

UNIVERSIDAD PRIVADA DE TRUJILLO

CARRERA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL



DISEÑO ESTRUCTURAL – HIDRAULICO DE DEFENSA RIBEREÑA DEL RIO CHICAMA TRAMO PUENTE SAN POLO – BAÑOS CHIMÚ, 2018

TESIS

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO CIVIL

Autor:

BACH. WILSON FERMIN CASTAÑEDA RODRIGUEZ

Asesor:

ING. GUIDO ROBERT MARIN CUBAS

TRUJILLO – PERÚ

2019



APROBACIÓN DE TESIS

El Asesor y los miembros del Jurado evaluador asignados, **APRUEBAN** la Tesis desarrollada por el Bachiller **Wilson Fermín Castañeda Rodríguez**, denominada:
DISEÑO ESTRUCTURAL – HIDRAULICO DE DEFENSA RIBEREÑA DEL RIO CHICAMA TRAMO PUENTE SAN POLO – BAÑOS CHIMÚ, 2018.

PRESIDENTE

SECRETARIO

VOCAL



DEDICATORIA

El presente trabajo de investigación lo dedico en especial
a **Dios** por darme fuerzas, seguir adelante y obtener
mis metas y objetivos.

A mis padres:

Julio C. Castañeda nacarino y

Martina Rodríguez Valderrama

Por su gran amor, trabajo y sacrificio durante estos
Años. Gracias a Ustedes que me inculcaron humildad
sencillez, responsabilidad y por su perseverancia han
hecho de mí una persona con un objetivo donde he
logrado llegar y convertirme en lo que soy, teniendo el
orgullo y privilegio de tenerlos como padres y de ser su hijo.

A mis hermanos y sobrinos:

Baldemar, Susana, Guillermo, Ulan, Víctor Castañeda Rodriguez

Robinson, Jhack, Milagros Julca Castañeda

por el apoyo incondicional, cariño, amor y amistad vivida durante
esta faceta de estudios, por prestar y apoyar durante los
sacrificios y mantenernos unidos siempre.

A todas las personas que me han ayudado para realizar este trabajo y
han hecho que se realice con éxito siendo en especial a mi amigo
Fernando Vargas, por el apoyo incondicional durante el desarrollo e
investigación del presente Proyecto.



AGRADECIMIENTO

Expreso mi agradecimiento a todos los docentes de la carrera profesional de ingeniería civil de la Universidad Privada de Trujillo UPRIT en especial al asesor de Tesis Ing. *Guido Robert Marín cubas*, quienes con mucha tolerancia y apoyo estuvieron dispuestos a apoyarme en el desarrollo de mi Tesis.

Asimismo, agradezco a la Universidad Privada de Trujillo UPRIT por haberme permitido y prestado una calidad de estudio durante este tiempo permanecido.



ÍNDICE DE CONTENIDOS

Hoja de firmas.....	II
Dedicatoria.....	III
Agradecimiento.....	IV
Índice de contenidos.....	V
Índice de Tablas	VI
Índice de Figuras.....	VII
Resumen.....	IX
Abstract.....	X
I. INTRODUCCIÓN.....	11
1.1. Realidad Problemática.....	11
1.2. Formulación del problema.....	22
1.3. Justificación.....	22
1.4. Objetivos.....	24
1.5. Antecedentes.....	25
1.6. Bases teorías.....	34
1.7. Definición términos básicos	69
1.8. Formulación de hipótesis.....	73
II. Material y Métodos.....	74
2.1. Material.....	74
2.2. Material de estudio.....	75
2.2.1 Población	75
2.2.2 Muestra.....	75
2.3. Técnicas, procedimientos e instrumentos.....	75
2.3.1. Para recolectar datos	75
2.3.2. Para procesar datos.....	76
III. RESULTADOS.....	184
IV. DISCUSIÓN	188
V. CONCLUSIONES.....	189
VI. RECOMENDACIONES.....	190
VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	192
VIII. ANEXOS.....	195
ANEXO 1: Guía de observación.....	195
ANEXO 2: Planos de diseño de la defensa ribereña.....	201

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 01: Vías De Acceso	89
Tabla 02: Ubicación Geográfica	93
Tabla 03: Características fisiográficas de la cuenca.....	97
Tabla 04: Características de las subcuencas.....	128
Tabla 05: Intensidades máximas (mm/h), estación San Benito.....	128
Tabla 06: Intensidades máximas (mm/h), estación Capachique.....	129
Tabla 07: Intensidades máximas (mm/h), estación Callancas.....	129
Tabla 08: Intensidades máximas (mm/h), estación Contumazá.....	130
Tabla 09: Intensidades máximas (mm/h), estación Cospan.....	130
Tabla 10: Intensidades máximas (mm/h), estación Cascas.....	130
Tabla 11: Intensidades máximas (mm/h), estación Sinsicap.....	131
Tabla 12: Factores de la zona de estudio.....	131
Tabla 13: Caudales máximos, método Racional.....	132
Tabla 14: Caudales máximos, método Hidrograma Triangular.....	133
Tabla 15: Caudales máximos promedios.....	133
Tabla 16: Estación hidrométrica para caudal máx. 24 horas.....	134
Tabla 17: Registro de descarga máxima diaria del río Chicama (M3/S).....	135
Tabla 18: Cálculos del ajuste Smirnov Kolmogorov	140
Tabla 19: Valores críticos para la prueba Smirnov – Kolmogorov de bondad de ajuste....	144
Tabla 20: Determinación del diámetro medio del material de lecho del río Chicama.....	146
Tabla 21: Cálculo de la sección de equilibrio.....	149
Tabla 22: Resultado socavación general método lischtvan – lebediev.....	151
Tabla 23: Coordenadas UTM.....	156
Tabla 24: Tomas de captación.....	158
Tabla 25: Ubicación de puntos de control (BMS)	163
Tabla 26: Diferencias entre Geoceldas y Gaviones.....	177

ÍNDICE DE FIGURAS

<i>Figura 1:</i> Ciclo Hidrológico.....	36
<i>Figura 2:</i> Líneas Divisorias de Agua.....	37
<i>Figura 3:</i> Precipitaciones.....	41
<i>Figura 4:</i> Fase de Purga.....	46
<i>Figure 5:</i> Plano de Planta.....	47
<i>Figura 6:</i> Canal de la rápida.....	48
<i>Figura 7:</i> Abertura Hexagonal del alambre.....	53
<i>Figura 8:</i> Gavión tipo Caja.....	53
<i>Figura 9:</i> Gavión Colchón de Reno.....	54
<i>Figura 10:</i> Gavión en forma de Saco.....	55
<i>Figura 11:</i> Pantalla de Concreto Armado.....	55
<i>Figura 12:</i> Pantalla Tablesca.....	56
<i>Figura 13:</i> Mapa de ubicación de río Chicama.....	67
<i>Figura 14:</i> Cuenca del Río Chicama.....	68
<i>Figura 15:</i> Clasificación de variables.....	77
<i>Figura 16:</i> Operacionalización de variables	86
<i>Figura 17:</i> Ubicación del Proyecto.....	88
<i>Figura 18:</i> Sección típica de enrocado.....	89
<i>Figura 19:</i> Río Chuquillanqui, tomas de captación.....	90
<i>Figura 20:</i> Perfil del cauce.....	98
<i>Figura 21:</i> Rio Chuquillanqui en alto relieve.....	106
<i>Figura 22:</i> Tomas de captación de la planta.....	118
<i>Figura 23:</i> Transversales – toma de captación.....	119
<i>Figura 24:</i> Metodos estadísticos – LOG NORMAL	142
<i>Figura 25:</i> Caudal de diseño Metodos estadísticos.....	145
<i>Figura 26:</i> Análisis gramunelometrico.....	147
<i>Figura 27:</i> Rio Chuquillanqui.....	156
<i>Figura 28:</i> Corte en curva de canales.....	171
<i>Figura 29:</i> Relación entre los valores de los esfuerzos cortantes y sus correspondientes cotangentes o taludes.....	172



<i>Figura 30:</i> Relación entre los valores de la ecuación básica, la profundidad de flujo y el diámetro es preciso.....	174
<i>Figura 31:</i> Diseño de defensa ribereñas	179
<i>Figura 32:</i> Método estadístico - PEARSON III	180
<i>Figura 33:</i> Caudal de diseño – métodos estadísticos.....	180
<i>Figura 34:</i> Calculos hidráulicos – diques laterales.....	181
<i>Figura 35:</i> Dimensionamiento de defensa – dique enrocado lateral	182
<i>Figura 36:</i> diseño en curva Dimensionamiento de defensa – dique enrocado lateral ...	183

RESUMEN

Esta investigación se realizó en la Universidad privada de Trujillo, tuvo como objetivo de determinar el diseño estructural - hidráulico que se debe considerar para realizar la defensa ribereña del Rio Chicama, Tramo Puente San Polo – Baños Chimú, 2018. La investigación es cuantitativa, de tipo no experimental. Tomándose como muestra 2.00 Km del cauce del rio Chicama; se utilizó como técnica la *observación* y se desarrolló un cuadro de clasificación de variables para el análisis de los resultados.

En el trabajo realizado, se determinó que el Diseño estructural - hidráulico de una defensa ribereña, debe ser de revestimiento con enrocado, por el alto riesgo de inundaciones que existe en la zona y las pérdidas que se producen, las cuales son económicas, pues impactan de manera negativa en la economía de los pobladores, (agricultura y ganadería); de transporte, pues produce la obstrucción de caminos y trozas carrozables; en salud por las enfermedades y epidemias que estas producen; siendo que la consecuencia más perjudicial el atraso y desarrollo de las comunidades cercanas al rio.

Se recomienda usar el programa River, para el modelamiento del cauce, porque compone un instrumento ventajoso en el modelamiento de los ríos y encontrar las respectivas áreas de inundación. Asimismo, proporciona parámetros confiables de diseño diseñar de defensas ribereñas para de esa manera encontrar su respectiva ubicación y longitud.

Palabras Claves: *Diseño estructural – hidráulico de defensa ribereña, programa River, revestimiento de enrocado, rio Chicama.*

ABSTRACT

This research was carried out at the private University of Trujillo, had as objective to determine the structural design - hydraulic that it is necessary to consider to realize the riverside defense of the Rio Chicama, I Plan Bridge San Polo - Baths Chimú, 2018. The investigation is quantitative, of not experimental type. Taking as sample 2.00 Km from the riverbed of the river Chicama; the observation was in use as technology and there developed a picture of classification of variables for the analysis of the results.

In the realized work, of I determine that the structural Design - hydraulic of riverside defense, it is necessary to be one of coating with castled, for the high risk of floods that exists in the zone and the losses that take place which are economic, since they affect in a negative way the economy of the settlers, agriculture and ranching; of transport, since it produces the obstruction of ways and logs carrozables; in health for the diseases and epidemics that these produce; being that the most harmful consequence the lag and development of the communities near to the river.

One recommends to use the program River, for the modelamiento of the riverbed, because it composes a profitable instrument in the modelamiento of the rivers and to find the respective areas of flood. Likewise, it provides reliable parameters of design to design of riverside defenses that way to find his respective location and length.

Key words: structural Design - hydraulic of riverside defense, program River, coating of castled, river Chicama.

I. INTRODUCCIÓN

1.1. Realidad problemática.

Desde los orígenes de la civilización, los ríos han soportado enormes rebases por el acrecentamiento de sus aguas, a consecuencia de las constantes precipitaciones excesivas e desbordamientos causados por los sucesos naturales, provocando resultados calamitosos, tales como, la pérdida de zonas agrícolas, la destrucción de la infraestructura, vías viales y de comunicación, entre otras, afectando de esta manera la estructura socioeconómica de los países, todo esto ha obligado a usar diferentes tecnologías para la defensa de los ríos como obras de contención de la sedimentación, descolmatación, pero en especial las de defensas ribereñas. Estas obras hidráulicas preventivas ante el riesgo de los desastres naturales se proyectan y se ejecutan representando infraestructuras de apreciable inversión en recursos, por lo que deben preservarse y protegerse en el contexto de las políticas que efectúan los proyectos de infraestructura (**La Torre, 1999**).

Es evidente que en los países de primer o tercer mundo la organización de servicios, organizaciones estatales comprometidas en proyectar y regular el uso y manejo del agua. Una particularidad esencial que debe considerarse en el avance de recursos hidráulicos es su innata extensión estratégica. Durante muchos años el progreso de las urbes, su administración y en particular sus propiedades de gran proyección y tecnología siempre ha sido social y estratégicamente admitidos como una necesidad estatal (**La Torre, 1999**).

En los últimos años se ha originado una significativa transformación en la reglamentación global y estatal que resguarda una variación en las tácticas de previsión de las inundaciones. En un principio estas estrategias tenían su base en la

cimentación de construcciones hidráulicas para controlar la actividad de los ríos y evitar menoscabos a recursos e individuos Empero del gigantesco capital de inversión y enorme cuantía de construcciones edificadas, los detrimentos continúan originándose. Por lo que, la novísima reglamentación sugiere el restablecimiento de la expoliación natural de los torrentes en las zonas de inundación, rescatando el procedimiento natural y los productos ambientales que dependen de aquellos con la finalidad de prevenir ocasionados por los fenómenos naturales **(Jaso, 2012)**.

La invasión de los bordes fluviales se vigoriza e inclusive se acrecienta, creando una aparente impresión de seguridad en la defensa de recursos humanos y materiales, pues la destrucción de ecosistemas vitales se encuentra encaminada en orientación contraria a las pretensiones legales y al beneplácito científico en lo concerniente con la tarea ambiental y geográfica de las áreas de inundación. En ese sentido, la intervención estatal tratando de dar solución a los diferentes problemas realiza labores operaciones como el dragado del río, sin embargo, poseen un resultado perverso al acrecentar a corto plazo la dimensión de drenaje fluvial, situación que serena a las localidades ribereñas, sin demandar una innovación en la normalización geográfica de las jurisdicciones municipales latentemente afectadas. Se debe tener en cuenta los auténticos padecimientos sociales y ambientales de estos procesos de gestión **(Jaso, 2012)**.

En todo el mundo las inmensas precipitaciones son el principal motivo de las inundaciones, no obstante, también existen diferentes elementos substanciales, tales como, las grandes cantidades de precipitación, mezcla de las nevadas, ruptura de represas y acciones humanas. Estas inundaciones representan una de las catástrofes naturales que mayor número de víctimas producen; Se ha calculado que en el siglo

XX unos 3,2 millones de personas perdieron la vida debido a estas eventualidades, representando a más de medio centenar de fenecidos por desastres naturales en el mundo en ese periodo. Así se tiene que, estas grandes cantidades de lluvias producidas por varios años traen como resultado desastrosas inundaciones y deslaves que siembran destrucción y muerte en lugares tan diversos (**Echarri, 1998**).

Cuando en poco tiempo en un río se acrecienta la cuantía de agua que circula en su concavidad causal, debido a la introducción de exceso de lluvia o por las descargas de una represa, de habla de la generación de una avenida, la cual fomentaría ocasionar un desbordamiento cuando el nivel de agua fluvial traspasa las elevaciones de los bordes de su cauce. Obedeciendo a la celeridad con que se manifiesta la variabilidad en la elevación de agua puede hablarse de avenidas crecientes impetuosas, las cuales obtienen un intenso resultado demoledor, debido a que converge en un espacio breve una enorme demasía de agua con una intensa velocidad, que la vuelve demasiado demoledoras, por lo tanto, es trascendente analizar el tirante del agua, y también la velocidad que ésta traslada. Entre los componentes a tener en cuenta en las inundaciones se hallan: la topografía, las particularidades mecánicas de los arroyos y ríos, la distribución geomorfológica de la lluvia, el empleo de suelo, la inclinación de la tierra, el menoscabo de cobertura botánica, la invasión de la muchedumbre en áreas inundables, el aumento de la mancha urbana sin proyección, la basura abandonada en las calles, entre otras. (**Echarri, 1998**)

La tierra, al ser un planeta superpoblado, está compuesto por un 70% de agua en su superficie cubierta, calculándose en total que existen unos 1,400 millones de Km³ de este elemento líquido, sin embargo, solo un 0,3% resulta idónea para el consumo humano y la agricultura, es por ello, que no produce extrañez que una magna

proporción de las obras de ingeniería elaboradas tengan como finalidad el perfeccionamiento de construcciones interconectadas con este elemento fundamental. Todos los años se proyectan y edifican centenares de infraestructuras hidráulicas, siendo que algunas, respecto de sus proporciones o inconvenientes y limitaciones, son observadas como genuinas edificaciones maestras de la ingeniería, entre ellas tenemos: los diques, acueductos, presas, canales, muelles, esclusas, centrales, defensas ribereñas, etc. Asimismo, se debe añadir aquellas interconectadas con la infraestructura vial, tales como los puertos, puentes y carreteras, pues el agua representa el eje de su crecimiento.

Sauri (1997) indica que, en las regiones mediterráneas las inundaciones son el riesgo natural más frecuente y uno de los que provoca mayores pérdidas económicas. Así se tiene que, en España, los ulteriores cuarenta años aproximadamente un poco más de 1500 personas fenecieron como resultado de las anunciaciones, por lo que representan una grandísima dificultad estatal y financiera, en especial en el área norte y en la región mediterránea. En el caso de Cataluña, las inundaciones pueden afectar las actividades agrarias, industriales y comerciales, el medio urbanizado en general y las infraestructuras y servicios públicos en particular. Puede causar desperfectos en sistemas energéticos o de telecomunicaciones. También deben considerarse los gastos indirectos como los ocasionados por los daños psicológicos de los familiares de las víctimas, con traumas a veces no superados, y los derivados de la pérdida del hogar o la afección grave de ésta, y, finalmente, las pérdidas en bienes culturales.

El problema de inundaciones en el país Mexicano, en ciertas urbes es periódico, siendo que sus repercusiones se ven manifestadas habitualmente en las urbes, así como en la infraestructura mayormente vulnerables, soliendo provocar graves

deterioros a la ciudadanía, flora y fauna, infraestructura urbana, infraestructura vial e hidroagrícola, y también a la diferentes ocupaciones mercantiles, inclusive pueden producir la detrimento de vidas humanas, todo esto debido a la carencia de programas y gestiones que aminoren esta problemática (Alcocer et. al., 2014).

Angulo, et. al., (2017) refieren que el Fenómeno del Niño ha provocado intensos cambios climáticos en los países de América Latina en el 2017, intensificando los embates de las torrenciales lluvias, que causaron inundaciones y afectaron a la población y agricultura, debido a los desbordes de los ríos, donde miles de familias fueron desplazadas y más de un centenar de muertos quedando las poblaciones sin servicios de agua potable y energía eléctrica, viéndose diversos países afectados. En Brasil han causado unos 330 muertos y más de 600 mil quedaron desplazadas, debido a aludes y deslizamientos de tierra. En Paraguay se registró la muerte de 10 personas y decenas de familias damnificadas por las inundaciones y crecidas del río.

En Ecuador las fuertes lluvias e inundaciones dejaron 24 fallecidos, 30.593 familias, 1,310 personas damnificadas y más de 7,000 hectáreas de cultivo afectadas, impactando a 2,500 familias que perdieron todo, pues estas lluvias superaron las producidas por en el fenómeno del niño de 1998, donde las quebradas se activaron provocando aluviones de agua y arrasando con todo a su paso. En Colombia el 1 de abril una avalancha de lodo provocó casi 300 muertos en el municipio de Mocoa, en el sudoeste del país, producto de las intensas lluvias. En el país Argentina, en siete provincias, las violentas precipitaciones produjeron aproximadamente un poco más de 8.000 evacuados. La zona más afectada por las intensas lluvias en Chile fue la central, donde 4.5 millones de pobladores se quedaron sin acceso al agua potable, 20 mil viviendas sin energía eléctrica, 08 personas desaparecieron y dos fenecieron,

debido a su accidentada topografía, producida por los eventos meteorológicos y las violentas precipitaciones que desembocaron en las quebradas causando inmensa destrucción a su paso. Más de 800 individuos en Uruguay, tuvieron que abandonar sus viviendas debido a las fuertes lluvias. En Bolivia en el primer trimestre del 2017 al menos 15.800 familias se han visto afectadas por las riadas, mientras que 17.144 hectáreas de diferentes cultivos se han perdido (**Angulo, et. al., 2017**)

Nuestros País fue el más afectado debido al desbordamiento de los ríos, el desplome del sistema de alcantarillado y los huaycos, que produjeron un poco más de 90 muertos, 110.000 damnificados y alrededor de 150000 personas sin hogar. En ese sentido, la falta de gestión y planificación de infraestructura y defensas estructurales han ocasionado, como hemos señalado innumerables pérdidas humanas, económicas, sociales y ambientales. (**Sputnik, 2017**)

La contingencia de inundaciones en el Perú y su correspondencia con los sucesos excesivos y los impactos financieros y sociales, han ocasionado el desbordamiento de riberas, inundación de canales, destrucción de vías, intermisión de abastecimiento de agua, falla de drenes, contaminación, anegamiento y deterioro de terrenos agrícolas, en el espacio correspondiente a las cuencas del río Pampas. En la concavidad fluvial del río Pampas, las inundaciones desastrosas son causadas debido al desbordamiento de una crecida, que puede ser ordinaria o extraordinaria, según su magnitud para deteriorar o sedimentarse. Las desmedidas precipitaciones que provocan inundaciones en las microcuencas son producidas esencialmente por causas naturales atmosféricas o actividades antrópicas. Así se tiene que, la superficie de este río es considerada muy vulnerable ante la manifestación de sucesos de crecida, como resultado de la carencia de obras de defensas ribereña, cauces colmatados, etc., es

por ello, que en estos procesos de inundación acontecen degradación y destrucción de tierras de cultivo, deterioro de infraestructura hidráulica, vial, y zona urbana, provocando amenazas en la vida de los pobladores (**Jara, 2011**).

Achic (2004) indica que con el pasar de los años, en el Perú se han presentado un sinnúmero de desastres naturales, los cuales muchas veces han provocado detrimentos en diversas secciones del país, originando el fenecimiento de cuantiosas vidas humanas, por lo que deben reflexionarse acerca de la toma de medidas indispensables y adecuadas para prevenir e impedir estas adversidades. Debido a la ocurrencia del Fenómeno del Niño en los años 1925, 1982, 1983, 1984, 1998, 2000, 2001 e inclusive 2017, se han producido innumerables sucesos catastróficos en todas las regiones del país, caracterizados por precipitaciones fluviales altamente intensas, teniendo como resultado la generación de la crecida de los ríos que provocan inundaciones, las cuales producen efectos desastrosos en la agricultura, en las vías de comunicación, en las zonas aledañas al cauce del río, en la infraestructura vial y el suelo, causando dificultades en suministro de productos y en su comercialización. No obstante, existen causas que no son adjudicadas a este fenómeno, sino más bien a procesos naturales atmosféricos o acciones antrópicas.

Según el Instituto Nacional de Defensa Civil (2015), existen aproximadamente 21 provincias del país que registran desbordes en el río a consecuencias de las intensas lluvias, por lo que recomienda usar defensas ribereñas con materiales flexibles y que sean de acuerdo con cada lugar de estudio. Para soportar los estragos de las lluvias cada región cuenta con un programa denominada reducción de Vulnerabilidad y Atención de Emergencias por Desastres.

