológica por ejemplo en la figura 1, se observa la defensa ribereña (dique enmallado), que ante un evento extraordinario de precipitaciones actúa como estructura de protección ante inundación protegiendo áreas de cultivo.



Figura 1. Áreas de cultivo y monte ribereño. Margen derecha del río Pativilca, Sector Puente Bolívar.

2. Desierto superárido Premontano tropical (**ds-PT**)

Esta zona de vida se distribuye principalmente en el distrito de Cochas presenta una biotemperatura media anual máxima de 16,4°C y una media anual mínima de 10,6°C. El promedio máximo de precipitación total anual es de 102,2 mm y el promedio mínimo de 63,5 mm. Como el lugar geográfico que ocupa presenta promedios de precipitación muy por debajo para esta Zona de Vida, se considera, que se caracteriza por la presencia de vegetación natural propia de desierto perárido como arbustos xerófilos, gramíneas efímeras en aquellos lugares un tanto más húmedos propios de las vegas y lechos de los ríos secos o al lado de las riberas de los valles aluviales irrigados, así se tiene el “algarrobo”, “sapote” y “fayque” de los géneros (Proposopis, Capparis y Accasia, respectivamente), “caña brava” (Gynerium sagittatum), “pájaro bobo” (Tesaria integrifolia) y “Chilca” (Baccharis sp), entre los más importantes.

Las medidas estratégicas de tipo estructural generan un impacto positivo de forma indirecta a la protección de especies de Fauna silvestre típicas de la zona, por ejemplo en la figura 2, se observa a la especie *Pyrocephalus rubinus*, nombre común “Turtupilin”, que se alimenta especialmente de insectos que caza generalmente en vuelo; habita en campos abiertos, montes y entre la vegetación acuática. Al proteger las zonas adyacentes al cauce del río pativilca con obras de defensa ribereña, proyectadas en zonas críticas ante inundaciones, se está protegiendo el hábitat de estas especies.



Figura 2. *Pyrocephalus rubinus*, nombre común “Turtupilin”. Sector Araya Chica, margen izquierda del río.



Figura 3. *Coragyps atratus*, nombre común "Gallinazo cabeza negra". Sector Puntizuela.

8.2 Impactos Socio – económico y cultural

La cuenca del río Pativilca es una próspera zona agrícola en la que destaca la producción de caña de azúcar con uno de los ingenios azucareros más importantes del país como es CAP Paramonga, en donde además de azúcar se elabora papel. También destaca la producción de maíz, zapallo, sorgo, camote y diversas especies vegetales, dependiendo de las condiciones climáticas de altitud, temperatura y disponibilidad de agua.

Se han registrado residuos sólidos y materiales de construcción aguas arriba y aguas abajo del Puente Bolívar en ambas márgenes del río Pativilca, disminuyendo la sección hidráulica del río, lo que podría ocasionar debilitamiento de las estructuras como efecto de la socavación.



Figura 4. Residuos de desmonte, 800 m aguas abajo del puente Bolívar, margen derecha del río Pativilca.



Figura 5. Residuos sólidos y desmonte, 150 m aguas arriba del puente Bolívar, margen derecha del río Pativilca.



Figura 6. Residuos de desmonte, 50 m aguas arriba del puente Bolívar, margen izquierda del río Pativilca. Caserío Palmeras de Bolívar.

Las medidas estratégicas de tipo estructural generarán un impacto positivo en el medio socioeconómico, se protegerán las áreas de cultivos enmarcadas dentro de las comisiones de regantes: Galpón, Paramonga, Huayto, La Vega Otopongo, Llamachupan en la margen derecha del Río Pativilca, las comisiones de Potao, Vinto y Araya en la margen izquierda del río, así mismo se pretende la defensa de centros poblados como el Sector Puente Bolívar, infraestructuras de riego (canales, bocatomas) y vial (carreteras, trochas y puentes) ante posibles inundaciones. Ver detalle en mapa 51 (Anexos).