En la década actual, puede observarse que se han producido diversas discrepancias entre la jurisdicción estatal y los ciudadanos de diferentes regiones del país, debido a las retribuciones presupuestales para el incremento de recursos hidráulicos, entre los casos más resaltantes tenemos: El caso de Lambayeque con Piura respecto de la derivación de las aguas del río Huancabamba; El cuestionamiento de Junín para la derivación de las aguas del río Mantaro hacia el Rímac; Similar situación se da entre Ica, Huancavelica y Ayacucho, objetando estos dos últimos el proyecto de derivación del río Pampas; El problema entre Tacna y Moquegua y Tacna por el agua de la zona alta; el caso entre Puno y Arequipa por afianzar sus recursos derivando las aguas del Lago Titicaca; Y más cercano a nosotros, el caso entre Ancash y La Libertad sobre el uso compartido del agua del río Santa (**La Torre, 1999**)

El **Ministerio de Agricultura (2013)** indica que, en la Libertad, desde años atrás la Gerencia Regional de Agricultura, mediante su órgano ejecutivo denominado PERPEC, ha ejecutado algunas obras de defensas ribereñas como protección de la infraestructura de riego, ubicadas en dichos sectores, todo esto en coordinación con los usuarios y las autoridades locales de riego, sin embargo, estas son escasas e insuficientes. **Álvaro & Enríquez (2014)** mencionan que dada la trascendencia que simboliza la cuenca del Río Chicama y su peligro de inundación a las localidades contiguas, se considera importante la realización de un estudio estructural e hidrológico, para determinar qué tipo de defensa implantar, indicar los materiales adecuados a utilizar, así como las especificaciones para su construcción, con la finalidad de dar solución de esta problemática, pues estas defensas tienen como fin la salvaguardia de las orillas contra los procesos de erosión de sus márgenes, ocasionada por la descomunal velocidad del agua, y el mantenimiento del curso de

los ríos. Por lo que, estas deben ser edificadas para soportar las circunstancias ambientales, las crecidas extravagantes y el deterioro, teniendo en cuenta la óptima utilización de materiales que posean propiedades de durabilidad e impermeabilidad a la intemperie, aislamiento térmico y resistencia al fuego. Asimismo, corresponde integrar estos materiales a los demás componentes a fin de suministrar estética a la edificación.

En el río Chicama, como todos los ríos de la costa peruana, transporta una gran cantidad de sedimentos, tanto por suspensión como por arrastre, presentando erosiones activas con grandes áreas de inundación. Las evaluaciones del peligro de inundaciones, basadas en mediciones directas, han determinado una superficie afectada perteneciente específicamente a las áreas irrigadas por los canales de derivación y que son las afectadas directamente por la erosión e inundación del río Chicama en este sector. En el cauce del río Chicama, las inundaciones catastróficas son ocasionadas por el desbordamiento de una avenida ordinaria o extraordinaria con gran capacidad para erosionar o sedimentar. En el valle Chicama se presentan estos desbordes de su cauce en los meses de lluvias, lo cual afecta a los pobladores y a los agricultores. (Álvaro & Henríquez, 2014).

Resulta significativo enfatizar que previamente a efectuar el diseño de defensas ribereñas, corresponde realizar una secuencia de estudios introductorios como el hidrológico, encaminado a establecer los caudales de diseño y apreciar hacia donde podría subir el nivel del agua y el alcance de esta, pudiendo precisar en qué trayecto se deben colocar las defensas, pues el río Chicama en estaciones de lluvia acrecienta su caudal de manera abrupta hasta 250% con respecto al caudal promedio 285.07 m³/s debido a las precipitaciones, las cuales suelen producir desbordamientos del río,

ocasionando daños a los pobladores que viven cerca de los márgenes del río. Igualmente, este escenario trae secuelas socio-económicas en la medida que perjudican centros de producción agrícola y estructuras viales, por esta razón, para preservarlas, resulta necesario la edificación de defensas ribereñas para controlar la crecida del río y con ello se reduzcan los riesgos de inundación para dar protección, especialmente en el tramo Puente San Polo – Baños Chimú (**Ministerio del ambiente, 2009**).

En un estudio realizado por el **INDECI (2014)** se establece que existen numerosas áreas urbanas y agrícolas en la ribera del río durante el trayecto del Río Chicama, haciendo vulnerable a un posible desborde de sus aguas ocasionando pérdidas humanas y materiales. El área a analizar en el presente informe es en el curso medio de la cuenca del río, ya que es ahí donde adquiere su verdadera capacidad hídrica y, por consiguiente, ya que sus aguas arriba se presentan zonas de elevada pendiente entonces el lugar está constantemente expuesto a los arrebatos de la naturaleza; lo que propicia a fenómenos como transportes sólidos. Debido a la falta de mantenimiento y seguimiento de las innumerables estructuras de protección construidas en todo su trayecto pues, han colapsado

En el pasado, a través del empleo de muros de defensa ubicados en algunos sectores en forma aislada y la ejecución de la limpieza del cauce, se ha controlado las inundaciones en el valle del río Chicama. En la actualidad se ha ocasionado cuantiosas pérdidas en la actividad económica, en la propiedad y grandes riesgos de pérdidas de vidas humanas, debido al discurrir por la margen izquierda del río frente y las más frecuentes avenidas del río que afectan las áreas de cultivo y la carretera. (**Muñoz & Torres, 2016**).

Además, debido al escaso o nulo mantenimiento de cauces y el incumplimiento de la normativa, se produce la excesiva y constante acumulación natural de sedimento del cauce del río Chicama (Colmatación) llegándose a incrementar ante la ocurrencia de eventos extremos; trayendo como consecuencia la reducción de las dimensiones naturales del cauce. Por otro lado, la invasión de la zona marginal (áreas agrícolas) y la tala forestal indiscriminada de la zona ribereña son producidas debido a la falta de protección de las cuencas medias y bajas generan, y las escasas acciones de reforestación y cobertura vegetal; por lo es necesario realizar construcciones que ayuden a encauzar los ríos cuando se presenten grandes avenidas, ya sea por derretimiento de los glaciares o por precipitaciones, o que sirvan de protección a las áreas aledañas o en las riberas de los ríos. **(Muñoz & Torres, 2016).**

En el tramo comprendido desde el Puente San Polo y Baños Chimú se observa los continuos daños por socavación e inundación provocados por las corrientes del Río Chicama y sus afluentes (Chuquillanqui y Huancay), generando grandes pérdidas económicas a los agricultores de la zona, con pérdidas de terrenos agrícolas y erosión de las infraestructuras de riego y vial existente, con la consiguiente interrupción del tráfico de carga y de pasajeros. **(Municipalidad de Gran Chimú, 2015).**

En ese sentido, se deben realizar defensas ribereñas permanentes y económicas, ya que la necesidad de protección ante el riesgo es muy alta en desbordes e inundaciones y peligro inminente ante la ocurrencia de dicho fenómeno. Por lo que, este proyecto de investigación buscará una de las mejores opciones para la reducir el impacto que ocasiona el flujo de los ríos en el tramo San polo – Baños Chimú del Sector del Río Chicama, puesto que será una alternativa que evitará la erosión y mantendrá una base

estable en la estructura de contención, además de ser económica, resistente, flexible y de rápida instalación.

1.2. Formulación del problema.

¿Cuál es el diseño estructural - hidráulico que se deben considerar para realizar la defensa ribereña del Rio Chicama, Tramo Puente San Polo – Baños Chimú, 2018?

1.3. Justificación.

El presente estudio se encuentra debidamente justificado, pues existe la necesidad de verificar los niveles de agua alcanzados bajo condiciones extremas de lluvias e indicar la importancia de los proyectos de defensa ribereña, es necesario en la presente investigación, modelar el comportamiento hidráulico del río Chicama en el tramo del Puente san Polo – Baños Chimú; dado que existen viviendas, población, propiedades de cultivo y carreteras afirmadas en riesgo por estar ubicadas en un área cercana a la ribera. En ese sentido, dado que la reubicación de los predios no es una opción manejable económicamente, se requiere de una protección eficiente contra las inundaciones y el control de la erosión fluvial dentro del área.

Por lo que se tiene como propósito el estudio del diseño Estructural - Hidráulico de defensa ribereña en tramos del río Chicama, con la finalidad de contrarrestar los fenómenos fluviales relacionados con la erosión de riberas y los tipos de control de erosión en defensas paralelas al eje del río con fines de brindar seguridad y estabilidad en el futuro cercano de la población, evitando destrucciones futuras.

- **Valor teórico**, se necesita mayores intentos teóricos y proyectos interesados en analizar el problema de la crecida del Rio Chicama, es decir las inundaciones producidas por las intensas lluvias, con ello lograr la implementación y articulación de diseños que permitan contrarrestar los problemas que se ocasionan. El cauce del

rio Chicama, se ha visto deteriorado por muy diversas razones, sumado a ello en las áreas periurbanas existen además otras razones para este deterioro, tales como la intensificación del uso agrícola de los terrenos adyacentes al cauce y la extracción de áridos. Por ello, se sugiere una intervención integral para ayudar a proteger el cauce del Río y otorgarle la importancia que merece, para que de ésta manera se evite la destrucción de esas zonas.

- **Relevancia social**, explora alternativas para llevar a cabo los trabajos sin conflictos con las comunidades y a menor costo, de este modo, para hacer viable un proyecto de Defensa Ribereña en el Río Chicama se requiere con carácter de urgente el apoyo de la población y de las entidades estatales. Asimismo, con la aplicación de estas estrategias se logrará un mayor cuidado y protección de las construcciones cerca del Río, así como de las zonas agrícolas aledañas.
- **Implicaciones Prácticas**, esta investigación pretende evitar implicancias catastróficas, ofreciendo seguridad y comodidad a la población, a través de estudios de ingeniería del proyecto; generando un cálculo óptimo del diseño hidráulico y estructural del río Chicama. Para que el río Chicama no continúe erosionando y desbordando la margen izquierda en dicho sector se debe realizar un correcto planteamiento hidráulico de defensa ribereña, diseñando de esta forma las estructuras definitivas para el encauzamiento.
- **Utilidad metodológica**; esta investigación fue realizada acorde con los procedimientos metodológicos de la investigación científica, los métodos y tipos de estudio, se utilizaron las técnicas e instrumentos apropiados para la recolección de datos, estos fueron confiables y válidos. Es así que estos procedimientos incluirán el planeamiento de interrogantes, objetivos e hipótesis, a fin de establecer un

conocimiento probable sobre el diseño hidráulico y estructural de defensa ribereña del Rio Chicama, se requiere de la suma de esfuerzos y propuestas integrales de solución como procedimientos que incluirán el planeamiento de interrogantes, objetivos e hipótesis. Dentro de este contexto, para alcanzar los paradigmas que aporten eficiente y efectivamente los marcos cognitivos, metodológicos y tecnológicos y que sirvan de base para el adecuado manejo de los recursos, el cuidado del medio ambiente y la sustentabilidad, las instituciones de educación superior tienen la obligación de promover el intercambio de opiniones entre los estudiosos de tal manera que se puedan.

1.4. Objetivos

1.4.1. Objetivo General

Proponer el diseño estructural - hidráulico que se debe considerar para realizar la defensa ribereña del Rio Chicama, Tramo Puente San Polo – Baños Chimú, 2018.

1.4.2. Objetivos Específicos

- Elaborar el análisis hidrológico del rio Chicama.
- Analizar la topografía y mecánica de Suelos del tramo Puente San Polo – Baños Chimú.
- Determinar los procesos de diseño de defensa ribereña con revestimiento de enrocado.
- Realizar una comparación técnica entre el uso de gaviones y geoceldas como estructuras de defensa ribereña
- Diseñar estructuras adecuadas: diques y enrocados, que permitan darle mayor seguridad al Tramo Puente San Polo – Baños Chimú.

1.5. Antecedentes

Flores, O. (2015). En su tesis: *Propuesta y análisis de diseño de defensas ribereñas en el río Ilave zona rural C.P. Santa Rosa de Huayllata-Ilave*; Para optar el Título Profesional de Ingeniero Civil. Universidad Nacional del Altiplano, Puno, Perú; señala que, tiene como objetivo elaborar un diseño de la infraestructura de defensas ribereñas, como una solución ante la constante crecida del río Ilave, ante el fenómeno natural llamado también inundación, pues se convierte en un desastre natural debido a la ausencia de obras de protección, como en el caso de las defensas ribereñas. Asimismo, indica que, las construcciones de defensas ribereñas suelen considerarse como infraestructura preventiva ante el riesgo de este desastre natural, por lo que, la planificación de estas defensas ayuda a prevenir las acciones destructivas y erosivas de los ríos dentro del área rural, como es el caso de C.P. Santa Rosa de Huayllata. Asimismo, indica que, la gestión del riesgo de desastres es una política de estado que prioriza y orienta las políticas de estimación y reducción del riesgo de desastres en concordancia con los objetivos del desarrollo nacional contemplados en los planes, políticas y proyectos de desarrollo de todos los niveles de gobierno, y que de este modo INDECI plantea que existen tres fases para la gestión del riesgo de desastres: prevención, respuesta y reconstrucción.

Concluye que es necesario la construcción de una defensa ribereña por el alto riesgo de inundaciones que existe en la zona, las pérdidas que estas producen son económicas por sus actividades de ganadería y agricultura, la de transporte por la obstrucción de caminos y trochas carrozables, en salud por las enfermedades y epidemias que estas producen y como consecuencia el atraso y desarrollo para el centro poblado de Santa Rosa de Huayllata. De este modo plantea la opción de

construcción de diques de tierra con enrocado de revestimiento por las características de Hidráulica fluvial del río Ilave, pues reúne las condiciones necesarias debido a que es la más apropiada comparada a la defensa ribereña de gaviones y muro de concreto, en un menor costo, materiales existentes en la zona, el mantenimiento que este implica y de ser el más común en zonas rurales.

Otiniano, D. & Cielo, J. (2016). En su tesis: Diseño Hidráulico y estructural de la defensa ribereña del río Nepeña, sector puente Huambacho –distrito de Nepeña – Santa-Ancash; Para optar el Título Profesional de Ingeniero Civil. Universidad Nacional del Santa, Chimbote, Perú; señala que, tiene como objetivo proporcionar protección a las áreas de cultivo y a la población del centro poblado la Huaca emplazadas a la margen derecha del río Nepeña, como también dar protección a la carretera Panamericana Norte, frente a las frecuentes avenidas del río. Refiere que, la infraestructura vial, tiene su recorrido perpendicular al cauce del Río Nepeña, el cual se expuesto ante los efectos erosivos, por el incremento del caudal del Río Nepeña especialmente ante el Fenómeno del Niño, debido a ello la infraestructura vial colapsó ocasionando una interrupción vial y ciudadana, ocasionando cuantiosas pérdidas en la actividad económica, la propiedad y pérdida de vidas humanas.

Asimismo, llevo a cabo evaluaciones hidráulicas, para los caudales de diseño de 88 y 122 m³ /s, con el empleo del programa Hec-Ras, versión 4.1.0., para un periodo de retorno de 500 y 1000 años, realizando un cálculo hidráulico y estructural de los diques de protección del río Nepeña en el sector puente Huambacho. Finalmente concluye en que, el tipo de flujo que trabajó, de acuerdo a la pendiente y la velocidad, determina que es subcrítico, supercrítico o mixto según los diferentes tramos evaluados, siendo que, el programa ofrece en el área de inundación según las

secciones, pudiéndose apreciar que se define en función de las áreas de flujo y la capacidad de conducción.

Álvaro, L, & Henríquez, F. (2016). *En su tesis: Diseño hidráulico y estructural de defensa ribereña del río Chicama tramo puente Punta Moreno – Pampas de Jagüey aplicando el programa River*; Para optar el Título Profesional de Ingeniero Civil. Universidad Privada Antenor Orrego, Trujillo, Perú; señala que, tiene objetivo dar seguridad y protección a las áreas de cultivo emplazadas a lo largo de la margen izquierda del río Chicama, así como proteger la carretera que discurre por la margen izquierda, frente a las cada vez más frecuentes avenidas del río, pues la construcción vial, recorre en paralelo el cauce del Río Chicama, encontrándose en peligro ante los efectos erosivos, debido al incremento del caudal del Río Chicama, lo que ocasionaría un colapso trayendo como consecuencia la interrupción del tráfico vehicular, tanto de pasajeros como de carga con el consecuente aislamiento de la población.

Por tal motivo establece una propuesta de diseño de defensa ribereña del río Chicama en el tramo Punta Moreno, pampas de Jagüey, siendo que, en el desarrollo de del informe hidrológico tomo en cuenta la información hidrométrica correspondiente a la estación de aforo denominado SALINAR – EL TAMBO. Asimismo, señala que, al utilizar el Programa River para encontrar el caudal de diseño, empleando el Método Estadístico concluye que Pearson III es el más apropiado, pues el caudal es de 1,134.84 m³/Seg. Asimismo, concluye en que, la defensa rivereña del río Chicama tramo Puente Punta Moreno – Pampas de Jagüey margen izquierda resulta ser ambientalmente viable, siempre que se cumplan las especificaciones técnicas y diseños contenidos en el expediente técnico y las prescripciones ambientales

planteadas en el Plan de Manejo Ambiental, el cual forma parte del presente Estudio de Impacto Ambiental.

Achic, J. (2004). En su tesis: *Diseño de defensa ribereña para la urbanización sol de Huampani – Margen Derecha del Rio Rímac*; Para optar el Título Profesional de Ingeniero Civil. Universidad Nacional de Ingeniería, Lima, Perú; indica que, no existen estructuras creadas por el hombre para las defensas, capaz de resistir los embates excepcionales de la naturaleza contra las estructuras y que el rio Rímac es uno de los ríos más importantes de nuestro litoral nace en las alturas de Ticlio y desemboca en las costas limeñas. En base a ello, determina que, a través de análisis estadísticos de caudales máximos anuales utilizando las pruebas del Chi cuadrado y la prueba de Bondad Kolmogorov Smimov, se logra una distribución más ajustada a la de tipo Log-normal.

Asimismo que, del análisis y cálculos establece que, la estructura más económica es la de los gaviones y la más cara el del tipo enrocado; concluyendo que, las estructuras de gaviones presentan una serie de ventajas debido a sus características con respecto a los demás, y que el ambiente o ecosistema que rodea las obras que se ejecutan en las riberas de los ríos y quebradas no se deben alterar, pues puede afirmar que las estructuras de gavión presentan un impacto muy positivo ya que, se obtienen a mediano plazo, lo que produce una gran vegetación que crece en los espacios de las cajas de los gaviones produciéndose un hermoso paisaje natural que no es superado por estructura alguna.

Díaz, D. (2014). En su tesis: *Evaluación del nivel hidráulico de la defensa ribereña de la quebrada Magllanal ante una máxima avenida en el sector oeste de la ciudad de Jaén- Cajamarca*; Para optar el Título Profesional de Ingeniero Civil. Universidad

Nacional de Cajamarca, Perú; refiere que, la defensa ribereña de la quebrada Magllanal, está compuesta por dos tipos de estructuras de concreto, muros de encauzamiento de 2,00 m de altura y badenes en la intercepción de las calles con un tirante hidráulico menor a 0,50 m, ello con la finalidad de mantener la transitabilidad peatonal y vehicular, también observó la interrupción de los muros por los accesos a las viviendas anexas a la defensa. En base a estas condiciones desfavorables su objetivo es evaluar el nivel hidráulico de la defensa ribereña de la quebrada Magllanal, ante una máxima avenida en el sector oeste de la ciudad de Jaén, empleando información pluviométrica recaudada del SENAMID e instituciones locales y un levantamiento topográfico del cauce de la quebrada y la defensa. Asimismo, menciona que, el procesamiento de los datos se realizó utilizando formulas empíricas, científicas y el uso de software (Hec-Ras, Civil 3D y Excel). En el estudio hidrológico obtuvo una máxima avenida de 33,43m³/s para un periodo de retorno de T=100 años determinando los máximos niveles hidráulicos de 1,52 m para los muros de defensa ribereña y de 1,25 m para los badenes. Finalmente, sus resultados indican que los muros son suficientes para defender ante una máxima avenida, pero los badenes por su bajo tirante y así como la interrupción de los muros por los accesos a las viviendas anexas a la defensa, son insuficientes y generan los puntos de desborde o salida de la quebrada ante la máxima avenida de diseño en el sector oeste Magllanal.

Navarro, R. & Rojas, M. (2016). En su tesis: *Estudio hidrológico, hidráulico y defensa ribereña del puente Monsefú – Eten*; Para optar el Título Profesional de Ingeniero Civil. Universidad Señor de Sipan, Lambayeque, Perú; señala que, desarrolla tres estudios principales en obras de protección y diseño de puentes

(Hidrología, Hidráulica y Defensa ribereña). Manifiesta que, la hidrología es la base de estos tres estudios y que al utilizar la información necesaria (satelital, hidrométrica, geológica) se ha logrado llegar a determinar las principales variables de estudio. En primer lugar, en cuanto a la proceso de datos hidrológicos, la información satelital ha sido la más determinante, ya que usaron dos herramientas del satélite TRMM (el algoritmo 3B42 y el TMI 2A12), la primera sus registros son en mm, y la segunda en mm/hr, es por ello que lograron identificar fácilmente los parámetros de estudio, sobre todo procesar datos no muy estimados, sino más bien, más fundamentados y por supuesto más reales, ya que, los datos satelitales son obtenidos de la NASA y de la JAXA, las dos potencias en información y administración espacial. En cuanto a la información hidrométrica esta se ha obtenido del PEOT y del ANA.

Finalmente se ha obtenido un caudal de diseño aplicando métodos estadísticos para periodos de retorno de 50 y 100 años; nuestro periodo de diseño es 50 años; es decir este sería el esperado en la avenida máxima del fenómeno extraordinario pluvial. Con dicho caudal se llevó a cabo la modelación en HEC-RAS para determinar de esta manera los principales datos que intervienen en el análisis de socavación y Defensa Ribereña.

Tito, Y. (2017). En su tesis: *Modelamiento hidráulico del rio Cañete sector puente Sosci - altura puente colgante (9 km), con fines de diseño de Defensas Ribereñas;* Para optar el Título Profesional de Ingeniero Agrícola. Universidad Nacional Agraria La Molina, Lima, Perú; menciona que, al identificar las áreas vulnerables a las inundaciones, específicamente en la zona comprendida desde el Puente Sosci hasta 9 km arriba, el puente Colgate en la localidad del Lunahuana - Cañete, a través del

modelamiento hidráulico se obtuvo la información para el diseño de defensas ribereñas en la zona de estudio del río Cañete utilizando la herramienta HEC-RAS, realizó el modelamiento hidráulico para una crecida extraordinaria con un periodo de retorno de 50 años. Asimismo, utilizó los datos hidrométricos provenientes de la estación hidrométrica de Socsi, cuyos años de registro abarcan desde el año 1960 hasta el año 2010, los cuales fueron ajustados con funciones de distribuciones probabilísticas Log-Normal, Log-Pearson III y Gumbel. Indica además que, la geometría del río fue trabajada a partir de los planos topográficos a curvas de nivel de 1 metro de separación, sino que se definió a través del HEC-GeoRAS y las características hidráulicas del río a través del HEC-RAS. Al realizar un estudio de mecánica de suelos, para la determinación del ángulo de fricción interna, utilizó la ecuación de Meyerhof, procediendo a aplicar el método Altunin para encauzamiento, teniendo en cuenta la pendiente del río. Luego realizó los cálculos hidráulicos y el diseño de la defensa ribereña.

Finalmente indica que, de los resultados, el método Gumbel es el más adecuado según el método gráfico, siendo que, el caudal en un periodo de retorno de 50 años será de 757.53 m³/s, determinando la capacidad portante del suelo de 1.75 kg/cm² y su profundidad de socavación de 2 m; de esta manera el método de encauzamiento de Altunin determinó un ancho de 80 metros, la altura de muro 4 metros y finalmente el análisis de estabilidad cumplió para el diseño propuesto.

Hernández, J (2016). En su tesis: *Estudio de encauzamiento y defensas ribereñas en el río Chancay-Lambayeque sector centro poblado Rinconazo- Tuman*; Para optar el Título Profesional de Ingeniero Agrícola. Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo, Lambayeque, Perú; señala que, teniendo en cuenta las características del río Chancay

en la parte media a baja del valle, de año en año sus riberas vienen siendo afectadas por las grandes descargas, provocando la realización de tareas de rehabilitación para garantizar la protección de las áreas agrícolas y asentamientos poblacionales colindantes a través del Ministerio de Agricultura dentro del Programa de Encauzamiento de Ríos y Protección de Estructuras de Captación (PERPEC) y Programa de Prevención de Desastres por el Fenómeno El Niño, ejecutando obras de defensas ribereñas y protección de estructuras de captación. Asimismo, indica que, desde el punto de vista hidrológico, el método de Gumbel y de Pearson III son los que más se ajustan a la información hidrométrica, habiéndose obtenido un caudal promedio de diseño de 600 m³/s, siendo que la capacidad admisible del terreno encontrada es de 1.77 kg/cm².

En lo que corresponde a las características hidráulicas obtuvo una pendiente de diseño del río uniforme de 1.95‰, que es una pendiente suave y permite la probabilidad de que el río varíe de curso en su recorrido hacia la margen derecha donde se ubica la zona del centro poblado y áreas agrícolas con cultivos de caña de azúcar. Por esta razón, se ha optado la defensa ribereña de muro longitudinal con enchapado de roca en su talud interior. El cauce del río en la zona de estudio es sinuoso y su ancho está colmatado de sedimentos, gravas y vegetación arbórea, por lo que se hace necesario su atención de limpieza, encauzamiento y colocación de defensas ribereñas, teniendo en cuenta como diseño un ancho de cauce de 60 m.

Aguilar, J. (2016). En su tesis: *Comparación Técnica entre el Uso de Gaviones y Geoceldas como Estructuras de Defensa Ribereña*; Para optar el Título Profesional de Ingeniero Agrícola. Pontificia Universidad Católica del Perú, Lima, Perú; se fijó como objetivo principal la identificación de parámetros para comparar el

comportamiento de los sistemas de revestimiento contra la erosión más adecuado para el proyecto de defensa ribereña del río Zarumilla, aplicando la metodología de la investigación es cuantitativo, se basa en una realidad contextualizada, siguiendo un proceso no experimental y los resultados se basaron en datos estadísticos medidos en investigaciones anteriores, obteniendo como resultado las condiciones y dimensionamiento de la sección propuesta del proyecto de defensas ribereñas obteniendo un esfuerzo de arrastre crítico para colchones de 15.3 kg/m² y para las geoceldas 37.31 kg/m², se fijó como conclusión el determinar tras la comparación que las geoceldas con relleno de concreto es el sistema de protección más adecuado para el río Zarumilla es el revestimiento con geoceldas. Mediante el análisis de resistencia a la erosión y durabilidad demostraron que el recubrimiento favorable para la velocidad de arrastre y las fuerzas de arrastre es la geocelda con relleno de concreto, finalmente recomienda que se debe considerar las condiciones de mantenimiento que tendrá la estructura durante su vida útil y a su vez que todas las secciones se deben diseñar con un solo revestimiento.

Quispe, J. (2016). *En su tesis: Diseño de defensa ribereña para la central Chimay – Río Tulumayo*; Para optar el Título Profesional de Ingeniero Agrícola. Universidad Nacional de Ingeniería, Lima, Perú; se fijó como objetivo principal es presentar un análisis de las variables que determinan la estructura de protección, aplicando la metodología de la investigación es cuantitativo, se basa en una realidad contextualizada, siguiendo un proceso no experimental y los resultados se basaron en datos estadísticos medidos en investigaciones anteriores, obteniendo como resultado del análisis de las dos defensas expuestas se determinó que los gaviones son más rentables puesto que resulta ser un 67% en costo del precio del enrocado.

Pero a su vez propone la estructura de protección de encorado con concreto ya que por las características del río que se determinó por el arrastre y la sedimentación que transporta por ello es el más adecuado para la protección de la zona, se fijó como conclusión que no se halló las fuerzas erosivas, hallando así $Q_{100\text{días}} = 1433 \text{ m}^3/\text{s}$ la altura del talón es de 2.50 m., finalmente recomienda que se realice un nuevo levantamiento topográfico para evitar variar la pendiente del cauce para que así no produzcas variaciones en el flujo y producto de esto la estructura a construir tenga una mayor socavación que la sobreestimada.

1.6. Bases Teóricas

1.6.1. Diseño estructural – hidráulico

1.6.1.1. Río

Es un torrente de agua donde fluye la corriente del agua dentro de un cauce. Desemboca en el océano, lago o en otro río en el cual se denomina afluente, además posee un caudal determinado. La desembocadura es la parte final de un río (*Rocha, 1998*).

1.6.1.2. Ciclo Hidrológico.

Linsley et. al. (1986) indica que, el ciclo hidrológico comienza cuando el agua de los océanos se evapora, bajo condiciones adecuadas, el vapor resultante es transportado por aire y se condensa hasta llegar a formar las nubes, donde a su vez pueden transformarse en lluvias.

En la naturaleza, el agua se presenta en los tres estados de la materia (sólido, líquido y gaseoso). A través de los procesos de evaporación/condensación, fusión/congelación y sublimación, las moléculas de agua pueden pasar de un estado a otro. Para ello, el movimiento de las moléculas

es constante; por otro lado, de su energía relacionada con la temperatura resultará la velocidad de su movimiento. *Linsley et. al. (1986)*

Esta energía se libera a la atmósfera cuando el agua se condensa. El intercambio energético de 80 cal/g (calor latente de fusión) es debido a los procesos de fusión/condensación. En los diferentes componentes del sistema climático, el tiempo de residencia del agua varía, ya sea desde unos diez días para la atmósfera a cientos o miles de años para los océanos o los hielos polares. *Linsley et. al. (1986)*

Chereque (1980) cuando el agua experimenta un conjunto de cambios en su naturaleza, tanto en su estado (sólido, líquido y gaseoso) como en su forma (agua superficial, agua subterránea, etc.); se le denomina ciclo hidrológico.

1.6.1.3. Cuenca hidrográfica

Según Villón (2002) Cuando las aguas caídas por precipitación llegan a un área de terreno y se unen para formar un solo curso de agua, se denomina cuenca de drenaje de una corriente. Para cada punto de su recorrido, cada curso de agua tiene una cuenca bien definida.

Según Reyes (1992) el contorno limita el drenaje de un cauce o cuenca hidrográfica, donde el agua del interior es recogida y concentrada para la entrega del dren mayor.

Según Vásquez (1997) es la unidad de territorio o área natural, delimitada por una divisoria topográfica (Divortium Acuarium), que drena el agua de escorrentía captada de la precipitación hasta llegar al río principal o colector común.

Una cuenca hidrográfica, se trata de un único sistema de drenaje natural desagua sobre un territorio, es decir, que a través de un único río sus aguas dan al mar, o a un único lago endorreico (*Klaus, 2010*).

Velarde (2012) determina que, una cuenca hidrológica incluye las aguas subterráneas (acuíferos), mientras que una cuenca hidrográfica refiere exclusivamente a las aguas superficiales).

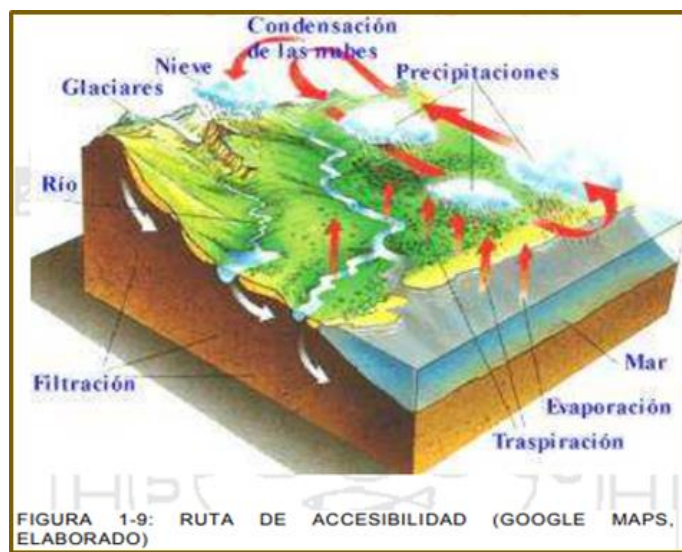


Figura 1: Ciclo Hidrológico
Fuente: Atmospheric science

a. Elementos de una cuenca hidrográfica

– La divisoria de aguas o *divortium aquarum*.

Consiste cuando la cuenca hidrográfica es delimitada por una línea. Marca el límite entre las cuencas vecinas y la cuenca hidrográfica. De cada lado de la divisoria, el agua captada de la precipitación desemboca en ríos o afluentes distintos. Esta línea es también denominada parteaguas (*Velarde, 2012*).

El *divortium aquarum* o línea divisoria de vertientes, es la línea que persigue los elevados puntos del interfluvio que divide a dos o más cuencas vecinas.

Son las líneas que delimitan y separan las precipitaciones captadas en cuencas vecinas. Existen dos tipos de divisorias, la freática o subterránea y la topográfica o superficial (*Monsalve, 1995*).

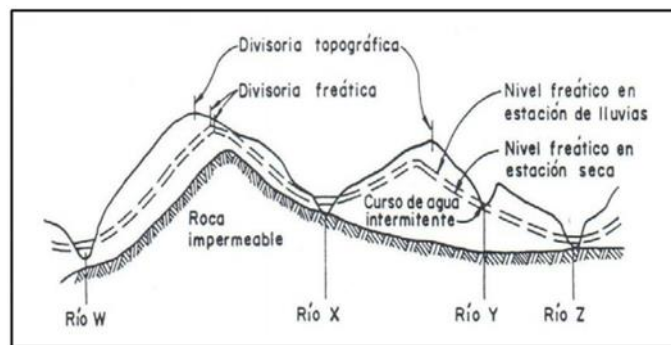


Figura 2: Líneas Divisorias de Agua

Fuente: Hidrología de la ingeniería, por Monsalve (1995)

– El Río Principal

Velarde (2012) afirma que, aquel río que se caracterice por tener el curso con mayor caudal de agua (medio o máximo) o con mayor longitud o mayor área de drenaje, será denominado el río principal; pero existen notables excepciones como el río Misisipi o el río Miño en España. Sin embargo, son arbitrarios los conceptos de río principal como el de nacimiento del río, como también es arbitraria la diferencia entre afluente y río principal. Sin embargo, unos ríos principales bien definidos desde la desembocadura hasta la divisoria de aguas tienen la gran parte de las cuencas de drenaje, bien sea la divisoria de cuencas

o la divisoria de vertientes. El río principal tiene un curso, que es la distancia entre su desembocadura y su nacimiento.

Se distinguen tres partes en el transcurso de un río:

- **Curso superior**, se ubica en lo más elevado del relieve; donde, a pesar del menor caudal, es mayor la erosión producida por las aguas del río debido a su mayor pendiente. Cuando hablamos de un torrente de montaña nos referimos al término cuenca de recepción.
- **Curso medio**, en donde el río ensancha el valle, pero disminuye su pendiente, aminorando la velocidad del caudal y aumentando la formación de aluviones o sedimentación.
- **Curso inferior**, situado en las partes más bajas de la cuenca. Allí, la fuerza erosiva del caudal del río se va perdiendo (prácticamente se anula), formando las llanuras aluviales originados por la sedimentación de los materiales sólidos que lleva.

– **Afluentes**

Son los ríos secundarios que irrigan sus aguas en el río principal. Cada afluente tiene sus sub-afluentes, es decir, su propia cuenca.

– **Relieve de la cuenca**

Constituido por valles principales y secundarios, con la red fluvial que conforma una cuenca y las diversas formas de relieve mayores y menores. Formado por las montañas y sus flancos; por las quebradas o torrentes, valles y mesetas.

- Las obras humanas.

Llamadas también intervenciones antropogénicas, son obras construidas por los humanos como viviendas, ciudades, campos de cultivo, obras para riego, energía y vías de comunicación, que se observan en la cuenca. Esta intervención es siempre el causante de muchos desastres dentro de la cuenca, debido a la sobreexplotación de la cuenca quitándole recursos o desnudándola de vegetación y trayendo inundaciones en las partes bajas. Sin embargo, eso no es todo, ya que el mayor de los males es la construcción de viviendas, urbanizaciones y poblaciones enteras en zonas inundables, sobre todo, en las llanuras aluviales de las cuencas de muchos ríos.

Pero, debemos rescatar que existen obras muy positivas realizadas por los seres humanos a efectos de minimizar o eliminar las consecuencias destructivas de las crecidas e inundaciones, con respecto a la conservación y mejoramiento de las cuencas hidrográficas; por ejemplo, del Plan Sur en el río Turia, a raíz de las inundaciones de Valencia de 1957; como también los numerosos embalses de propósitos múltiples de numerosos ríos (siendo uno de esos propósitos la regulación del caudal). Muchas veces es suficiente la construcción de un solo embalse en un río pequeño para regularizar su caudal y limitar las crecidas y los daños que pueden producirse.

b. Partes de una cuenca

- **La cuenca alta** está delimitada en su parte superior por líneas divisorias de aguas ubicadas en las áreas montañosas o cabeceras de los cerros.

Aquí, los procesos fluviales que prevalecen son erosivos, las pendientes resultan elevadas y los valles estrechos. (Carrie, 2010).

- **La cuenca media** se caracteriza porque el cauce principal mantiene un curso más regular. Los procesos erosivos son más moderados y la pendiente menos abrupta que la anterior. En ella desembocan cauces menores. (Carrie, 2010).
- **La cuenca baja** aquí sucede un cambio abrupto de pendiente y se ubica en la zona baja. El trazado del curso es divagante o sinuoso. Aquí se evidencia el proceso de sedimentación (Carrie, 2010).

Al desagregar un relieve, que está relacionado a un río, en tramos, podemos identificar la disponibilidad, funcionalidad y el comportamiento del recurso agua en su trayecto como parte de la cuenca.

– Teoría de cuenca

Según Monsalve (1995), la cuenca es el área definida topográficamente, drenada por un sistema conectado de cursos de agua o un solo curso de agua, donde el caudal efluente es descargado a través de una salida. Una cuenca puede definirse de dos modos. El primero: es una superficie plana que concentra toda la precipitación convirtiéndose en el caudal y pasando a descargarse en un solo punto y, la segunda definición corresponde a un modelo práctico, usado para realizar el balance hídrico ya que involucra los fenómenos de precipitación, escorrentía, evaporación, evapotranspiración, infiltración, entre otros.

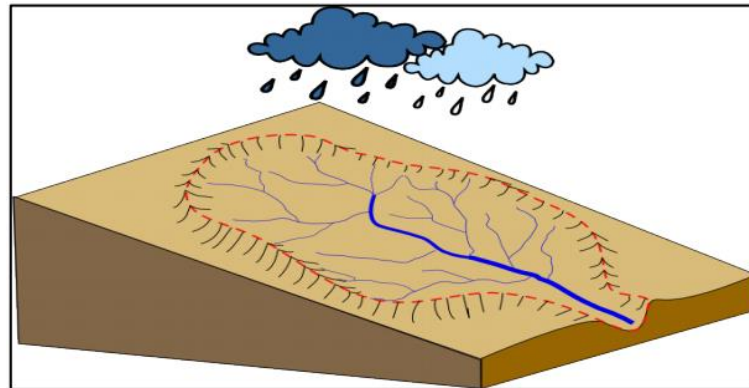


Figura 3: Precipitaciones

Fuente: Hidrología en la ingeniería, por Monsalve (1995)

- **Área de drenaje (a):**

Es la superficie en Km² (proyección horizontal) que delimitan las divisorias topográficas (Monsalve, 1995).

- **Factor de forma de la Cuenca:**

Es la relación entre la longitud promedio del cauce principal y el ancho medio de la cuenca. El ancho medio se obtiene dividiendo el área de la cuenca por la longitud del cauce principal (Monsalve, 1995).

- **Índice de Gravelius o coeficiente de Compacidad (K_C):**

Se define a la relación entre el perímetro de la cuenca y la longitud de la circunferencia de un círculo de área igual a la de la cuenca (Monsalve, 1995).

$$K_C = 0.282 \frac{\text{Perímetro Cuenca}}{\sqrt{\text{Área de la Cuenca}}}$$

- **Orden de las Corrientes de Agua:**

Refleja el grado de ramificación o bifurcación dentro de una cuenca. (Monsalve, 1995).

- **Densidad de Drenaje (DD):**

Es la relación entre la longitud total de los cursos de agua de la cuenca y su área total (*Monsalve, 1995*).

c. Tipos de cuencas

Según Álvaro, et. al. (2014) presenta tres tipos de cuencas hidrográficas:

- **Exorreicas:** Cuando sus aguas desembocan en mares u océanos.
- **Endorreicas:** Cuando sus aguas desembocan siempre dentro del continente, en lagos o lagunas.
- **Arreicas:** Cuando sus aguas se filtran en el terreno o se evaporan. Pertenecen a este tipo de cuencas los arroyos, aguadas y cañadones de la meseta central patagónica, ya que no desaguan en ningún río u otro cuerpo hidrográfico de importancia.

– **Precipitaciones:**

Llamado también hidrometeoro, es el resultado de la condensación del vapor atmosférico ya sea en la superficie de la tierra o en el aire. Aquellos hidrometeoros que caen en forma de llovizna, lluvia, nieve granizo u otro son considerados como precipitación. (*Breña, 2015*).

– **Evapotranspiración**

Monsalve (1995) señala que, para el balance hídrico, la evapotranspiración es el considera el efecto del intercambio de agua (respiración y transpiración) de los seres vivos, principalmente las plantas, de una manera directa.

La evapotranspiración es el proceso de transferencia de agua a la atmósfera tanto por evaporación directa a partir del suelo como por acción de las plantas. (*Monsalve, 1995*).

La selección y aplicación de uno u otro método para estimar la evapotranspiración está en función directa de la disponibilidad de recursos, información meteorológica y urgencia de la información.

– **Balance hídrico**

Se deriva del concepto de balance de materia la definición de balance hídrico, ya que, es el equilibrio entre todos los recursos hídricos que integran a un sistema y los que emergen del mismo, en un momento de lapso. (*Monsalve, 1995*).

– **Caudal de máximas avenidas y análisis de frecuencias hidrológicas.**

El tiempo de ocurrencia o magnitud no pueden predecirse la planeación y el diseño se refieren a sucesos pendientes. Con la cual un explícito caudal o solidez de flujo puede ser igualado o excedido Se debe apelar a la investigación de la posibilidad o espacio. La selección del nivel de posibilidad conveniente para un boceto, es decir, Las condiciones económicas y políticas obedece al compromiso que se cree aceptable, ya que el dilema de plantear frente al inferior suceso viable que pueda ocurrir, es habitualmente tan costosa que se puede demostrar simplemente por las derivaciones de una falla peligrosas. (*Linsley, 1975*).

Linsley (1975) expresa que, se debe comenzar con una serie de datos significativos, precisos y adecuados, para que un análisis probabilístico produzca resultados confiables y útiles.

1.6.1.4. Diseño hidráulico de canales

a. Definición de canales

Son las vías o conductos abiertos donde fluye el agua sin ninguna presión y debido a la acción de la gravedad, debido al contacto directo de la superficie libre del líquido con la atmósfera (Pérez, 2017).

Los conductos son abiertos porque van a cielo abierto, es decir aquellos que por lo general se excavan a media ladera y el material excavado de ser posible se utiliza en el relleno del labio inferior. Los canales son los conductos abiertos que fluyen bajo la acción de la gravedad, o por conductos cerrados que fluyen parcialmente llenos como los túneles, y otros conductos cerrados como las tuberías (Pérez, 2017).

b. Clasificación de canales

Pérez (2017) menciona que, los canales se clasifican según:

La función que cumplen en los sistemas en:

- Canal de derivación: Desde la toma hasta el punto inicial de reparto de las aguas, el canal conduce el agua.
- Canales laterales: Conduce el agua a las áreas de riego y finalmente a las parcelas.

De acuerdo a su origen:

- Naturales: Como consecuencia del escurrimiento de la lluvia existen en forma natural
- Artificiales: El hombre mismo las construye.

c. Trazo del canal

- Criterios para el trazado

Según Pérez, (2017): El trazo de canales, de acuerdo a las especificaciones técnicas, es una actividad que se realiza después que se ha construido la plataforma; siendo estas especificaciones las siguientes:

- Conseguir la mayor eficiencia y seguridad de las obras con el menor costo.
- Trazar la base inferior y superior del canal, teniendo en cuenta si va ser o no revestido.
- Trazo del eje del canal: tramo recto y curvo.
- Verificar las características geométricas del canal en recta y curva.
- Replantear las medidas trazadas con las especificaciones.
- El sitio de la iniciación de la utilización del agua, comienza en la zona de riego, etc. Se establece y desde allí se traza la línea de gradiente hacia el río para determinar la ubicación de las obras de toma.

- Criterios de diseño bocatoma

Las obras de Bocatoma para canales son dispositivos hidráulicos construidos en la cabecera de un canal de riego, cuya finalidad es regular y derivar el agua procedente del canal principal, a los laterales o de éstos a los sublaterales y de éstos últimos a los ramales. Sirven también para medir la cantidad de agua que circula por ellas. Éstas tomas se diseñan dobles, es decir, se utilizan dos baterías de compuerta para obtener una medición exacta del caudal a derivar; la primera denominada compuerta de orificio y la segunda compuerta de toma y entre ellas un espacio que actúa como cámara de regulación (Villón, 2005).

- Criterios de diseño de desarenador

Debido a que todo tipo de material del tipo sólido daña las obras hidráulicas de conducción, tal es el caso de los canales, el desarenador es la obra hidráulica encargada, sustancialmente, en separar o decantar todo tipo de material con composición sólida que se deriva hacia un canal. (Villón, 2005).

Se debe tener en cuenta que el costo anual de mantenimiento aumenta y se produce molestas interrupciones en el servicio del canal, cuando el material sólido va depositándose en el fondo de los canales disminuyendo su sección. (Villón, 2005).

Por lo tanto, si los canales sirven a plantas hidroeléctricas, la arena arrastrada por el agua pasa a las turbinas desgastándolas tanto más rápidamente cuanto mayor es la velocidad. Resultando una disminución del rendimiento, exigiendo a la vez reposiciones frecuentes y costosas (Villon, 2005).

- Desarenadores de lavado intermitente

Es la operación de lavado que se procura realizar en el menor tiempo posible, con la finalidad de reducir al mínimo las pérdidas de agua.

- Fases del desarenamiento:

Fase de sedimentación - Fase de purga (evacuación).