Figura 7. Vista de áreas de cultivo de la Comisión Araya Chica, margen izquierda del río Pativilca. Sector Araya Chica



Figura 8. Vista de áreas de cultivo de la Comisión Araya Chica, margen izquierda del río Pativilca. Sector Las Vírgenes.

Asimismo estas medidas de tipo estructural evitan las pérdidas de las propiedades privadas e infraestructura, debido a desbordes de avenidas. Caso contrario, traerá desconcierto y afectará emocionalmente a la población. Asimismo, decaerá la economía de la gente afectando su poder adquisitivo, llegando al extremo de migrar a otras regiones o localidades en busca de mejoras en su calidad de vida. Una ejecución de obras bien planificada y sostenible traerá consigo tranquilidad en los usuarios y sentirán la intervención del Estado promotor, así como, de las instituciones Locales y Regionales.

Por otro lado, en la cuenca Pativilca se identificaron importantes sitios arqueológicos registrados por el Ministerio de Cultura que potencian la zona, no solo para la investigación sino también la construcción de la riqueza cultural e identidad local.

En el Cuadro 1, se han registrado los sitios arqueológicos identificados y en el mapa 52, se observa su distribución la espacial en la cuenca del río Pativilca. Esta potencialidad aun no se ha explotado en su máximo esplendor solo se encuentran identificados, por tal motivo no existe un circuito turístico que invite conocer estas zonas arqueológicas para dinamizar la economía rural. Ver detalle en Mapa 05 (Anexos).

Cuadro 1. Sitios arqueológicos

| N° | Sitios Arqueológico | Este | Norte |
|----|--------------------------------------|--------|---------|
| 1 | Cerro Campana | 201361 | 8817567 |
| 2 | Cerro Campana Sector A y B | 201289 | 8817878 |
| 3 | Cerro Campana Sector Ay B | 201393 | 8818043 |
| 4 | Providencia | 203624 | 8819394 |
| 5 | Pampa San Alejo o Guayabito Sector 1 | 206817 | 8817514 |
| 6 | Roncador | 207421 | 8818542 |
| 7 | Huayto | 209815 | 8820671 |
| 8 | Las Huertas | 210857 | 8818897 |
| 9 | Araya Grande | 212406 | 8818743 |
| 10 | Aterrazamiento Araya Grande | 213510 | 8818497 |
| 11 | La Isla 2 | 220724 | 8822052 |
| 12 | La Isla 1 | 220931 | 8822129 |

Fuente: Ministerio de Agricultura

La ejecución de las estructuras proyectadas permitirá la protección de posibles afectaciones de éstos sitios arqueológicos ante eventuales lluvias que se susciten en el área de influencia. Asimismo la cantera CRX-1 de agregados, se ubica en Cochas adyacente al sitio arqueológico “La Isla 1”, en esta zona se tomaran medidas preventivas al realizar la extracción del material. La cantera CRX-2 de roca ígnea intrusiva, se ubica en el sector Vinto Alto y no afectara ningún sitio arqueológico.

Las obras proyectadas no implican la ocupación del espacio territorial de ningún sitio arqueológico o patrimonio cultural, registrados por el Ministerio de Cultura. Muy por el contrario, las medidas estratégicas planteadas contempla y prioriza la conservación del patrimonio cultural histórico.



Figura 9. Sitio Arqueológico Araya Grande. Sector Araya Grande, margen izquierda del río Pativilca.

8.3 Impactos Institucional - político

Al contar con un estudio de tratamiento integral de cauce para la cuenca del río Pativilca, elaborado sobre el concepto hidráulico, 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.

Las áreas recuperadas podrían generar conflictos entre los usuarios agrícolas y las autoridades. Los primeros al posesionarse sobre estas tierras, muchas veces

obstaculizan obras de defensa ribereña u otra actividad, como la de mantenimiento y conformación de cauce del río.