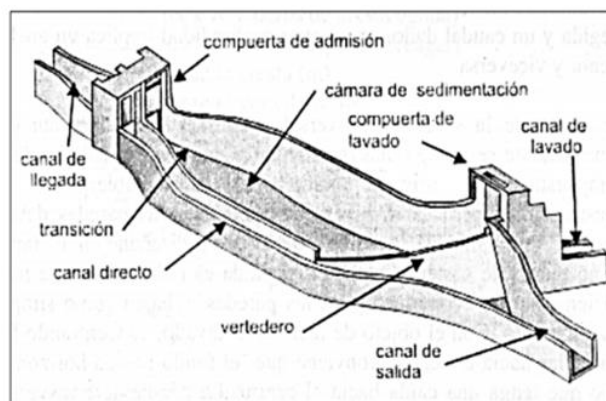


Figura 4: Fase de Purga

Fuente: Obras hidráulicas, por Villón (2005)

- Elementos de un desarenador

El desarenador se compone de los siguientes elementos:

Transición de entrada: es la unión del canal con el desarenador.

Cámara de sedimentación: debido a la disminución de la velocidad producida por el aumento de la sección transversal, las partículas sólidas caen al fondo.

Generalmente, para la forma de la sección transversal se escoge una rectangular o una trapezoidal. La primera simplifica considerablemente la construcción, pero es relativamente cara porque se diseñan como muros de sostenimiento para soportar la presión de la tierra exterior. La segunda es hidráulicamente más eficiente y más económica ya que las paredes trabajan como simple revestimiento. Para facilitar el lavado, conviene que el fondo no sea horizontal, sino que tenga una caída hacia el centro, concentrando las partículas hacia el centro. (Villón, 2005).

- Criterios de diseño de rápida

Son estructuras utilizadas para enlazar dos tramos de un canal donde existe un desnivel considerable en una longitud relativamente corta. De acuerdo a un estudio económico comparativo es que se toma la decisión entre la utilización de una rápida y una serie de caídas escalonadas (Villón, 2007).

Elementos de una Rápida

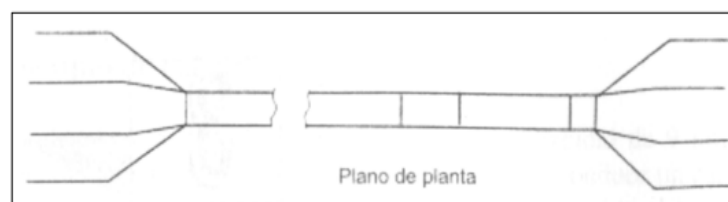


Figura 5: Plano de Planta

Fuente: hidráulica de canales, por Villón (2005)

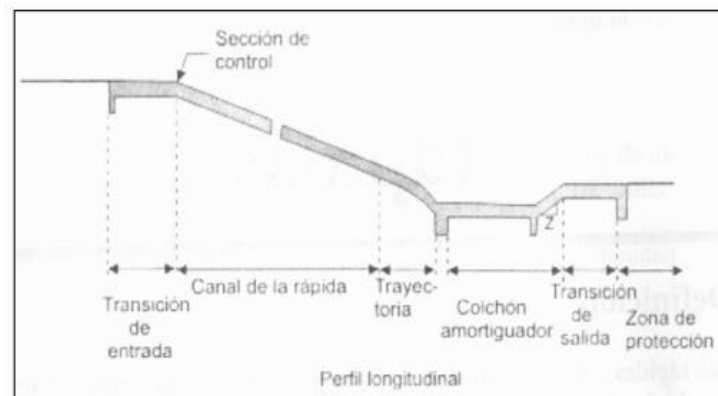


Figura 6: Canal de la rápida

Fuente: hidráulica de canales, por Villón (2005)

- **Transición de entrada:** A través de un estrechamiento progresivo, une la sección del canal superior con la sección de control.
- **Sección de control:** es la sección correspondiente al punto donde se mantienen las condiciones críticas y comienza la pendiente fuerte de la rápida. El tipo de flujo que se establece es el flujo supercrítico, ya que en la rápida generalmente se mantiene una pendiente mayor que la necesaria para mantener el régimen crítico.
- **Canal de la rápida:** es la sección ubicada entre la sección de control y el principio de la trayectoria. Generalmente esta sección puede ser rectangular o trapezoidal y, puede tener una o varias pendientes de acuerdo a la configuración del terreno.
- **Trayectoria:** es la curva vertical parabólica que une el plano inclinado del principio del colchón amortiguador con la última pendiente de la rápida con. No deben producirse vacíos, para ello debe diseñarse de modo que la corriente de agua permanezca en contacto con el fondo del canal. No habrá presión del agua sobre el fondo y el espacio ocupado por el aire aumentará

limitándose así la capacidad de conducción del canal, si la trayectoria se calcula con el valor de la aceleración de la gravedad como componente vertical; por lo que se acostumbra usar como componente vertical un valor inferior a la aceleración de la gravedad o incrementar el valor de la velocidad para que la lámina de agua se adhiera al fondo del canal.

- **Tanque amortiguador:** poza de disipación o colchón disipador: es la depresión de profundidad y longitud suficiente diseñada con el objetivo de, mediante la producción del resalto hidráulico, y contener este resalto hidráulico dentro de la poza, absorber parte de la energía cinética generada en la rápida. Se ubica en el extremo inferior de la trayectoria.
- **Transición de salida:** su objetivo es unir el canal aguas abajo con la poza de disipación.
- **Zona de protección:** Se puede revestir con mampostería para proteger el canal sobre todo si es en tierra.

d. Consideraciones hidráulicas

Las tomas se instalan normales al canal alimentador cuando éstos son secundarios o terciarios de una red de riego, lo que facilita la construcción de la estructura. Generalmente se utilizan compuertas cuadradas que se acoplan a una tubería. Las dimensiones de las compuertas son iguales al diámetro de la tubería y, dependiendo del caso específico, tendrá una longitud variable, por ejemplo, cuando la toma tenga que atravesar una carretera o cualquier otra estructura, se puede fijar una longitud de 5 m para permitir un sobre ancho de la berma del canal en el sitio de toma por razones de operación. (Villón, 2005).

e. Consideraciones de diseño

La parte de la entrada de la estructura transiciona el flujo desde el canal aguas arriba de la estructura hacia el tramo inclinado. Está diseñada para prevenir la formación de ondas, ya que un cambio brusco de sección sea convergente o divergente, puede producir ondas que podrían causar perturbaciones. La sección de control, es el punto donde se inicia la rápida y es regulada por dos razones: Prevenir el descenso del nivel de agua y, por consiguiente, prevenir el incremento de erosión aguas arriba de la sección de control. (*Villón, 2005*).

La sección de control puede ser: una sección donde se produzca flujo crítico, un vertedero de cresta ancha sin contracción o, un vertedero de cresta aguda sin contracción. Su es usualmente la misma que el ancho del colchón disipador. La entrada usada deberá ser simétrica respecto al eje de la rápida, permitir el paso de la capacidad total del canal aguas arriba hacia la rápida con el tirante normal de aguas arriba, y donde sea requerido, permitir la evacuación de las aguas del canal cuando la operación de la rápida sea suspendida.

Las pérdidas de carga a través de la entrada deberían ser calculadas y usadas en la determinación del nivel de energía en el inicio del tramo inclinado. El tramo inclinado es la sección comprendida entre la sección de control y el principio de la trayectoria, puede ser un tubo o una sección abierta. De acuerdo a la configuración del terreno puede tener una o varias pendientes. La sección usual para una rápida abierta es rectangular, cuando sea necesario incrementar la resistencia del tramo inclinado al

deslizamiento, se usan dentellones para mantener la estructura dentro de la cimentación.

Los Métodos de Tramos Fijos u otros métodos que permitan determinar el perfil de flujo, pueden calcular los tirantes en los diferentes tramos de la rápida.

Para rápidas menores de 9m de longitud, la fricción en la rápida puede ser despreciable. La altura de los muros en el tramo inclinado de sección abierta será igual al máximo tirante calculado en la sección, más un borde libre, o a 0.4 veces el tirante crítico en el tramo inclinado, más el borde libre cualquiera que sea mayor. El borde libre mínimo recomendado para tramos inclinados de rápidas en canales abiertos (hasta 2.8 m/s) es 0.30 m. El tirante y el borde libre son medidos perpendicularmente al piso del tramo inclinado. En velocidades mayores que 9 m/seg, el agua puede incrementar su volumen, debido al aire incorporado que está siendo conducido. El borde libre recomendado para los muros resultará de suficiente altura para contener este volumen adicional.

1.6.2. Defensa ribereña

1.6.2.1. Definición

Las defensas ribereñas son estructuras construidas para proteger las áreas aledañas de las crecidas de los ríos (Álvaro, 2014).

Para proteger algunas poblaciones y las vías de comunicación, estas obras se ubican en puntos localizados. Se debe analizar bien antes de construir las obras, ya que éstas pueden ser efectivas para el área

particular que se va a defender, pero cambian el régimen natural del flujo y tienen efectos sobre áreas aledañas. (Villon, 2014).

Tanto los medios estructurales como los no estructurales están incluidas en la protección contra las inundaciones y reducción de riesgos (Álvaro, 2014).

1.6.2.2. Clasificación de los tipos de defensa:

Los de tipo flexible y los de tipo rígido, en relación al tipo de obra que se ha seleccionado.

a. Obras de tipo flexible:

Quando los suelos ofrecen serias deformaciones:

a.1. Muros de Gaviones

Son paralelepípedos rectangulares elaborados a base de un tejido de alambre de acero, que llevan procesos de protección como la galvanización y la plastificación. (Vásquez, et. al. 2011).

Son colocados a pie de obra desarmados y luego de piedra de canto rodado o piedra chancada con determinado tamaño y peso específico, este material permite emplear sistemas constructivos sencillos, flexibles, versátiles, económicos y que puedan integrarse extremadamente valida desde el punto de vista técnico para construir muros de contención en cualquier ambiente, clima y estación. A menudo las piedras para el relleno se encuentran en las cercanías, por lo que no es necesario mano de obra especializada o medio mecánicos particulares, por ello se caracteriza de ser eficiente. Sin perder la resistencia, tiene la

ventaja de tolerar grandes deformaciones. Esta disposición forma una malla de abertura hexagonal unida por triple torsión para formar un espacio rellenable de manera que cualquier rotura puntual del alambre no despeja la malla. El enrejado hace que las piedras se deslicen entre la misma y el terreno, que queden sujetas sin deslizarse, impidiendo una caída brusca. (Vásquez, et. al. 2011).

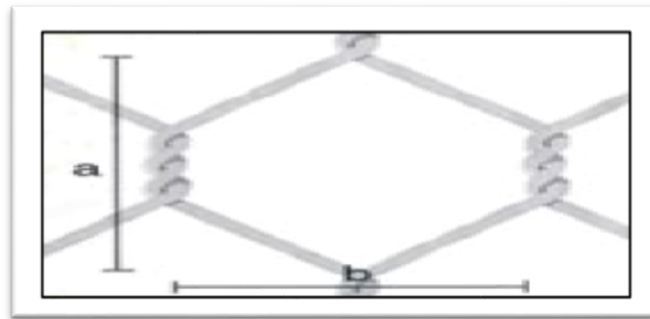


Figura 7: Abertura Hexagonal del alambre
Fuente: Hidrología, por Velásquez et. al. (2011)

a.2. Tipos de gaviones:

- **Gavión tipo caja** Son paralelepípedos regulares de dimensiones variadas, pero con altura de 1.0 m a 0.50 m; para ser rellenos en obra con piedra de dureza y peso apropiado, están conformados por una malla metálica tejida a doble torsión.

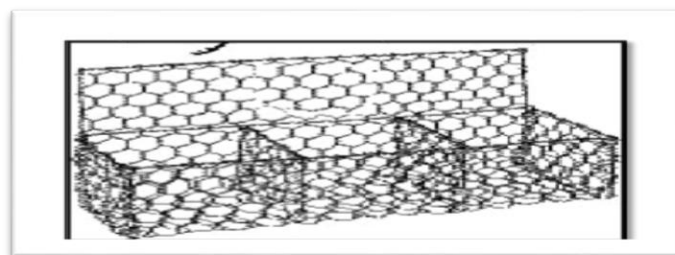


Figura 8: Gavión tipo Caja
Fuente: Hidrología, por Velásquez et. al. (2011)

- **Gavión tipo colchón:** Son aquellos cuya altura fluctúa entre 0.17 m – 0.30 m y de áreas variables. Para ser utilizados como revestimiento anti erosivo, antisocavante para uso hidráulico y como base – zócalo (Mejorador de capacidad portante) en la conformación de muros y taludes, se construyen en forma aplanada. Deben tener características que les permitan resistir las exigencias físicas y mecánicas como son el impacto, la tracción y la abrasión; ya que los colchones están generalmente ubicados en contacto con el agua, con sólidos que arrastran los ríos y sedimentos en general.

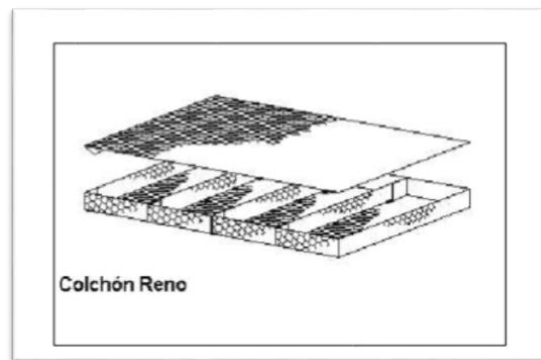


Figura 9: Gavión Colchón de Reno

Fuente: Hidrología, por Velásquez et. al. (2011)

- **Gavión tipo saco:** Sus dimensiones son variables por tener la forma cilíndrica, ya que se conforman para obras de emergencia o de aplicación en lugares de difícil. Se arman fuera de la obra y se depositan en su lugar mediante el uso de maquinaria de izaje. A través de los bordes libres se inserta en las mallas un alambre más grueso para reforzar las extremidades y permitir el ensamblaje del elemento.

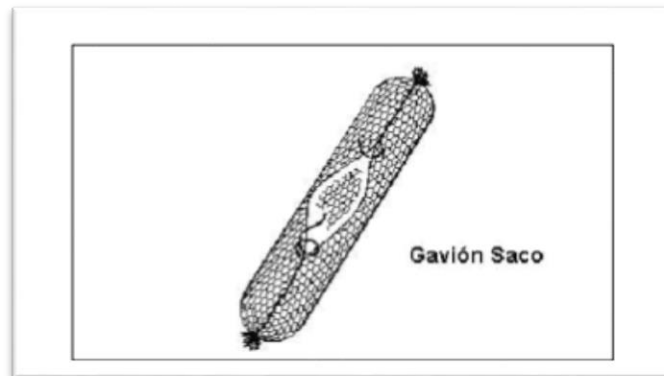


Figura 10: Gavión en forma de Saco
Fuente: Hidrología, por Velásquez et. al. (2011)

b. Obras de tipo rígido

b.1. Pantalla de concreto armado

Utilizadas habitualmente en construcciones de ingeniería civil tienen que ser estructuras de tipo contención.

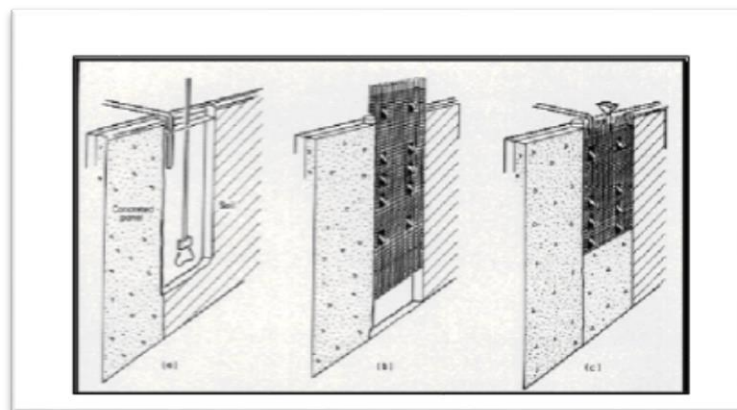


Figura 11: Pantalla de Concreto Armado
Fuente: Hidrología, por Velásquez et. al. (2011)

b.2. Propiedades de la Pantalla de concreto armado

- Tipos de pantallas
 - Tablestacas o pantallas de elementos prefabricados metálicos

Las tablestacas o Pantallas de elementos prefabricados (sheet pile en inglés) son un tipo de estructuras formadas por elementos prefabricados. Estos elementos prefabricados suelen ser de acero o de hormigón. Las dimensiones de las tablestacas de hormigón son mayores al de las pantallas de paneles prefabricados de hormigón. A través de la vibración, los elementos prefabricados que componen las tablestacas se hincan en el terreno; como también se introducen en el terreno por golpeo.

Los elementos han de tener unas dimensiones (entre ellas el espesor) lo suficientemente pequeñas para que se facilite la hinca. Pero también ha de tener una resistencia mínima. Es por esto que, salvo raras excepciones, se emplea el acero. Los pequeños espesores pueden dar lugar a que los paneles o planchas metálicas que conforman las tablestacas pandeen o flecten. Para evitarlo, se alabea la sección, dotándoles de una mayor inercia.



Figura 12: Pantalla Tablesca
Fuente: Hidrología, por Álvaro (2014)

- Pantallas de paneles prefabricados de hormigón.

Están constituidas de elementos de hormigón prefabricados en forma de paneles rectangulares. Se crea una zanja con unas dimensiones ligeramente superiores a las del panel prefabricado para su colocación. Posteriormente se introduce en la zanja el panel, y se vierte cemento o bentonita alrededor.

- Muros pantalla o pantallas de hormigón “in situ” (diaphrag walls o slurry walls en inglés).

Este tipo de estructuras se realizan en obra y ya no es necesario recurrir a paneles prefabricados, es decir los elementos estructurales de este tipo de pantalla se ejecutan “in situ”. Las dimensiones de los paneles se conforman los muros pantalla son entre 4 y 5 metros de longitud, y 0.4 y 1.5 metros de espesor. El dimensionamiento de la pantalla depende de la longitud de la misma. Cada elemento trabaja independientemente, y entre ellos presentan juntas las estancas (evitar el paso de agua a través de las mismas).

- Pantallas de pilotes

Es una estructura de contención flexible empleada habitualmente en ingeniería civil., cuando la excavación de la zanja es difícil, se emplean, por ejemplo: se utilizan máquinas piloterías de terreno en roca para realizar trabajos sobre terrenos duros.

c. Dique

Un dique es una construcción que restringe el paso del agua, paralelo como perpendicular al borde del mar o al curso de un río. Puede ser natural o

construido por el hombre; de tierra, mampostería de piedra, u hormigón.
(Álvaro, 2014).

c.1. Diques Artificiales:

Los diques artificiales son construidos para:

- Prevenir la inundación de los campos aledaños a los mares o ríos.
- Los diques de contención son usados para encajonar el flujo de los ríos a fin de darles un flujo más rápido.
- Protege determinadas áreas contra el embate de las olas.
- Forman caminos integrando un orden vial.

c.2. Diques Naturales:

Un dique natural es cuando un río arrastra el material depositado durante las inundaciones hacia el borde del mismo. Progresivamente va originando la elevación de la ribera. (Álvaro, 2014).

1.6.2.3. Riesgo de Inundación

La Directiva 2007/60/EC de la Unión Europea, define inundación cuando una extensión de tierra que normalmente no se encuentra cubierta, llega, temporalmente a ser cubierta por agua. Por lo tanto, se incluyen las inundaciones producidas por ríos, torrentes, corrientes de agua efímeras mediterráneas e inundaciones marítimas en zonas costeras.

El riesgo es la combinación de una probabilidad de presentación de un determinado evento peligro y las potenciales consecuencias adversas, es decir la vulnerabilidad, para la salud humana, el medio ambiente, el patrimonio cultural o las actividades económicas. Por lo tanto, los dos

componentes principales del riesgo son: la amenaza y la vulnerabilidad.

(Escuder, et. al., 2010).

1.6.2.4. Medidas Estructurales para la reducción del riesgo de inundación

Las medidas estructurales, que incluyen un amplio rango de obras de ingeniería civil, están determinadas por las construcciones que reducen o evitan el posible impacto de la inundación.

Debido a que se diseñan para eventos asociados a una cierta probabilidad anual de excedencia, su funcionalidad se encuentra limitada, de manera que, si se produce un evento superior al del diseño, la estructura no es capaz de proporcionar la protección necesaria frente a la inundación, y pierde su funcionalidad.

Se dividen en 3 grupos:

a. Estructuras de retención: para evitar inundaciones asociadas a grandes descargas, su misión consiste en retener el agua; ya que se pueden producir importantes daños e incluso el fallo de la propia estructura de retención o de otras estructuras existentes aguas abajo.

Las estructuras más comunes son presas y embalses situados aguas arriba de zonas urbanas.

b. Estructuras de protección: Evitan la entrada del agua en la ciudad protegiendo la zona urbana de forma directa. Para ello estructuran dique que consiste en simples muros verticales que esfuerzan al agua discurrir por un determinado lugar (encauzamientos) y a través de la colocación de arena de playa llamadas dunas, se evitan las inundaciones marítimas. Los materiales de construcción

impermeables, la mejora de la configuración del edificio o la fortificación de los sótanos y la modificación del uso del suelo en plantas bajas de edificios, son mecanismos para reducir las consecuencias por inundación a los edificios e infraestructuras.

c. Sistemas de drenaje: Son diseñados para la gestión del agua de escorrentía a causa de las precipitaciones en la zona urbana y sus alrededores. Estos sistemas incluyen un complejo sistema de imbornales, arquetas, tuberías, colectores, estaciones de bombeo, etc. En el sistema de drenaje de una ciudad pueden distinguirse dos partes: el sistema de alcantarillado y el sistema principal que drena el agua superficial o el flujo excedente.

Recientemente han aparecido los sistemas de drenaje sostenibles (SuDS), que tratan de contribuir a la mejora del medio ambiente. Cuyos objetivos, tanto en cantidad y calidad, son minimizar los impactos de la escorrentía generada, y maximizar las oportunidades de servicio y biodiversidad, tratando de simular el drenaje natural del lugar con anterioridad al desarrollo urbanístico. Las estructuras SuDS más comunes son:

- **Cubiertas vegetadas:** Es una estructura con vegetación sobre una capa drenante o un sistema multicapa que cubre la cubierta de un edificio.
- **Áreas de bioretención:** Estructuras de control de agua de lluvia que trabajan el agua de escorrentía provenientes de precipitaciones frecuentes. Aquí se eliminan los contaminantes del agua ya que trata mediante vegetación en cuencas someras u otras áreas.

- **Franjas filtrantes:** Están diseñadas para tratar el agua de escorrentía y eliminar contaminantes por filtrado, mediante vegetación o infiltración, para ello estas secciones del suelo están uniformemente graduadas y con una elevada densidad de vegetación.
- **Mejora de cunetas:** Canales a cielo abierto con vegetación construidas por medio de celdas (húmedas o secas) a través de bermas permeable, que tratan el agua de escorrentía.
- **Filtros de arena:** Estructuras multicelulares diseñadas para el tratamiento de agua de escorrentía mediante filtración, empleando balsas de pretratamiento de sedimentos, un lecho de arena como filtro primario y, normalmente, un sistema recolector bajodren.
- **Balsas de retención y detención: Estructuras de retención subterráneas:** Estas estructuras retienen el agua en el subsuelo, haciendo posible la reducción del caudal de descarga por almacenamiento.
- **Zanjas de infiltración:** Excavaciones poco profundas, rellenas mediante escombros o piedras que constituyen un almacenamiento sub-superficial temporal para que el agua de escorrentía infiltre en el subsuelo circundante.

La reducción del riesgo de inundación es el objetivo principal de las medidas estructurales. Sin embargo, existe una determinada probabilidad de fallo que se clasifica en dos grupos:

- **Fallo de servicio:** Pueden producirse eventos de inundación superiores al evento de diseño, cuando estructura no dispone de suficiente capacidad frente a inundaciones.
- **Fallo por rotura:** Se determina en función a las características y el estado del fallo, bajo la incertidumbre en las cargas a la estructura.

El primer grupo recoge los sistemas de drenaje, encauzamientos, protecciones en edificios en áreas urbanas y la mayoría de las estructuras de retención, dado que su fallo depende principalmente del evento de diseño. Las estructuras del segundo grupo reducen el riesgo de inundación, incrementando el nivel de protección en áreas urbanas, pero existe un cierto riesgo incremental debido a la probabilidad de fallo de la estructura. Por ello, la reducción en riesgo se obtiene de la diferencia entre el riesgo existente y el riesgo con la estructura, añadiendo el riesgo incremental por la existencia de la misma. En general, la aplicación de estas estructuras reduce el riesgo de inundación.

1.6.2.5. Medidas no estructurales para reducir el riesgo de inundación

Álvaro (2014) menciona que, las medidas no estructurales pueden reducir el riesgo existente y los impactos derivados de la inundación a través de mecanismos que incluyen políticas, concienciación, desarrollo del conocimiento, reglas de operación, así como mecanismos de participación pública e información a la población. Buscan la reducción de la vulnerabilidad de la población en riesgo a partir del planeamiento y la gestión llevados a cabo antes, durante y después de la catástrofe, pudiendo clasificarlas en seis grupos:

a. Política y planeamiento urbano: Desarrolla la normativa que regule el uso de suelo y el tipo de edificación (también en cuanto a materiales de construcción y estructuras resistentes a la acción del agua) en zonas de elevado riesgo de inundación y en consecuencia la ejecución de planeamientos urbanos que tengan en cuenta las zonas con riesgo de inundación. Debido a la disminución en la percepción del riesgo, son numerosas las áreas ocupadas por viviendas e infraestructuras asentadas en zonas potencialmente inundables.

b. Predicción de inundaciones: En consecuencia, a las fuertes precipitaciones o del deshielo se estima el desarrollo, tiempo y duración de una avenida, especialmente del caudal máximo en un punto específico del cauce. Esta predicción se compone de dos pasos: el primero consiste en la predicción meteorológica y el segundo corresponde con la pre-caracterización de avenidas, mediante modelos hidrológicos. Para la obtención de predicciones precisas es fundamental la combinación de ambas fases.

c. Comunicación: Existen dos medidas de comunicación:

- Comunicación general a la población en materia de riesgo de inundación ya que facilitar el conocimiento de los procedimientos de actuación durante la inundación y favorece un mejor entendimiento del riesgo existente, además de.
- Comunicación durante el evento de inundación que se realiza mediante la utilización del sistema de alarma y se centra en el aviso a la población sobre la amenaza de carácter inminente.

- Movilización: En función del tiempo disponible para la evacuación, se clasifican en:
 - Evacuación preventiva: con anterioridad al evento de inundación.
 - Evacuación forzosa: durante el desarrollo de la inundación.
 - Huida: desplazamiento por efectos de un evento inminente.

d. Coordinación y procedimientos de operación

Con una tarea de gran importancia en la gestión del riesgo de inundación, tratan de mejorar la comunicación entre diferentes organizaciones y actores.

- Un primer grupo implica los mecanismos que favorecen la coordinación entre agentes, desarrollando estrategias para reducir el riesgo y planes de emergencia, incluyendo, reglas de operación a ejecutar.
- El segundo grupo mejora la efectividad de otras medidas no estructurales recabando dichas medidas para una coordinación adecuada durante la emergencia.

e. Seguros e indemnizaciones

Frente a un evento de inundación, son las herramientas clave que financian las pérdidas producidas por éste. Para las zonas con riesgo de inundación, las cuotas de los seguros son mayores, y las pérdidas no cubiertas por los seguros son cubiertas por las indemnizaciones.

f. Cuantificación del riesgo de inundación

El calcular la probabilidad y las consecuencias son las herramientas que facilitan cuantificar el riesgo de una inundación, combinando la elaboración de mapas de peligrosidad y riesgo y la estimación de las consecuencias de la inundación. Se debe determinar el área materia del nivel de detalle del estudio para definir el riesgo de inundación. En cada área, se obtiene la probabilidad de inundación dado un determinado calado y se estiman las consecuencias asociadas a dicha profundidad del agua. La suma de las herramientas (probabilidad y consecuencias) para cada evento da lugar al riesgo total en el área de estudio.

1.6.2.6. El papel de las medidas estructurales y no estructurales en la reducción del riesgo de inundación

Cuando las medidas estructurales y no estructurales no pueden eliminar el riesgo de inundación por completo, entonces da a lugar al riesgo residual. Tanto las medidas estructurales como no estructurales son de especial relevancia en la reducción del riesgo. Su funcionalidad y fiabilidad desempeñan un papel importante por diversas razones:

a. Funcionalidad de las medidas estructurales: Estas medidas son diseñadas frente a los eventos asociados a una cierta probabilidad anual de excedencia. Si se llegara a producir un evento superior al del diseño, entonces la estructura no es capaz de proporcionar la protección necesaria frente a la inundación, perdiendo su funcionalidad (Álvaro, 2014).

b. Fiabilidad de las medidas estructurales: Resultan fiables las infraestructuras de protección o retención, como presas y diques, ya que evitan severas consecuencias. Su rotura o fallo, cuya probabilidad de ocurrencia es muy reducida, incrementa las consecuencias de la inundación (Álvaro, 2014).

c. Funcionalidad de las medidas no estructurales Cuando los riesgos de inundación ya se han producido, entonces las consecuencias son reducidas por estas medidas no estructurales. Para ello, se utilizan medidas como el planeamiento urbano, sistemas de predicción meteorológica, modelos de pre-caracterización de avenidas, sistemas de aviso y procedimientos de evacuación (Álvaro, 2014).

d. Fiabilidad de las medidas no estructurales: Para que su funcionamiento y aplicación sean correctos para alcanzar la máxima reducción posible, entonces debe analizarse la robustez de dichas medidas, dado que su fallo o ineficacia puede ocasionar importantes consecuencias (Álvaro, 2014).

1.6.2.7. Estudio hidrográfico del Río Chicama

a. Río Chicama

El río Chicama nace en las alturas de las minas de Callacuyán con el nombre del río Perejil, hasta la localidad de Caina, a partir del cual toma el nombre de río Grande o Alto Chicama. Más abajo toma el nombre de río Huancay. El nombre de río Chicama toma a partir de la hacienda El Tambo, hasta la desembocadura en el mar (ONERN, 1973).

b. Ubicación geográfica

Geográficamente, se encuentra comprendido entre los paralelos 7° 21' y 8° 01' de Latitud Sur, y los meridianos 78° 16' y 79° 27' de Longitud Oeste de Greenwich (ONERN, 1973).

Limita por el Norte, con la cuenca del río Jequetepeque; por el Sur, con las cuencas del río Moche y de la quebrada del río Seco; por el Sureste, con la cuenca del río Santa; por el Oeste con el Océano Pacífico y por el Este, con la cuenca del río Marañón.



Figura 13: Mapa de ubicación de río Chicama

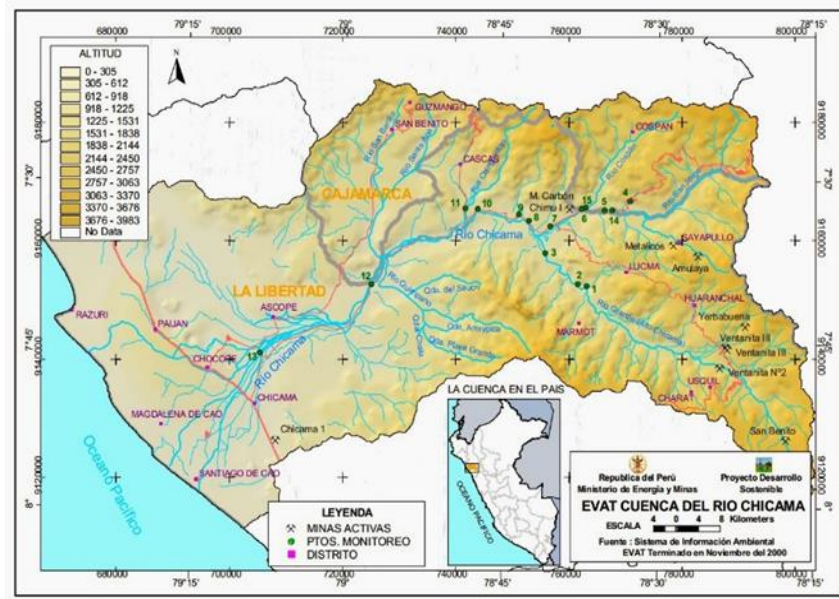


Figura 14: Cuenca del Río Chicama

c. Ubicación política

Políticamente la cuenca hidrográfica del río Chicama, se ubica en la parte norte del Perú y abarca parte de los departamentos de La Libertad (provincias de Santiago de Chuco, Ascope, Otuzco y Gran Chimú y Cajamarca (Contumazá y Cajamarca); se sitúa a la ladera occidental de la cordillera de los Andes del Norte que forma la divisoria continental. (MINAG, 2010).

1.6.2.8. Bases Normativas

a. Ley N° 30557 (2018), Ley que declara de Interés Nacional y Necesidad Pública la Construcción de Defensas Ribereñas y Servidumbres Hidráulicas (06/05/2018).

b. Ley N° 30191(2014), Ley que establece medidas para la prevención, mitigación y adecuada preparación para la respuesta ante situaciones de desastre.

- c. De acuerdo al Manual de Carreteras Diseño Geométrico DG-2018, aprobado por D.S. N° 034-2008-MTC, la cual es uno de los documentos técnicos de carácter normativo, que rige a nivel nacional y es de cumplimiento obligatorio.*
- d. El Manual de Hidrología, Hidráulica y Drenaje, aprobado mediante decreto Supremo N° 034 – 2008 – MTC.*
- e. Manual de suelos, geología, geotecnia y pavimentos, aprobado mediante decreto supremo N°034-2008 – MTC.*
- f. Ley de recursos hídricos, Ley N° 29338, La presente Ley regula el uso y gestión de los recursos hídricos. Comprende el agua superficial, subterránea, continental y los bienes asociados a esta. Se extiende al agua marítima y atmosférica en lo que resulte aplicable.*
- g. Manual de dispositivos de control del tránsito automotor para calles y carreteras, aprobado por decreto supremo N° 034-2008-MTC.*
- h. Reglamento de la Ley de Recursos Hídricos, Ley N° 29338, Este reglamento tiene por objeto regular el uso y gestión de los recursos hídricos que comprenden al agua continental: superficial y subterránea, y los bienes asociados a esta; asimismo, la actuación del Estado y los particulares en dicha gestión, todo ello con arreglo a las disposiciones contenidas en la Ley de Recursos Hídricos, Ley N° 29338.*

1.7. Definición de términos básicos.

- **Adhesión:** Cuando la presión que se aplica externamente más la resistencia al corte entre el suelo y otro material equivale a cero. (Castañeda, 2018)

- **Avenida:** Se denomina avenida a un incremento repentino y considerable de un curso de agua. (Castañeda, 2018)
- **Bordo libre:** Tolerancia de altura que se deja en la parte alta de las estructuras hidráulicas para evitar el derramamiento del agua almacenada o circulante en ellas. (Castañeda, 2018)
- **Caudal:** Definida como cantidad de agua que mana o corre sobre un determinado lugar por unidad de tiempo. (Castañeda, 2018)
- **Caudal de diseño:** Este dato se calcula con la información obtenida de campo y en relación a un periodo de retorno en años. (Castañeda, 2018)
- **Compresión:** A través de una carga que puede ser axial se puede comprimir un material, existiendo variantes en ensayos como: no confinada, triaxial y entre estos el ensayo consolidado no drenado; el ensayo drenado, el ensayo no consolidado no drenado y que sirven para medir el ángulo de fricción interna (ϕ) y la cohesión (C), cuyos valores se emplean. (Castañeda, 2018)
- **Cuenca hidrográfica:** la cuenca de drenaje de una corriente es el área del terreno donde se acumulan todas las aguas caídas por precipitación y forman un solo curso de agua. Para cada punto de su recorrido, cada curso de agua tiene su cuenca bien definida. (Castañeda, 2018)
- **Defensa:** Conjunto de acciones e infraestructuras para poder evitar o rechazar los ataques o impactos de la naturaleza. (Castañeda, 2018)
- **Defensa Ribereña:** Son estructuras construidas para proteger las áreas aledañas al curso del agua de las crecidas de los ríos. (Castañeda, 2018)
- **Dique:** Es un terraplén natural o artificial paralelo al curso de un río y, generalmente es de tierra. (Castañeda, 2018)

- **Diseño:** Es la creación de estructuras que, y se condicione a lo que queremos en un determinado terreno, mediante técnicas con afines a nuestra carrera para que tengamos buenos resultados. (Castañeda, 2018)
- **Diseño de Defensa:** Para el diseño de cualquier estructura de defensa ribereña se debe estudiar la geodinámica externa y realizar la recopilación de información de los datos de campo. (Castañeda, 2018)
- **Diseño Estructural:** Para cumplir una función con un grado de seguridad razonable, con condiciones de servicio; es necesario determinar las dimensiones y características de los elementos de una estructura. Asimismo, es necesario establecer las relaciones entre las características de los elementos de una estructura (dimensiones, refuerzos, etc.), las cargas que debe soportar y los efectos que dichas cargas producen en la estructura. (Castañeda, 2018)
- **Diseño Hidráulico:** Determina los componentes, dimensiones de la red y funcionamiento de la hidráulica fluvial, teniendo en cuenta el diseño agronómico previamente realizado, donde se puedan aplicar las necesidades en el tiempo que se haya establecido. (Castañeda, 2018)
- **Diseño Estructural - Hidráulico:** consiste en obtener conocimiento y experiencia, además de establecer los aspectos en ingeniería básica, estructuras, hidrología, geología y topografía; y conocimientos específicos en hidráulica, geomorfología, mecánica de suelos, control de erosión, para tener resultados óptimos que cumplan los objetivos de protección. (Castañeda, 2018)
- **Empuje:** Fuerza que actúa sobre las superficies de las estructuras de retención debida a la acción del agua o de materiales sueltos. (Castañeda, 2018)

- **Enrocado:** Son estructuras revestidas con roca pesada al volteo o colocadas en forma directa por maquinaria pesada, pudiendo ser en forma parcial o total, es decir, sólo la cara húmeda o, uña y cara húmeda. (Castañeda, 2018)
- **Erosión:** A causa de la acción de agentes externos (como el viento o el agua) o por la fricción continua de otros cuerpos, es el desgaste que se produce en la superficie de un cuerpo. La erosión abarca los cambios que sufre el ciclo geográfico. (Castañeda, 2018)
- **Estructura:** Conjunto de elementos que describen un determinado ámbito de la realidad o sistema. (Castañeda, 2018)
- **Gaviones:** Son estructuras flexibles construidas por una red de malla hexagonal tejida a doble torsión. (Castañeda, 2018)
- **Hidráulica:** Estudia las propiedades mecánicas de los líquidos dependiendo de las fuerzas a las que son sometidos. (Castañeda, 2018)
- **Hidrología:** Los estudios hidrológicos son lo que analizan los elementos básicos para la determinación de las dimensiones y sitio de trazos óptimos para diseñar las defensas en áreas de riesgo hídrico, es decir las alturas del pelo de agua y del caudal. (Castañeda, 2018)
- **Limpieza de Cauce:** Consiste en realizar la limpieza del río a través de maquinarias pesadas, y darle uniformidad; con la finalidad obtener una sección estable en el tramo crítico y de recuperar la pendiente. (Castañeda, 2018)
- **Máximas avenidas:** Es un caudal muy grande de escorrentía superficial que sobrepasan la capacidad de transporte del canal generando la inundación de tierras aledañas. (Castañeda, 2018)

- **Presión:** es cuando existe un empuje o presión sobre la pared del tubo o depósito ejercida por el agua contenida en ella, y se expresa en kilogramos por centímetro cuadrado - atmósferas - metros por columna de agua. (Castañeda, 2018)
- **Subcuenca:** Es el área determinada en relación al grado de ramificación de los cursos de agua, correspondiendo a la subcuenca los cursos de agua de 4° y 5° orden. (Castañeda, 2018)

1.8. Formulación de la hipótesis

En la presente investigación no se formula una hipótesis por tratarse de una investigación de tipo *descriptiva*.

II. MATERIAL Y MÉTODOS

2.1. Material:

a. Materiales

Papel bond (A4)	Camioneta
Papel sábana	07 Bastones porta prisma marca CST-Berger
Resaltador	Estación Total marca Top Com modelo GPT-3105W
Lápices	01 Nivel de Ingeniero marca Top Com modelo AT-G6
Fichas (20*12)	01 GPS navegador marca Garmin
Lapiceros	02 Trípodes de aluminio marca CST-Berger
USB	07 Prismas marca CST-Berger
Cuadernos	01 Mira de aluminio marca CST-Berger
Correctores	Accesorios Complementarios
Plumones para papel	Planos
Plumones acrílicos	
Borradores	
Cinta masking tape	
Fotochek	
Grapas	
Grapadora	
Archivador	

b. Humano

Asesor	Técnico
Tesista	Ayudantes
Guía	
Pobladores	

c. Servicios

Servicio de energía eléctrica
Servicio de telefonía celular
Servicio de internet
Servicios de Impresiones
Servicio de asesoría
Muestreo de campo
Estudios de laboratorio
Estudio topográfico
Estudio hidrológico
Registros hidrométricos

d. Otros

Adquisición de Equipos Informáticos y de Comunicaciones

2.2. Material de estudio.

2.2.1 Población.

En esta investigación la población está conformada por todo el tramo del cauce del río Chicama en el tramo Puente San Polo – Baños Chimú, en el año 2018.

2.2.2 Muestra.

En este proyecto de investigación la muestra es no probabilística por juicio de experto; se tendrá una muestra del tamaño de 01 unidad que está conformado por 2.00 km del cauce del río Chicama en el tramo Puente San Polo – Baños Chimú.

Es por conveniencia porque al ocurrir un desborde, éste puede afectar a la zona del tramo Puente San Polo – Baños Chimú.

2.3. Técnicas, procedimiento e instrumentos.

2.3.1. Para recolectar datos

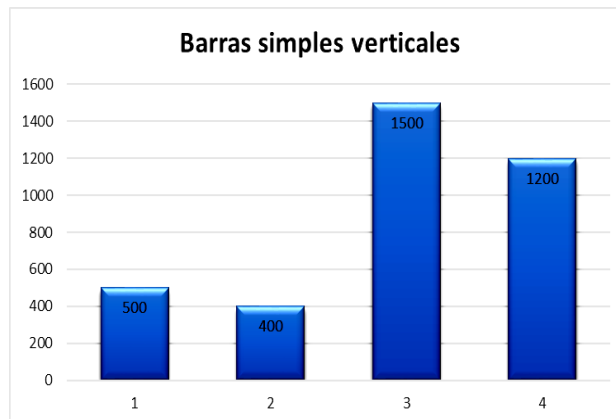
La observación; en el proyecto de investigación se usa la observación directa de los hechos, así para proponer las alternativas que ayuden a disminuir los estragos que son producidos por la crecida del mismo, se realizan visitas a la zona con el fin de identificar las posibles zonas de desborde ante la crecida del río Chicama en el tramo Puente San Polo – Baños Chimú.

Guía de observación; es un documento que permite encausar la acción de observar ciertos fenómenos. Esta guía, por lo general, se estructura a través de columnas que favorecen la organización de los datos recogidos. El valor que tiene esa mencionada guía de observación hace que se haga uso de ella en múltiples sectores y por parte de un elevado número de personas.

2.3.2. Para procesar datos

El método a emplear en la presente investigación será la estadística descriptiva, por el tipo de diseño del investigador, ya que nos permite registrar datos mediante tablas o cuadros resumen, y también a través de gráficos de control.

Se consideraron Gráficos de barras verticales, llamado también "gráfico de columnas", es un gráfico sobre ejes cartesianos en el que se distribuye en el eje X, los conceptos. Sobre ellos se levantan barras o rectángulos de igual base cuya altura sea proporcional a sus frecuencias. En el eje Y se encuentra la escala de valores.



Fuente. El autor (2018)

Clasificación de la variable.

La presente variable por su naturaleza es de característica Cuantitativa continua; y por su forma de medición, es Directa.

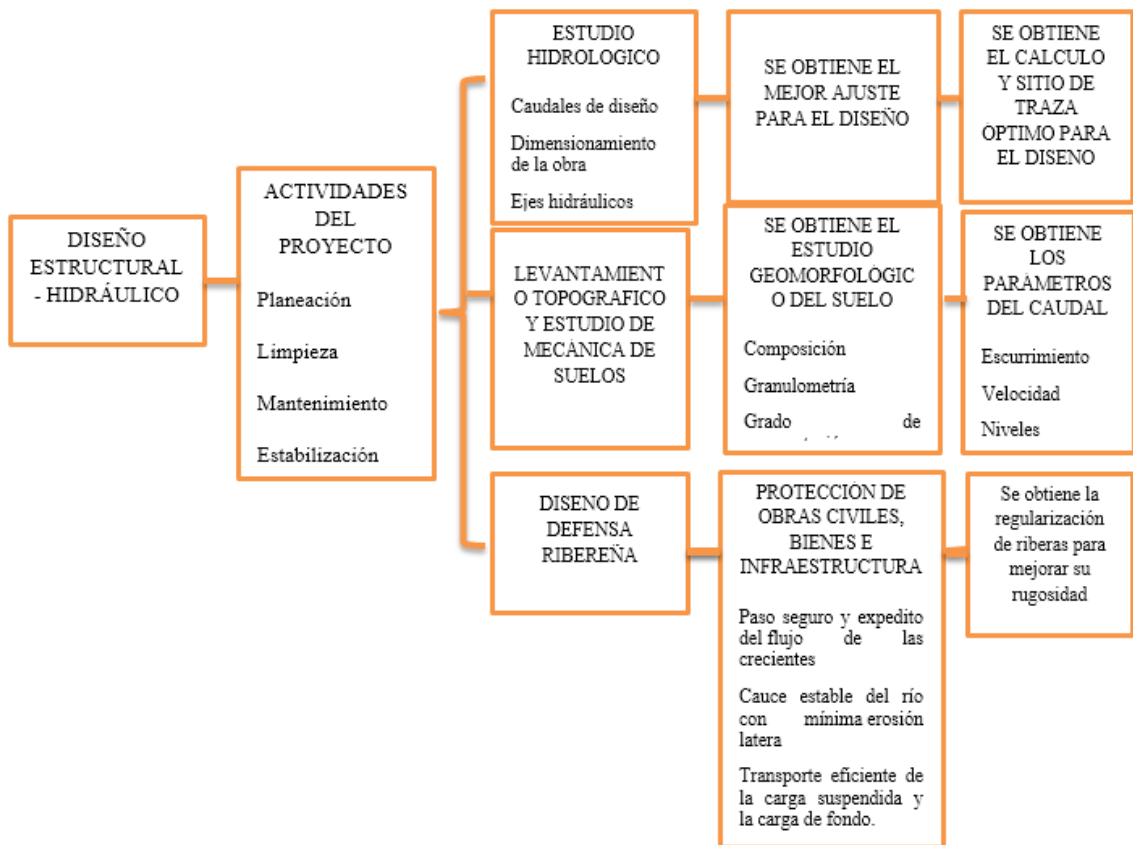


Figura 15: Clasificación de variables

Fuente. El autor (2018)

Procedimiento.

a. Actividades del Proyecto

Todo proyecto empieza por la necesidad que tiene una determinada comunidad, persona o cliente, la cual es transmitida a las empresas de ingeniería para que realice el desarrollo de las actividades especificaciones, cálculos, presupuesto, licencias permisos y todos los estudios necesarios para la ejecución del proyecto,

Durante esta etapa se identifican las necesidades y requerimientos, articulándolos cuidadosamente. Los objetivos de un proyecto deben ser consistentes y satisfacer las ambiciones del cliente y los intereses de la comunidad, como también el respeto por el medio ambiente, siendo que este proyecto se enmarca en los siguientes grupos:

- Planeación
- Limpieza
- Mantenimiento
- Estabilización.

b. Análisis de Estudios hidrológicos

El análisis de un estudio hidrológico permite definir cuáles será las consecuencias hidráulicas de la obra, que puedan llegar a afectar el estado de la cuenca hidrológica que le corresponde.