8.4 Conclusiones y Recomendaciones

- ✓ En cuanto a los impactos positivos, se beneficiarán el medio físico, socioeconómico y cultural, principalmente al término de la ejecución de las medidas estructurales y no estructurales.
- ✓ Los impactos negativos generados por las medidas estructurales son temporales, de carácter mitigable y controlable.
- ✓ Para la extracción de material en la cantera CRX-1 de agregados se deberá seguir ciertas pautas de prevención y protección ante posible afectación al sitio arqueológico “La Isla 1”.
- ✓ 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 realizar un Programa de Sensibilización, de manera participativa involucrando a los diferentes actores locales, regionales y principalmente la población involucrada en la Cuenca Pativilca; planificados mediante Talleres de sensibilización a nivel de la cuenca alta, media y baja, con el propósito de que la población manifieste e internalicen los diferentes aspectos conceptuales vertidos y se involucren de una manera activa en la prevención de riesgos ante inundación y erosión.

CAPITULO IX

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, organizaciones y empresas privadas, cuenten con una herramienta de gestión participativa al momento de priorizar proyectos de defensa ribereña, enmarcado en la gestión del riesgo de desastre de la cuenca del río Pativilca.

Geología y geotecnia

Los principales peligros geológicos registrados en la Cuenca del río Pativilca corresponden a: inundación fluvial, erosión fluvial, flujos de detritos, caídas de rocas y derrumbes; siendo los distritos de: Pativilca, Cochabambas y Manas, los que han tenido una mayor ocurrencia de peligros geológicos.

Las investigaciones geotécnicas tuvieron lugar en los sectores de Vinto, Potao, Las Vegas, Las Alpas, San Telmo, Huayllillas, Tres Cruces, Vilcapampa, Torrecilla Alta, Cochabambas (Cantera Agregados) y Vinto (Cantera de Enrocado).

En base, a los resultados de laboratorio de mecánica de suelos se determinaron materiales granulares de clasificación SUCS: SW, SM, SC, GW, GP, GM y GC; de capacidad portante 1.10 a 2.82 Kg/m² y asentamientos que no superan los 1.00 cm. En la mayoría de los casos, los materiales son considerados terrenos de apoyo bueno a mediano. El tipo y profundidad de cimentación de la uña de enrocado es de 1.50 – 2.00 metro bajo el ángulo de socavamiento.

Las áreas para la explotación de enrocados se han localizado en los sectores de Cochabambas y Vinto; constituidas por gravas mal gradadas de clasificación SUCS GP y rocas intrusivas graníticas caracterizadas por su alta dureza, resistencia a la meteorización, elevada densidad, diámetros superiores a 1.00 metro, disponibilidad superior a 2,000 m³ y rendimiento de cantera por encima de los 80%, las mismas

que reúnen las especificaciones requeridas para su utilización en la construcción de obras de defensas ribereñas.

Se recomienda adoptar en los diseños Sismo-Resistentes, el siguiente parámetro sísmico: Factor de Zona = 0.40 Factor (g)

Se recomienda construir defensas de carácter rígido que requieran cimentación. La colocación de gaviones en mallas sobre las riberas afectadas. Considerar un ángulo de reposo y entrapamiento geotécnico de 2:1 (H:V).

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

Caudales máximos y parámetros hidráulicos

El presente estudio abarca todo el cauce; por lo tanto, fue necesario establecer 7 puntos o estaciones de control para calcular los caudales.

Con fines de diseño de defensas ribereñas, dimensionamiento de las estructuras, cálculo de los parámetros fluviales, se recomienda periodos de retorno de 50 años para zonas agrícolas y 100 años para zonas urbanas.

El valor del Coeficiente de Gravelius se encuentra entre 1 y 2; por lo tanto, tendrá una tendencia a las crecidas; sin embargo, se debe tener en cuenta otras características de la cuenca como cobertura, pendiente que influyen en las crecidas.

Vulnerabilidad

Se han identificado 38 puntos críticos ante inundaciones y erosión de riberas en 5 distritos, poniendo en riesgo 62 viviendas, el puente Bolívar de la Panamericana, 850 metros de la Panamericana Norte, 3470 metros de vías afirmadas, 677 Ha de

cultivos agrícolas, 04 bocatomas de captación, 11510 metros de canales de riego y la afectación de 16630 Ha de cultivos.

También, se han identificado 08 tributarios que en épocas de extremas precipitaciones, arrastran caudales con grandes cantidades de sólidos, que en su recorrido pueden ocasionar daños a nivel de infraestructura de servicios, viviendas y vidas humanas.

Se recomienda la ejecución de obras mecánico estructurales y reforestación en la parte alta de la cuenca o cabeceras, para disminuir el arrastre de sedimentos y la capacidad erosiva de la escorrentía, producto de las altas precipitaciones.

Análisis fluvial

La pendiente promedio del río Pativilca es 2.7% (0.027). La pendiente del río aumenta a medida que sube la cota de la cuenca. La pendiente mínimo identificado es 1.2% (0.012) y la pendiente máxima se ubica en la naciente del río con un valor de 5.94% (0.0594).

El ancho estale varía de acuerdo a la pendiente, caudales y a la altitud de la cuenca variando desde los 25 metros en la parte alta de la cuenca hasta los 160 metros en el valle. Sin embargo, los primeros kilómetros se ha considerado un ancho aproximado de 300 metros, haciendo coincidir con el ancho de los puentes.

La granulometría varía de acuerdo a la ubicación del cauce, en el valle el diámetro 50 de las partículas varían de 0.2 a 0.3 milímetros y en la parte media y alta, el diámetros 50 varía de 4 a 12.5 milímetros.

Se ha analizado las velocidades del flujo, considerando el agua clara y con sedimentos, siendo mayores las velocidades en las condiciones del flujo con sedimentos, siendo ésta la situación que se debe considerar en la evaluación o formulación de proyectos.

Considerando eventos hidrológicos para periodos de retorno de 50 años, los tirantes de agua que se producen pueden alcanzar los 2.60 metros de altura.

En estas condiciones, la socavación general puede llegar hasta los 3.90 metros de profundidad.

Propuesta de medidas estratégicas

Para disminuir el riesgo o vulnerabilidad ante inundaciones recurrentes y extremas, se propone medidas estructurales y no estructurales.

a. Medidas Estratégicas no estructurales

1. Reubicación de las viviendas que se encuentran ubicados en el borde del cauce, fajas marginales 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 INDECI, CENEPRED 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.

b. Medidas Estratégicas estructurales

De acuerdo a las condiciones de cada sector del cauce, se ha propuesto principalmente diques revestidos de roca, gaviones, u otro material adecuado; espigones, mejoramiento de diques y descolmatación.

c. Medidas estructurales en quebradas

1. Programa de obras mecánico estructurales y reforestación
2. Construcción de diques transversales en quebradas.

Impactos ambientales

- o Los impactos generados por la ejecución de los proyectos propuesto por este estudio, serán principalmente positivos. Los impactos negativos generadas por las medidas estructurales son temporales, de carácter mitigable y controlable.

- Cuando se aproveche los materiales de las canteras, deberá seguir ciertas pautas de prevención y protección ante posible afectación al sitio arqueológico “La Isla 1”.

- Se recomienda realizar un Programa de Sensibilización, de manera participativa involucrando a los diferentes actores locales, regionales y principalmente la población involucrada en la Cuenca Pativilca; planificados mediante Talleres de sensibilización a nivel de la cuenca alta, media y baja, con el propósito de que la población manifieste e internalicen los diferentes aspectos conceptuales vertidos y se involucren de una manera activa en la prevención de riesgos ante inundación y erosión.