El análisis se establece a través de un procedimiento especial considerando los siguientes aspectos:

- Caudales de diseño
- Dimensionamiento de la obra

- Ejes hidráulicos.

Como primer punto se debe delimitar las zonas de afección del proyecto, con el objetivo de definir correctamente el cauce del río y sus características físicas. Posteriormente se realiza un estudio hidráulico del cauce a fin de obtener los perfiles transversales y los puntos donde existen elementos especiales, siendo que para lograr todo ello se realizan trabajos de campos.

- **Caudales de diseño**

Se consideran elementos; topográficos, geológicos, geotécnicos, hidrológicos, hidráulicos, ambientales, agrológicos, entre otros y se determinan de acuerdo a los siguientes métodos:

- Estadístico

- Empírico

- Caudal Instantáneo

El análisis Estadístico, requiere de información básica y sólo puede ser efectuado si se cuenta con la serie de registros de caudales máximos instantáneos para un número determinado de años, respecto del río. El análisis estadístico se efectúa utilizando información de la probabilidad de ocurrencia de un evento extremo.

El análisis empírico, se efectúa en base a la longitud del cauce principal, la pendiente del cauce del río, la diferencia de cotas, el área de la cuenca húmeda, el periodo de retorno y el coeficiente de escorrentía, esto permite determinar el tiempo de concentración

El caudal instantáneo, para su determinación requiere de información acerca del caudal medio, el área húmeda de la cuenca y el periodo de

retorno en años, para establecer qué tipo de defensa aplicar, lateral o espigonal.

- **Dimensionamiento de la obra**

Para determinar el dimensionamiento que se presenta, se debe presentar información necesaria a fin de contextualizar el proceso de análisis y para la comparación de los resultados obtenidos en esta investigación con la finalidad de encauzar, corregir o controlar el curso natural del agua.

Se dimensionarán los aspectos principales siguiendo la metodología expuesta en la Ley N° 30557 y Ley N° 29338. En primer lugar, se realiza un dimensionamiento hidráulico, a partir de los resultados conseguidos y de las formulaciones clásicas de la hidráulica. En segundo lugar, se realiza un dimensionamiento estructural, a fin de satisfacer los requisitos de resistencia, estabilidad, rigidez y deflexión de cada uno de los elementos que conforman la estructura. Y por último un dimensionamiento mecánico en el cual se definirán los materiales y calidades a emplear en el diseño de la obra, así como la tipología de la zona existente

En la organización y gestión de la obra se tiene en cuenta el marco institucional adecuado que permite encaminar hacia adelante la ejecución del proyecto, de manera que el Gobierno Regional se encargará de la construcción de las obras, a través de la Gerencia de Infraestructura. Para ello, los actores principales en esta tarea son los siguientes: - Gobierno Regional La Libertad - Ministerio de Agricultura a través de la Autoridad Nacional del Agua y de la Administración Local de Aguas Chicama. - Juntas de Usuarios Distrito de Riego Chicama.

- **Ejes hidráulicos**

El análisis e interpretación del eje hidráulico se realiza de acuerdo a dos criterios: uno cualitativo y otro cuantitativo. Entre las variables cualitativas están: Pendiente Crítica. Corrientes peraltadas y deprimidas, tipos de escurrimiento, sección de control, alturas de control. Y entre las variables cuantitativas están: método de paso directo, método de paso a estándar

Las corrientes o escurrimientos se pueden clasificar en ríos o torrentes, obedeciendo a esta clasificación, el valor de la hondura en relación de la cuenca critica o además de contrastar la velocidad de escurrimiento con la velocidad critica. En un cauce de forma, rugosidad y pendiente dadas, si se considera la profundidad normal o profundidad que tomaría la corriente en movimiento uniforme y se comprara con la profundidad critica se puede decir que existen cauces de pendiente suave y cauces con pendiente fuerte, así son pendientes suaves los lechos que dan ríos en movimiento uniforme y pendientes fuertes los que dan torrentes uniformes. Cabe mencionar que en cualquier clase de pendiente puede escurrir un río o un torrente fuera del movimiento uniforme.

	Clasificación
Escurrecimiento	Río
	$h > h_c$ o $V < V_c$
	Torrente
	$h < h_c$ o $V > V_c$
Lecho	Pendiente Suave
	$h_n > h_c$
	Pendiente Fuerte
	$h_n < h_c$

Los métodos más usados en el cálculo de las alturas del eje hidráulico son: el “método de paso directo” y el “método de paso estándar”, en general un método de paso se caracteriza por dividir el canal en tramos cortos y llevar a cabo cálculos paso a paso desde un extremo del tramo hasta el otro. En ambos métodos los pasos de cálculo deben realizarse hacia aguas arriba si el flujo es sub-crítico y hacia aguas abajo si es supercrítico ya que los pasos de cálculo efectuados en la dirección contraria tienden inevitablemente a un resultado que diverge del perfil de flujo correcto

c. Levantamiento Topográfico

El propósito de un levantamiento topográfico es establecer la posición relativa respecto de uno o más puntos del plano horizontal, para ello se calculan las distancias y as direcciones horizontales (planimetría). Asimismo, permite la determinación de cotas y alturas de uno o más punto en correspondencia con el plano horizontal definido (altimetría), siendo que la metodología adecuada consiste en medir concisamente las distancias verticales (nivelación directa).

En la presente investigación se tiene:

- Estudios elaborados por terceros (cartas nacionales), así como inspecciones ejecutadas de forma visual a lo largo de la vía.
- Se realizará un reconocimiento detallado a fin de contar con la mejor alternativa en cuanto al paso del eje de la defensa por el terreno. En esta fase además se cuenta con las sugerencias vertidas por la parte geotécnica a través de una tipificación del suelo de fundación con la finalidad de tener el trazo definitivo del eje de la defensa en campo.

- Luego de la obtención del trabajo de campo se realizará el debido procesamiento de la data para posteriormente realizar los diseños respectivos.

La zona del proyecto está comprendida dentro del ámbito del distrito de Chicama, donde se aprecia un relieve montañoso seco y bastante escarpado de fuertes pendientes en medio de los cuales se tiene un conglomerado bastante potente y pendiente suave, depositado por el rio Chicama.

- Posteriormente al reconocimiento se procederá a realizar los respectivos trabajos de levantamiento topográfico de la zona definida para el proyecto, así como el trazo de la línea de gradiente de la referida vía de acuerdo a lo indicado en los términos de referencia, realizándose los trabajos en coordenadas UTM y datum del sistema WGS 84.
- El método que se empleará es el de levantamiento por radiación a partir de un punto de referencia estática adecuadamente alineada y de coordenadas conocidas. El método consiste en el disparo y lectura simultanea de distancias y ángulos para el posterior acopio y procesamiento en la memoria del equipo (estación total).

d. Diseño de defensa ribereña

En base a la etapa conceptual se deben estudiar los diversos sistemas estructurales e hidráulicos aplicables al proyecto, seleccionando el sistema o sistemas que satisfagan aspectos económicos, constructivos, estéticos, ambientales, seguridad, funcionales y tiempo de ejecución.

Para la determinación del diseño se necesita de los estudios de topografía, estudios de sueños, estudios de canteras, estudios hidrológicos y estudios de

impacto ambiental. Siendo que al estudiar y analizar estos sistemas propuestos y dimensionar sus elementos, se pueden definir los materiales a emplear, evaluar las cargas actuantes e inclusive las de la etapa de la construcción y establecer de qué forma estará interconectados los componentes estructurales, en base a la información que se obtenga de los estudios antes mencionados. Asimismo, a través del análisis y el diseño aproximado se verificarán los esfuerzos y deflexiones que servirán de apoyo al diseño definitivo. Se logrará establecer con el diseño:

- Los requisitos de resistencia, estabilidad, rigidez y deflexión de cada uno de los elementos que conforman la estructura.
- Realizar los ajustes necesarios con el objeto de cumplir en forma óptima con las exigencias del diseño estructural - hidráulico y aspectos económicos, estéticos, ambientales y constructivos.
- Determinar las cargas con mayor exactitud, aplicando las respectivas combinaciones de los casos de cargas.
- Un análisis estructural – hidráulico con mayor precisión, y una modelación que simule el comportamiento real del diseño.

Este diseño permitirá la protección de obras civiles, bienes e infraestructura, puesto que permite:

- Paso seguro y expedito del flujo de las crecientes
- Cauce estable del río con mínima erosión latera
- Transporte eficiente de la carga suspendida y la carga de fondo.
- Profundidad suficiente y buen cauce para navegación.
- Dirección del flujo a través de un sector definido del río

Las exigencias del diseño están establecidas en las normas, códigos, especificaciones y reglamentos, en el territorio peruano, por lo que es obligatoria la aplicación del Reglamento peruano de edificaciones, Ley N° 29338 y la ley 30557.

El objetivo en esta etapa es materializar lo que se describió en la etapa final del diseño, para ello el investigador realizar los planos y sistemas relacionales con la elaboración de dicho diseño, por lo que este debe contar con los equipos completos de ingeniería hidráulica y estructural.

2.4. Operacionalización de variables

Variable	Definición	Definición Operacional	Dimensiones	Indicadores	Items
Diseño estructural hidráulico	Consiste en establecer los aspectos ingeniería básica, estructuras, hidrología, geología y topografía; y conocimientos específicos en hidráulica, geomorfología, mecánica de suelos, control de erosión, además de conocimiento y experiencia para tener resultados óptimos que cumplan los objetivos de protección.	Para el diseño estructural de la defensa ribereña se desarrollaron los cálculos hidráulicos necesarios para garantizar su correcta operación.	Cálculo hidráulico	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Ancho de sección ▪ Tirante ▪ Socavación 	Empleo de Métodos: Manning, Simons, Blench, LaceyCaudal
			Cálculo estructural	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Profundidad de la uña ▪ Estabilidad ▪ Cálculo de la roca 	Cálculo de tirante a través de Métodos: Manning, Levediev Cálculo de velocidad, terraplén, movimiento de roca.

Figura 16: Operacionalización de variables

Fuente. El autor (2018)

Diseño estructural - hidráulico de la defensa ribereña del Río Chicama, Tramo Puente San Polo – Baños Chimú, 2018.

La zona del proyecto se localiza sobre en el río Chicama, en el tramo Puente Sa Polo – Baños Chimú (Ambas márgenes), se encuentra políticamente dentro de los Distritos de Cascas, Lucma y Sayapullo, Provincia de Gran Chimú, este sector es una zona rural, eminentemente agrícola donde se ubica la infraestructura vial (Red Vial Nacional 106, eje vial Sausal hasta el cruce de Cascas, Jolluco, Tambo, 9 de Octubre, Baños Chimú, Cospan, La Colpa, Sayapullo), Carretera de acceso a la Provincia de Gran Chimú siendo esta una vía de comunicación de que une a varios distritos de la provincia.

La infraestructura vial, tiene un recorrido paralelo al cauce del Río Chicama, la misma que se encuentra expuesto ante los efectos erosivos, por el incremento del caudal del Río Chicama, debido a ello la infraestructura colapsaría trayendo como consecuencia la interrupción del tráfico vehicular, tanto de pasajeros como de carga con el consecuente aislamiento de la población. Entre los principales problemas se evidencias: Excesiva acumulación natural de sedimento del cauce del río Chicama (Colmatación), lo cual es constante y se incrementa ante la ocurrencia de eventos extremos; Tala indiscriminada de forestal de la zona ribereña; Invasión de la zona marginal, para utilización como áreas agrícolas; Escaso o nulo mantenimiento de cauces y el incumplimiento de la normativa, teniendo como consecuencia la reducción de las dimensiones naturales del cauce; Falta de protección de las cuencas medias y bajas, observándose escasas acciones de reforestación y cobertura vegetal; y Eventos extremos. Por lo que se propone la necesidad la elaboración de un proyecto

de esta magnitud a fin de contrarrestar y atenuar los efectos negativos que causa el río Chicama en su época de avenidas.



Figura 17: ubicación del proyecto

a. Vías de acceso

Las vías de acceso a la zona de influencia del proyecto son de la siguiente manera:

El acceso a la zona de estudios se puede efectuar desde Trujillo mediante vía terrestre, Panamericana Norte, desvío KM 29+630, con una longitud total desagregada de la siguiente manera:

Tabla 01

Vías De Acceso

TRAMOS	LONGITUD (Km.)	TIEMPO (MINUTOS)	TIPO DE VÍA	VÍA PRINCIPAL
Trujillo – Puente San Polo	117	133	Asfaltada y trocha	Desvío Sausal – Cascas
Puente San Polo – Baños Chimú	2	6	Trocha	A Baños Chimú y Cospán
TOTAL	118	2h,19'		

b. Tipo de diseño

Diseño de defensa ribereña de tipo enrocado en ambos márgenes del río Chuquillanqui en una longitud de 1,100 m (5.5 km.), tramo Puente San Polo – Baños Chimú. Esta defensa ribereña protegerá una de las vías de comunicación de la provincia Gran Chimú, siendo beneficiados los centros poblados que se ubican cerca de la ribera de los ríos, los cuales pertenecen a los distritos Lucma y Sayapullo en la Provincia de Gran Chimú.

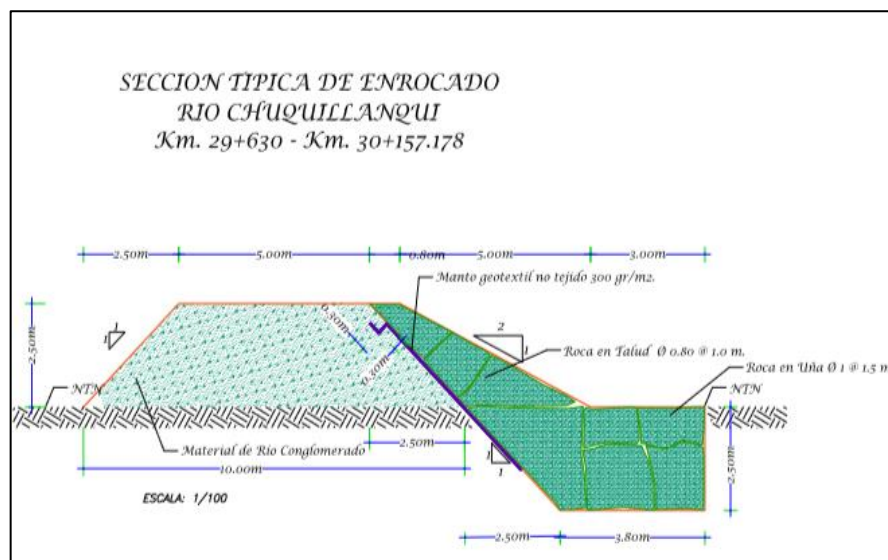
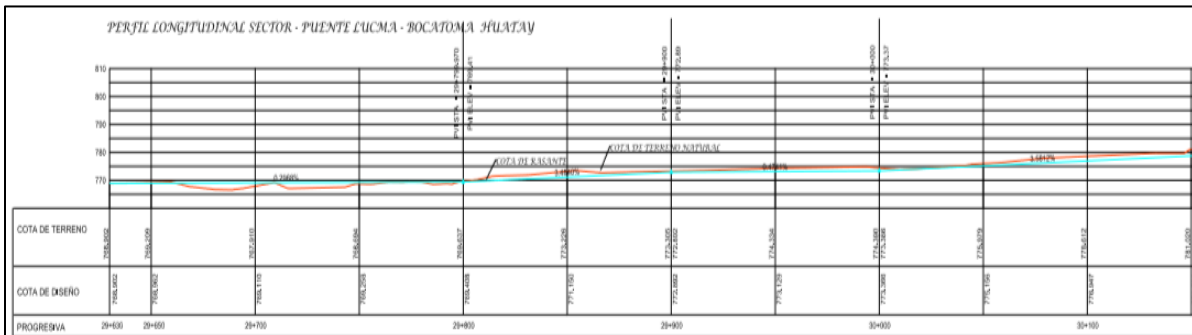
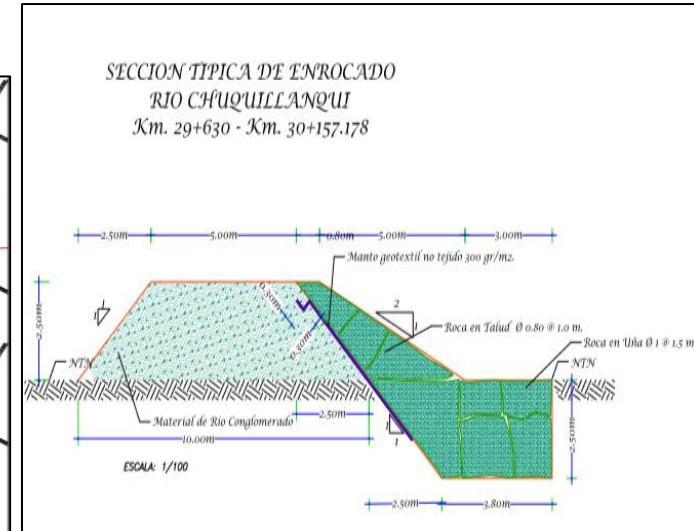
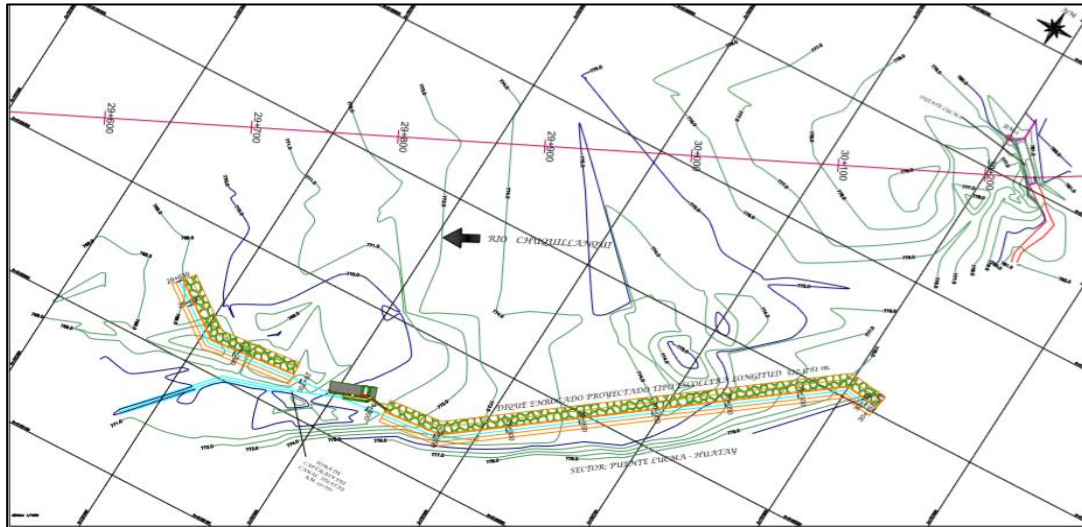


Figura 18: sección típica de enrocado

c. Determinación de diseño – perfil longitudinal



ESPECIFICACIONES TÉCNICAS
Dique enrocado: Tipo escollera

Uña:
Roca Ø 1.00m @ 1.50m

Talud:
Roca Ø 0.80m @ 1.00m

Dique
Sera conformado de manera homogénea empleando el propio material de río, mediante el empleo de maquinaria pesada que lo arrimará desde el cauce hacia la cara húmeda del dique.
El dique, quedará establecido un prisma con una plataforma superior o corona de 5.00m, paredes laterales con talud a ambos lados de 1:1 y 1:1, altura de 2.50 m y una base de apoyo de 10.00m en el techo del río

UBICACION DE PUNTOS FIJOS EN CAMPO				
▲	COORDENADAS		ELEVACION	DESCRIPCION
	NORTE	ESTE		
BM-1	9162626.8960	757799.8980	781.91	PUENTE MD - ESTRIBO

Figura 19: Río Chuquillanqui, tomas de captación

Análisis hidrológico del río Chicama.

El afianzamiento del riego en la agricultura es un aspecto prioritario cuyo desarrollo sostenible se ve limitado por la escasez de agua y de tierras regables. Sin embargo, existe la posibilidad de incrementar en forma importante la producción agrícola si se utilizan el agua y la infraestructura disponibles, mediante una mejor operación de los sistemas de conducción, modernización de la infraestructura, un mejor mantenimiento y prácticas agrícolas más adecuadas y manejo adecuado de los recursos hídricos disponibles.

La actividad económica principal de las cuencas altas del río Chicama es la agricultura, debido a las condiciones favorables de relieve, calidad agrológica de suelos y disponibilidad hídrica. El área agrícola bajo riego, de la cuenca alta de Chicama es de 6,187.64 has, con una demanda hídrica de 68.09 MMC. El uso de agua para fines poblacionales es pequeño comparada con la demanda agrícola. Dentro del ámbito de estudio no se tienen otros usos consuntivos importantes a considerarse.

Se realiza un diseño estructural – hidráulico de defensa ribereña con la finalidad rehabilitar, construir y proteger las tomas de captación, las áreas agrícolas adyacentes a la ribera del río Chicama y Chuquiyanqui, protección de la infraestructura vial, carretera Gran Chimú – Lucma - Sayapullo, de riesgo de inundación del río Chicama y Chuquiyanqui, en el tramo: Puente San Polo – Baños Chimú. Con el objetivo de dar seguridad y protección a las tomas de captación y las áreas de cultivo, emplazadas a lo largo de la margen derecha e izquierda del río Chicama, así como para proteger la carretera Gran Chimú – Lucma - Sayapullo que se ubica a la margen derecha del río, de la presencia cada vez más frecuentes de

avenidas del río, que ocasiona cuantiosas pérdidas en la actividad económica, la propiedad y grandes riesgos de pérdidas de vidas humanas.

El estudio se inició con la recopilación de estudios relativos a la Hidrología e hidráulica fluvial del área, continuando con la inspección de campo (trabajos de topografía y obtención de muestras de suelos y canteras), y finalmente continuar con el trabajo de gabinete.

Frente a este problema de pérdidas del transporte de la producción y por ende de tierras agrícolas la población afectada, para el cual se realizan diversos estudios en el lugar de trabajo, correspondiendo al Estudio Hidrológico en la cual se realiza el análisis de máximas avenidas que podrían causar daños a la infraestructura de riego y vial aledaña al cauce de los ríos Chicama, Chuquillanqui.

Ubicación

El área del proyecto está ubicado en:

1. Política:

- Tramo : Puente San Polo – Baños Chimú
- Región : La Libertad
- Provincia : Gran Chimú
- Distritos : Lucma y Sayapullo

2. Geografía:

La ubicación geográfica del tramo sobre el río Chicama de acuerdo a la información cartográfica a escala 1:100,000 del IGN que se presenta, está en tramos sensiblemente rectos, partiendo del Km 29+630 en el Puente San Polo al KM 30+157.178 en el Puente Baños Chimú aguas arriba. Esta ubicación corresponde al sistema de coordenadas UTM: WGS84 y son las siguientes:

Tabla 02**Ubicación Geográfica**

GENERALIDADES	INICIO PUENTE SAN POLO	FINAL BAÑOS CHIMU
Norte (m):	9'165,14	9'165,312
Este (m):	767'652	762'258
Altitud (msnm):	781.97	1125
Progresiva Eje de río	29+630	30+157.178

Uso de zona 106 sur:

Se ha verificado que, de acuerdo a las condiciones naturales del emplazamiento de las obras de protección, estos trazos deben cumplir con los siguientes criterios generales:

- Protección frente a las inundaciones
- Protección de las márgenes del río
- La fijación de un cauce estable del río
- Consideración de uso de tierras adyacente y propiedad privada
- Protección de la carretera existente
- Mínimo impacto ambiental

3. Vías de acceso

El acceso a la zona de estudios se puede efectuar desde Trujillo mediante vía terrestre, siguiendo la Panamericana Norte, con una longitud total desagregada de la siguiente manera:

- Trujillo – Pte. San Polo : 117 km asfaltado y trocha (2h,19')
- Pte. San Polo – Baños Chimú : 2 km trocha (6 min).

Descripción de la cuenca Chicama.

1. Información cartografía y geográfica

La cuenca de interés se ubica geográficamente entre los paralelos $7^{\circ}21'$ y $7^{\circ}59'$ de latitud sur, y los meridianos $78^{\circ}14'$ y $79^{\circ}20'$ de longitud oeste.

Políticamente la cuenca comprende parte de las provincias de Ascope, Gran Chimú, Otuzco y Santiago de Chuco de la región Libertad y de las provincias de Cajamarca y Contumazá en la región Cajamarca.

Hidrográficamente la cuenca limita con:

- Norte : Cuenca del río Jequetepeque
- Este : Cuenca del río Marañón
- Sur : Cuenca del río Moche
- Oeste : Vertiente del Océano Pacífico
- Sureste : Cuenca del río Santa

El área que encierra la cuenca desde sus nacientes hasta su entrega en el Océano Pacífico, es de 4,814.3 Km².

La información cartográfica obtenida corresponde a Cartas Nacionales a escala 1:100,000 y Planos Departamentales del Atlas Geográfico del Perú, ambos del IGN, se determina que la cuenca del río corresponde a una cuenca de forma semi alargada, denotado por el tiempo de concentración han de producir en el río, hidrogramas de avenidas con caudales pico agudos y de carácter torrencioso debido a la pendiente del curso principal.

La cuenca en estudio se ubica entre los niveles topográficos 4,200 msnm y 440 msnm, tiene un área de 4,814.3 Km². El cauce principal de la cuenca recorre en dirección noroeste desde las nacientes del río Huancay, hasta su confluencia

con el río Chuquillanqui, a partir de la cual se desplaza en dirección sureste pasando por diferentes puentes, entre ellos el puente San Polo (punto de interés) hasta llegar al puente Punta Moreno y posteriormente llegar al Océano Pacífico. También indicar que la cuenca de interés está conformada por el río Chuquillanqui que es uno de los principales afluentes del río Chicama que además se encargan de abastecerlo en época de estiaje. En su recorrido, luego de la confluencia de los principales afluentes, recibe los aportes por la margen derecha, del río Cospan a 940 msnm y por la margen izquierda los aportes del río San Jorge a 751 msnm. Estos últimos cubren necesidades propias de las comunidades ubicadas en sus orillas.

Está cubierto por un bosque húmedo de montañas (3.5%), bosque seco de montañas (19.4%), cultivos agropecuarios (18%), matorrales (34.2%), pajonal (4%), césped de puna (4.3%) y planicies costeras y estribaciones andinas sin vegetación (16.6%).

2. Hidrografía de la cuenca del río Chicama

– Descripción hidrográfica de la cuenca del río Chicama

El río Chicama nace en las alturas de las minas de Callacuyan con el nombre de Río Perejil nombre que mantiene hasta el caserío de Coina lo que a partir de este punto hacia adelante lleva el nombre de Alto Chicama y llega con el nombre de Río Huancay hasta la confluencia con el Río Chuquillanqui cerca de la localidad de Panamá a 700 msnm, siendo su recorrido en dirección noroeste, después de esta confluencia aguas abajo se desplaza en dirección sureste con el nombre de río Chicama hasta llegar al Océano Pacífico.

En su recorrido luego de la confluencia recibe los aportes de sus principales afluentes por la margen derecha primero del río Ochape a 550 m.s.n.m, seguido del río Santanero a 400 msnm, y finalmente por su margen izquierda los aportes del río Quirripango a 350 m.s.n.m. Estos ríos no tienen la capacidad de abastecer al río Chicama en épocas de estiaje pero que sin embargo cubren algunas necesidades propias de las comunidades ubicadas dentro de su ámbito.

Estos cinco ríos mencionados conforman cinco subcuencas importantes, además de que por cuestiones técnicas se ha dividido el cauce principal del río Chicama en subcuena media y baja abarcando los tributarios del río de menor magnitud e importancia.

Tabla 03

Características Fisiográficas de la Cuenca

PARAMETROS		SUBCUENCA							Cuenca	
		Baja	Media	Rio Chuquillanqui	Rio Huancay	Rio Ochape	Rio Quirripano	Rio Santanero		
SUPERFICIE TOTAL (km ²)		1149.2	457.7	909.2	1186.0	217.2	327.6	567.4	4814.3	
PERIMETRO (km)		168.3	139.5	147.4	192.7	75.5	87.9	111.4	417.8	
FORMA	COEFICIENTE DE COMPACIDAD	-	-	1.38	1.58	1.44	1.37	1.32	1.70	
	FACTOR DE FORMA	-	-	0.33	0.20	0.23	0.25	0.42	0.17	
S I S T E M A D E D R E N A J E	ORDEN DE RIOS	-	-	5.0	4.0	4.0	5.0	4.0	6.0	
	FRECUENCIA DE LOS RIOS (# total de rios / km ²)	-	-	0.3	0.2	0.3	0.3	0.3	0.2	
	DENSIDAD DE DRENAJE (km/km ²)	-	-	0.6	0.5	0.6	0.6	0.6	0.5	
EXTENSIÓN MEDIA DE ESCURRIMIENTO SUPERFICIAL (m)		-	-	433.4	472.9	428.0	426.8	406.7	486.5	
R E L I E V E	RECTANGULO EQUIVALENTE	LADO MAYOR (km)	-	-	58.0	81.8	30.7	34.4	42.3	182.6
		LADO MENOR (km)	-	-	15.7	14.5	7.1	9.5	13.4	26.4
	ALTIUD MEDIA DE LA CUENCA (m)		-	-	2519.6	2617.9	2304.3	1741.4	1382.5	1748.7
	PENDIENTE MEDIA DE LA CUENCA (%)		-	-	53.4%	52.4%	52.2%	55.4%	45.3%	44.8%
	ALTURA MINIMA DEL CAUCE (m)		0.0	330.0	697.0	697.0	525.0	333.0	375.0	0.0
	ALTURA MAXIMA DEL CAUCE (m)		330.0	697.0	3984.0	4146.0	3857.0	3673.0	2828.0	4146.0
	LONGITUD DEL CAUCE PRINCIPAL (m)		52.9	39.4	52.2	76.9	30.6	36.3	36.8	169.2
	PENDIENTE MEDIA DEL CAUCE (%)		0.6%	0.9%	6.3%	4.5%	10.9%	9.2%	6.7%	2.4%
	PENDIENTE EQUIVALENTE CONSTANTE DEL CAUCE (%)		0.7%	1.4%	4.4%	3.2%	10.1%	6.6%	3.6%	1.2%
COEFICIENTE DE TORRENCIALIDAD (ríos/km ²)		-	-	0.14	0.10	0.15	0.16	0.14	0.12	
COEFICIENTE DE MASIVIDAD (m/km ²)		-	-	2.77	2.21	10.61	5.32	2.44	0.36	

Fuente: Administración Técnica del Distrito De Riego Chicama (Ministerio De Agricultura)

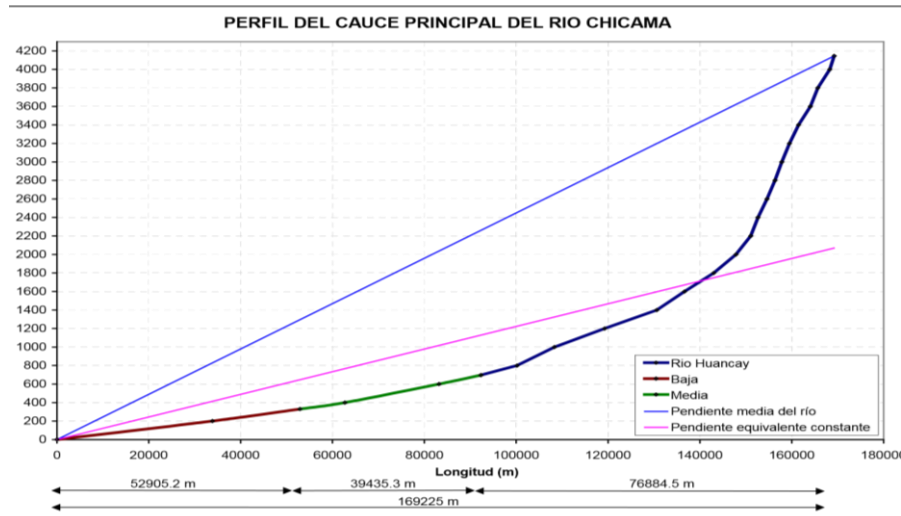


Figura 20: Perfil del cauce

Fuente: Municipalidad de Cascas

- Subcuenca del Rio Ochape

Sus nacientes parten desde las proximidades de Cascabamba (Contumazá) en el cerro Anúas a 3,600 m.s.n.m. recorriendo por el río Cascas hasta la confluencia con el río Chepate en la localidad de Palmira a partir del cual se denomina río Ochape.

Entrega sus aguas al río Chicama en su margen derecha en las cercanías de la localidad de Puente Ochape a 550 m.s.n.m. A continuación, se describen sus respectivas características de cada microcuenca:

Microcuenca del río Chepate

La Microcuenca del río Chepate nace en el caserío de Membrillo a 4200 msnm, y cuenta con una extensión de 115.8 Km². Esta microcuenca cuenta con el aporte de la laguna Kuan y las Pircas en sus nacientes del mismo modo reciben el aporte de los ríos Colorado y Chingavillan y las quebradas Socche y Lladen.

Microcuenca del río Cascas

La Microcuenca del río Cascas nace a la altura del río Cachil a la altura de la localidad de los Bosques de Cachil, después aguas abajo lleva el nombre de Río Molino y termina con el nombre de río Cascas hasta la confluencia del río Chepate. Este río conforma el cauce principal de la subcuenca del río Ochape con una extensión de 97.1 Km². El principal aporte proviene de los riachuelos Cachil, Chumbiles, Corlas y El Pajona.

- Subcuenca del Río Santanero

Se extiende desde el cerro del Angulo y Amanchaloc a un nivel de 3250 m.s.n.m. recorriendo por el río Santa Ana hasta la confluencia con el río San Benito en las cercanías de la localidad El Algarrobal a partir de esta confluencia hacia adelante lleva el nombre de río Santanero. Entrega sus aguas al río Chicama en su margen derecha cerca de la localidad de Hacienda Jaguey, a 400 m.s.n.m. A continuación, se describen sus respectivas características de cada microcuenca:

Microcuenca del río San Benito

La Microcuenca del río San Benito nace en las cercanías de la localidad de Culleros a 3400 msnm y su extensión es de 161.7 Km² Esta microcuenca su principal aporte proviene de los riachuelos El Palmo, Chichanon, Chinac, Yetón, Los Paltos y Los Chorros.

Microcuenca del río Santa Ana

La Microcuenca del río Santa Ana conforma el cauce principal de la subcuenca del río Santa Ana y cuenta con una extensión de 180.3 Km². Al igual que la microcuenca de San Benito no cuenta con lagunas y sus

principales aportes provienen de los riachuelos Membrillar, Chapotan, Huandamarca, Huayaba, Honda, Llapalen y Pampa Larga.

- Subcuenca del Río Chuquillanqui

Las nacientes de esta subcuenca son a partir del riachuelo de Huaycot a 4000 m.s.n.m. y continúa su recorrido por el río San Jorge hasta la confluencia con el río Cospan a la altura de los Baños Chimú. A partir de éste se denomina río Chuquillanqui.

Se han identificado dos microcuencas importantes y una intercuenca compuesta por el río Chuquillanqui y pequeños tributarios a lo largo de su recorrido. A continuación, se describen sus respectivas características de cada microcuenca.

Microcuenca del río San Jorge

La Microcuenca del río San Jorge tiene sus nacientes corresponde a las del cauce principal de la subcuenca del río Chuquillanqui a 4000 m.s.n.m y posee un área de drenaje de 580.8 Km².

Sus principales aportes provienen de los riachuelos más importantes que son Quepayoc, Sacranchi, Casais, Salagual, Peña Blanca, La Colpa, Farrat y Simbrón.

Microcuenca del río Cospan

La Microcuenca del río Cospan nace en la localidad de Huariguro a una altitud de 3800 m.s.n.m. y cuenta con un área de drenaje de 238.5 Km².

Sus nacientes son alimentadas por la laguna Mamacocha que hidrográficamente pertenece a la cuenca del río Jequetepeque. Los riachuelos más importantes son Salcha, San Martín y Siracat.

- **Subcuenca Media**

La Subcuenca Media tiene sus nacientes en los ríos de Machasen y río San Felipe siendo su recorrido de suroeste entre la localidad de Panana a unos 700 m.s.n.m. hasta la estación hidrométrica Salinar a 350 m.s.n.m.

Esta conforma el río principal de la Cuenca Chicama desde la confluencia de Huancay y Chuquillanqui hasta la Estación Salinar.

La Subcuenca Media está conformado por dos microcuencas importantes, siendo su principal aporte la precipitación pluvial. A continuación, se describen sus respectivas características de cada microcuenca:

Microcuenca del río San Felipe

Esta microcuenca nace en el cerro Vizcachas a 4,200 m.s.n.m. y tiene una extensión de 70.8 Km². Entrega sus aguas al río Chicama en su margen derecha a la altura del Puente Tambo.

Recibe el aporte de las lagunas San Felipe y Chuño, además de pequeños riachuelos tributarios intermitentes y de corto recorrido.

Microcuenca del riachuelo Machasen

Esta microcuenca nace a 3,800 m.s.n.m. y presenta una extensión de 67.51 Km². Desembocan sus aguas al río Chicama por su margen derecha a la altura del Puente Jolluco.

Recibe los aportes de los riachuelos Lengua de Vaca, Guayan, Membrillar y San Andrés.

- **Subcuenca Río Quirripano**

Se extiende desde el cerro Tuanga, a un nivel de 4,297 m.s.n.m. recorriendo por el río Grande hasta unirse con el riachuelo Playa Grande

en donde recibe el nombre propiamente dicho de río Quirripano. Entrega sus aguas al río Chicama en su margen izquierda en las cercanías de la localidad de Pampas de Jaguey a 350 m.s.n.m.

Esta subcuenca presenta dos microcuencas importantes como son la microcuenca del río Grande y la microcuenca del riachuelo Playa Grande.

Microcuenca del río Grande

La microcuenca corresponde al cauce principal de la subcuenca del río Quirripano y tiene una extensión de 149.3 Km².

No presenta lagunas y son los riachuelos su principal aporte son los riachuelos Agua Blanca, Miragon, Potrero y El Infiernillo además de pequeños riachuelos tributarios intermitentes y de corto recorrido. A continuación, se describen sus respectivas características de cada microcuenca:

Microcuenca del riachuelo Playa Grande

Esta microcuenca nace en las cercanías de la localidad de Viscacha a 3,200 m.s.n.m y tiene una extensión de 93.2 Km².

Esta microcuenca cuenta con el aporte de los riachuelos Poroto, Playa Grande, Los Corrales y La Poza, además de pequeños riachuelos tributarios intermitentes y de corto recorrido.

- Subcuenca río Huancay

Nace en las alturas de las minas de Callacuyan con el nombre de Río Perejil nombre que mantiene hasta el caserío de Coina lo que a partir de este punto hacia adelante lleva el nombre de Alto Chicama y llega con el nombre de Río Huancay.

El río Huancay recibe aportes del río Perejil y de la margen izquierda del riachuelo Charat, luego por su margen derecha del río Huaranchal, seguido en su margen izquierda del río Succhabamba y finalmente en su margen derecha del río Lucma.

Cada uno de los ríos y riachuelos mencionados hacen un total de 06 microcuena y una intercuenca compuesta por el río Huancay y pequeños tributarios en su recorrido. A continuación, se describen sus respectivas características de cada microcuena:

Microcuena del río Perejil

Esta Microcuena conforma las nacientes del cauce principal de la subcuena del río Huancay con un área de drenaje de 210.9 Km².

Los aportes de esta microcuena son de la laguna El Chorro y de sus tributarios más importantes: los riachuelos Río Negro, Maskarat, Canibamba, Chacomás, Derumbe blanco y La Juna.

Microcuena del riachuelo Huacamochal

Esta microcuena nace en el paraje Cabildillo a 3,850 m.s.n.m y entrega en la margen derecha del cauce principal del río Huancay a la altura de la confluencia con el río Perejil. El área de drenaje es de 97.7 Km². Recibe los aportes de las lagunas Molino, Verde y Brava y de riachuelos tributarios.

Microcuena del río Huaranchal

Esta microcuena nace a una altitud de 3900 m.s.n.m en la comunidad campesina de Ascate y está en la margen derecha del río principal. Cuenta

con un área de drenaje de 123.1 Km² desembocando sus aguas al río alto Chicama a la altura del caserío de Callancas.

Esta microcuenca cuenta con el aporte de la laguna Prieto en sus nacientes y la laguna Lucmacocha en su parte media, del mismo modo recibe el aporte de los riachuelos tributarios, de las cuales podemos diferenciar Ascate, Pauganchi, Infiernillo y Huaranchal.

Microcuenca del riachuelo Charat

Esta microcuenca nace una altitud de 3900 m.s.n.m. y está en la margen izquierda del río principal contando con un área de drenaje de 60.7 Km² desembocando sus aguas al río alto Chicama a la altura del caserío de Huayobamba.

Esta microcuenca recibe el aporte principal de los riachuelos Congo y Charat. No posee lagunas permanentes.

Microcuenca del río Succhabamba

Esta microcuenca donde sus nacientes se encuentran a 4200 m.s.n.m en la altura de la comunidad campesina de Muchamaca.

Entrega sus aguas en la margen izquierda del río alto Chicama. El área de drenaje es de 59.73 Km².

Microcuenca del riachuelo Lucma

Es una de las microcuencas más pequeñas de Huancay que nace a 3600 m.s.n.m y tiene un área de drenaje de 46.2 Km².

Entrega sus aguas en la margen derecha del río alto Chicama desembocando sus aguas a la altura del caserío de Marmot.

- Subcuenca Baja.

Esta Subcuenca Baja está conformada por el río principal de la Cuenca Chicama desde la Estación Salinar hasta su desembocadura en el Océano Pacífico. Con escasa precipitación pluvial.

3. Descripción de la subcuenca del río Chuquillanqui

– Diagnóstico del recurso hídrico

Los principales afluentes al río Chuquillanqui son: por la margen izquierda el río San Jorge, cuya naciente se origina en las quebradas Sunchubamba, Agua Blanca y Huaycot; por la margen derecha el río Cospan, cuya naciente se origina en las quebradas de la Cortadera y Chupicayacu.

El río Chuquillanqui tiene 02 tributarios que son el río San Jorge y el río Cospan hasta la desembocadura con el río Chicama que recorren un corto tramo aproximadamente 10.12 Km.

Uno de los principales usos de estos ríos es el uso Agrícola ocupando la mayor parte de sus áreas agrícolas por el cultivo de Pastos, Papa, Maíz y otros. A lo largo de estos ríos se distribuyen varios poblados importantes, siendo el de mayor importancia la ciudad de Cospan. Otro uso importante es el uso poblacional en menor magnitud debido a que su población es mínima, mientras que el uso minero en esta subcuenca es muy reducido.

– Ubicación y demarcación de la subcuenca

- Ubicación Geográfica

La subcuenca del Río Chuquillanqui se ubica geográficamente entre los paralelos $7^{\circ} 26' 47''$ y $7^{\circ} 34' 52''$ de latitud sur y los meridianos 78°

37° 48'' y 78° 21' 37'' de longitud oeste. Siendo su extensión total de 909.20 Km², donde esta subcuenca es ramificada en 02 Microcuencas de Cospan y San Jorge y llegando a una altura aproximada de los 4,700 m.s.n.m.

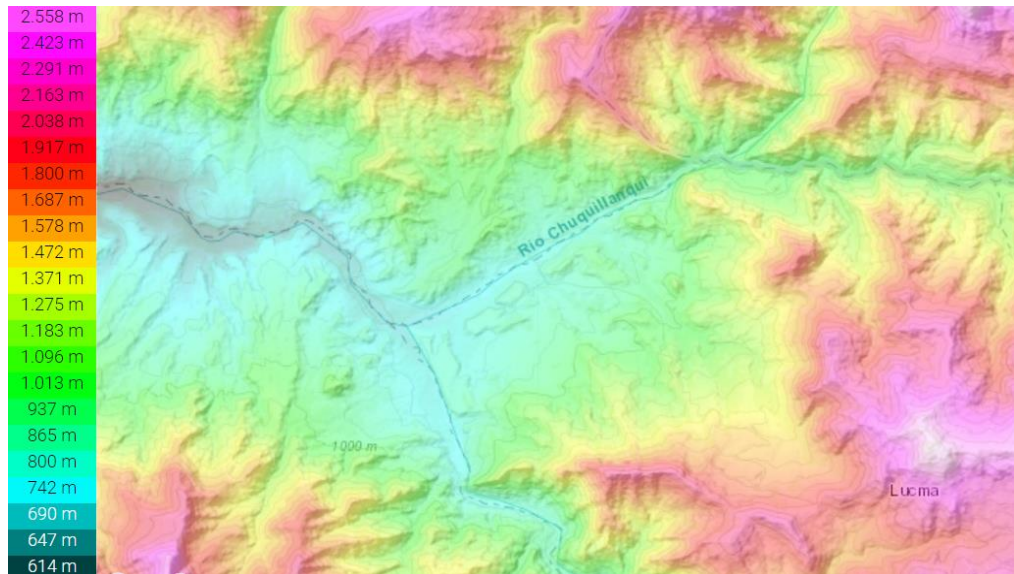


Figura 21: Rio Chuquillanqui en alto relieve.

- **Demarcación hidrográfica**

Hidrográficamente la cuenca del Rio Chicama limita por él:

- Norte : Cuenca del Rio Jequetepeque
- Sur : Sub Cuenca del Rio Huancay
- Este : Cuenca del Rio Maraón
- Oeste : Microcuenca del Rio San Felipe

- **Demarcación política**

Políticamente la Sub-cuenca del Rio Chuquillanqui forma parte del distrito de Cospan y los caseríos de la Baños Chimú, Colpa, Sayapullo, Simbron, Membrillar, Farrat, etc.

- **Demarcación administrativa**

Administrativamente la subcuenca Media limita por:

Norte : Comisión de Regantes del Rio Jequetepeque

Este : Comisión de Regantes del Rio Marañón

Sur : Comisión de Regantes del Rio Huancay

Oeste : Comisión de Regantes del Rio San Felipe

- **Divisoria hidrográfica**

La cuenca en estudio posee 02 Microcuencas y 01 Inter-cuenca, las cuales son:

Microcuenca del Río Cospán

Microcuenca del Río San Jorge

Inter-cuenca del Rio Chuquillanqui

- **Accesibilidad y vías de comunicación**

Las vías de Acceso a la subcuenca Media están definidas por las Microcuenca de Machasen y Microcuenca San Felipe. La Sub-Cuenca media, se integran territorialmente a través de carreteras asfaltadas, afirmadas y sin afirmar. Desde Trujillo, como el centro urbano de transformación y servicios más importante del área de estudio se articulan 2 ejes básicos de carreteras:

- Primer Eje vial de Trujillo-Paijan-Sausal que une varios centros poblados se inicia desde Trujillo hasta Sausal con una carretera asfáltica.
- Segundo Eje vial es de Sausal hasta el cruce de Cascas, Jolluco, Tambo, 9 de octubre, Baños Chimú, Cospan, La Colpa, Sayapullo;

esta carretera es sin afirmar haciendo su recorrido muy accidentada.

–Registros hidrométricos

Para el análisis hidrométrico se ha recopilado la información

Puente San Polo (antes de quebrada Campoden) Río con aguas ligeramente turbias y abundante vegetación ribereña. Los clastos del lecho son cuarcitas y volcánicos cubiertos por una pátina amarillenta de óxidos. El entorno del valle presenta intensa actividad agrícola con cultivos frutícolas y productos de pan llevar. En esta zona el río registra un caudal de 2.5 L/seg, y pH de 8.1.

Coordenadas UTM:

Norte: 9 165 148

Este: 767 652

Zona: 17.

Altitud: 781.97

Estación: Baños Termales Chimú (Chicama): Las aguas registran una temperatura de 35° C y ligeramente amarillentas por la presencia de Fe, afloran en rocas volcánicas. Estos baños están ubicados en la margen izquierda del río San Jorge que se emplaza en un valle encañonado. Antes de la zona de Baño Chimú en la margen izquierda del Río Chuquillanqui existe afloramiento agua turbia y lechosa.

Coordenadas UTM:

Norte: 9 165 312

Este: 762 285

Zona: 17

Altitud: 1125

– **Recursos hídricos superficiales**

- **Microcuenca del rio Cospan**

La Microcuenca Cospan dentro del ámbito de estudio fue distribuida en principales afluentes al rio Cospan en quebradas y ríos. A continuación, se muestra los principales afluentes a dicha Microcuenca

Quebradas

Quebrada Huaricuro

La quebrada Huaricuro recibe el aporte de afloramientos y filtraciones rocosas de las partes altas del cerro Pozo Verde y cerro Payhuai cuya altura promedio es encuentra a 4,000 m.s.n.m. aproximadamente.

Se ubica esta quebrada a la margen Izquierda del rio Chaupiyacu con una longitud promedio desde su nacimiento hasta su intercepción con dicho rio, es de 5.486 Km y su ancho de cauce varía desde 15-20 metros, poco profundo las cuales están conformado por piedras de gran tamaño.

Esta quebrada tiene topografía muy accidentada y tiene una pendiente promedio de $S=0.1914$ m/m. y un desnivel de 1,050 m.

Quebrada Cortadera

La quebrada Cortadera recibe el aporte de filtraciones rocosas de las partes altas del cerro el Salto y del cerro Lambadero, cuya altura promedio se encuentra a 3,700 m.s.n.m. aproximadamente.

Se ubica esta quebrada a la margen derecha del río Chaupiyacu con una longitud promedio desde su nacimiento hasta su intercepción con dicho río, es de 2.687 Km y su cauce está conformado por piedras de gran tamaño. Esta quebrada tiene topografía accidentada con una pendiente promedio de $S=0.2605$ m/m. y un desnivel de 700 m.

Quebrada la Collapa

La quebrada la Collapa recibe el aporte de afloramientos y filtraciones rocosas de las partes altas de los cerros La Ramada, Miguel Aros y La mesa, encontrándose a una altura promedio es de 2,950 m.s.n.m. aproximadamente.

Se ubica esta quebrada a la margen derecha del río Chaupiyacu con una longitud promedio desde su nacimiento hasta su intercepción con dicho río, es de 3.530 Km, en su cauce estable conformado por piedras y cantos rodados. Esta quebrada tiene topografía muy accidentada y tiene una pendiente promedio de $S=0.2691$ m/m. y un desnivel de 950 m.

Quebrada Peña Blanca

La quebrada Peña Blanca recibe el aporte de filtraciones rocosas de las partes altas de los cerros Chilcapunta, Alizar y Vizcachas encontrándose estas nacientes a una altura promedio de 4050 m.s.n.m. aproximadamente.

Se ubica esta quebrada a la margen Izquierda del río Perejil y su longitud promedio desde su nacimiento hasta su intercepción con

dicho rio, es de 8.867 Km y su ancho de cauce varía desde 10-15 metros, profundo las cuales están conformado por piedras.

Esta quebrada tiene topografía muy accidentada y tiene una pendiente promedio de $S=0.1635$ m/m. y un desnivel de 1450 m.

Quebrada rambran

La quebrada Rambra recibe el aporte de afloramientos y filtraciones de las partes altas del cerro Cruz encontrándose a una altura promedio es de 2700 m.s.n.m. aproximadamente.

Se ubica esta quebrada a la margen Izquierda del rio Chuquillanqui y su longitud promedio desde su nacimiento hasta su intercepción con dicho rio, es de 3.175 Km, donde el cauce es poco profundo y las cuales están conformado por piedras de gran tamaño.

Esta quebrada tiene una topografía muy accidentada con una pendiente promedio de $S=0.2838$ m/m. y un desnivel de 900 m.

Quebrada Chacapunta

La quebrada Chacapunta recibe el aporte de las filtraciones rocosas del cerro Pueblo Viejo encontrándose a una altura promedio es de 3,000 m.s.n.m. aproximadamente.

Se ubica esta quebrada a la margen derecha del rio Cospan, con una longitud promedio desde su nacimiento hasta su intercepción con dicho rio, es de 9.989 Km y su ancho de cauce varía desde 10-15 metros, profundo las cuales están conformado por piedras. Esta quebrada tiene una pendiente promedio de $S=0.1755$ m/m. y desnivel de 700 m.

Ríos

Rio Chupicayacu

Este río nace de las partes altas del cerro Antibo las cuales presentan aguas permanentes debidas a las fuertes precipitaciones en las partes altas de la Microcuenca y la alimentación de las quebradas San Andrés, Huaricuro, Cortadera, Panisara, Marayorco, Falso Potrero hasta la intercepción con la quebrada La Collapa, y desde esta intercepción para adelante lleva el nombre de Río Cospan.

El río Chupicayacu que tiene una longitud de cauce de 10.711 Km, con una pendiente promedio de $S=0.1167$ m/m, un desnivel de 1,250 m y un caudal aforado de 80 l/s en el mes Agosto.

Rio Cospan

Es el río principal de esta Microcuenca que recibe el aporte del río Chupicayacu las cuales presentan aguas permanentes debidas a las fuertes precipitaciones en las partes altas de la Microcuenca y alimentación de las quebradas San Martín, Casipe, Peña Blanca, Palto, Chacapunta, Pinchaday, Honda, etc. Hasta la intercepción con el río San Jorge a la altura del caserío de Chacapunta y de ahí para adelante lleva el nombre de Río Chuquillanqui.

Este río tiene un régimen permanente presentándose las épocas de creciente entre los meses de enero - marzo, y con un estiaje entre los meses de Junio – Agosto. El río Cospan tiene una longitud de cauce de 16.663 Km, con una pendiente promedio de $S=0.0630$

m/m, un desnivel de 1,050 m y un caudal aforado de 80 l/s en el mes Agosto

- **Microcuenca del rio san Jorge**

La Microcuenca Cospan dentro del ámbito de estudio fue distribuida en principales afluentes al rio San Jorge en quebradas y ríos. A continuación, se muestra los principales afluentes a dicha Microcuenca

Quebradas

Quebrada Huaycot

La quebrada Huaycot recibe el aporte de las quebradas Iscayorco, Ingenio, La Paccha, Quepayoc y Agua Blanca encontrándose estas nacientes a una altura promedio de 3950 m.s.n.m. aproximadamente. Esta quebrada se encuentra a la margen derecha del rio San Jorge con una longitud promedio desde su nacimiento hasta su intercepción con dicho rio, es de 11.647 Km las cuales están conformadas por piedras de gran tamaño. Esta quebrada tiene topografía accidentada con una pendiente promedio de $S=0.1247$ m/m. y un desnivel de 1,450 m.

Quebrada Agua Blanca

La quebrada Agua Blanca recibe el aporte de afloramientos de las partes altas del cerro Suro y de la quebrada el Chorro encontrándose a una altura promedio de 3850 m.s.n.m. aproximadamente.

Se ubica esta quebrada a la margen derecha del rio San Jorge cuya longitud promedio desde su nacimiento hasta su intercepción con dicho

rio, es de 4.414 Km en donde su cauce las cuales están conformado por piedras y cantos rodados. Esta quebrada tiene topografía accidentada con una pendiente promedio de $S=0.1929$ m/m. y un desnivel de 850 m.

Quebrada Huacchiquero

La quebrada Huacchiquero recibe de las filtraciones rocosas de las partes altas del cerro Alto de Fierro y del cerro Balconcillo encontrándose cuyas nacientes a una altura promedio de 3650 m.s.n.m. aproximadamente.

Se ubica esta quebrada a la margen Izquierda del rio San Jorge con una longitud promedio desde su nacimiento hasta su intercepción con dicho rio, de 6.277 Km con un ancho de cauce que varía desde 20-35 metros, muy profundo las cuales están conformado por piedras de gran tamaño y la presencia de cantos rodados. Esta quebrada tiene topografía muy accidentada con una pendiente promedio de $S=0.1513$ m/m. con un desnivel de 950 m.

Quebrada Salagual

La quebrada Salagual recibe el aporte de afloramientos de las partes altas del cerro Bambamarca encontrándose cuyas nacientes a una altura promedio de 2950 m.s.n.m. aproximadamente.

Se ubica esta quebrada a la margen Izquierda del rio San Jorge con una longitud promedio desde su nacimiento hasta su intercepción con dicho rio, es de 12.602 Km donde su cauce está conformado por piedras de gran tamaño. Esta quebrada tiene topografía y relieve

accidentado con una pendiente promedio de $S=0.1508$ m/m. y un desnivel de 1900 m.

Quebrada Colpa

La quebrada Colpa recibe el aporte de las quebradas de Colpilla, Pasate y Rambra con una altura promedio es de 3,950 m.s.n.m. aproximadamente.

Se ubica esta quebrada a la margen Izquierda del rio San Jorge con una longitud promedio desde su nacimiento hasta su intercepción con dicho rio, es de 15.309 Km y su ancho de cauce varía desde 20-50 metros, las cuales están conformado por piedras. Esta quebrada tiene topografía muy accidentada con una pendiente promedio de $S=0.1633$ m/m y un desnivel de 2,500 m.

Quebrada Campoden

La quebrada Campoden recibe el aporte de afloramientos y filtraciones rocosas de las partes altas de los cerros Tayaorco y Pucaydin; esta quebrada es un tributario del rio Chuquillanqui encontrándose sus nacientes a una altura promedio de 3250 m.s.n.m. aproximadamente.

Se ubica esta quebrada a la margen derecha del rio San Jorge con una longitud promedio desde su nacimiento hasta su intercepción con el rio de 10.575 Km, donde su ancho de cauce varía desde 10-25 metros, las cuales están conformado por piedras y rocas de gran tamaño. Esta quebrada tiene topografía muy accidentada con una pendiente promedio de $S=0.1513$ m/m. y un desnivel de 1,600 m.

Ríos

Rio Sunchubamba

Este río nace de las partes altas del cerro Portachuelo las cuales presentan aguas permanentes debidas a las fuertes precipitaciones en las partes altas de la Microcuenca y el aporte de sus tributarios las quebradas Querobamba y Nule hasta la intercepción con el río San Jorge.

Este río tiene un régimen permanente presentándose las épocas de creciente entre los meses de enero - marzo, y estiaje entre los meses de Junio – Agosto.

El río Sunchubamba se encuentra ubicado a la margen izquierda del río San Jorge que tiene una longitud de cauce de 5.561 Km, con una pendiente promedio de $S=0.1439$ m/m, un desnivel de 850 m.

Rio Sayapullo

Sus nacientes se encuentran en las partes altas del cerro Mal Paso las cuales presentan aguas permanentes debidas a las fuertes precipitaciones en las partes altas de la Microcuenca y el aporte de sus tributarios las quebradas Chira, Sartinela y Glambay hasta la intercepción con el río San Jorge.

Este río se encuentra ubicado a la margen izquierda del río San Jorge cuyas aguas presenta un régimen permanente presentándose las épocas de avenidas y/o crecientes entre los meses de enero - marzo, y estiaje entre los meses de Junio – Agosto.

El río Sayapullo tiene una longitud de cauce de 13.935 Km, con una

pendiente promedio de $S=0.1041$ m/m, con un desnivel de 1,450 m.

Rio San Jorge

El rio San Jorge presentan aguas permanentes durante todo el año debidas a las fuertes precipitaciones en las partes altas de dicha Microcuenca y el aporte de sus tributarios las quebradas Huaycot, Agua Blanca, Salagual, Huacchiquero, Peña Blanca, Callejon, Colpa, Campoden, etc., y de los ríos Sayapullo y Sunchubamba hasta la altura de la intercepción con el rio Cospan ya que desde esta intercepción para adelante lleva el nombre de Rio Chuquillanqui.

Este rio se encuentra ubicada a la margen izquierda del rio Chuquillanqui donde cuyas aguas presenta un régimen permanente presentándose las épocas de creciente entre los meses de enero - marzo, y estiaje entre los meses de Junio – Agosto.

El rio San Jorge tiene una longitud de cauce de 29.113 Km, con una pendiente promedio de $S=0.0515$ m/m, un desnivel de 1,500 m

– Sistema de la red de distribución

La Red de Riego en la subcuenca del rio Chuquillanqui está constituida por Canales de Derivación (CD) con sus respectivos canales laterales que se abastecen del cauce principal y de sus tributarios. En la subcuenca el riego es superficial o por gravedad, con estructuras de captación, en la mayoría de los casos, y la existencia de gran cantidad de tomas para los laterales y prediales, las cuales son rústicas que contribuyen en la distribución del agua.

Toma de captación del Canal Punguchique.

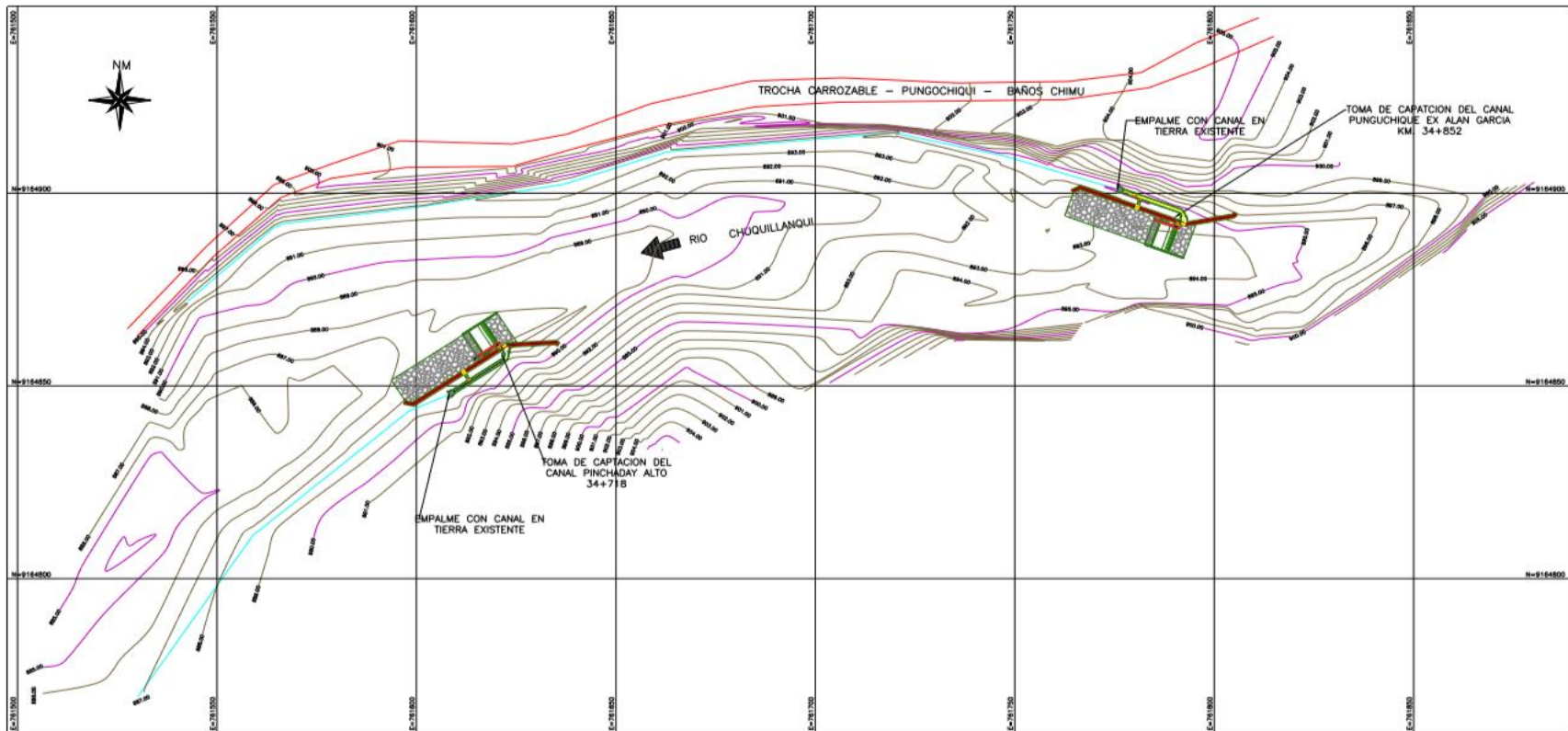
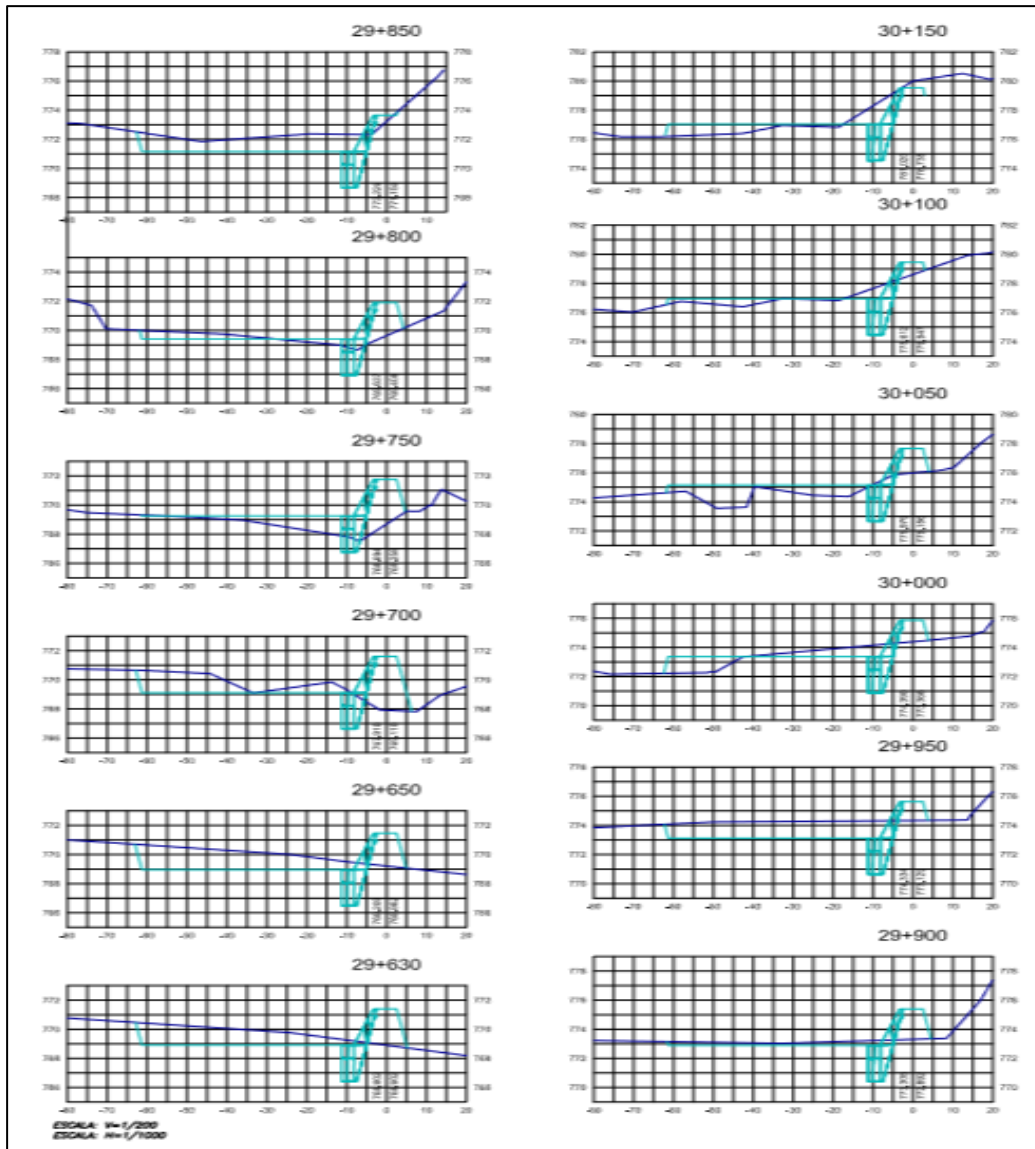


Figura 22: Tomas de captación en planta



Planilla de metrado sector Huatay / KM. 29+630 KM. 30+157.178

PROG.	AREA m ²		Volumen m ³		Volumen Acumulado m ³	
	Corte	Relleno	Corte	Relleno	Corte	Relleno
29+630	68.3100	18.7817				
29+650	78.8677	16.3564	1471.7770	351.3814	1471.7770	351.3814
29+700	53.1362	30.9063	3300.0990	1181.5691	4771.8760	1532.9505
29+750	4.3512	49.0659	1437.1847	1999.3056	6209.0608	3532.2561
29+800	20.8368	20.4793	629.6996	1738.6308	6838.7604	5270.8869
29+850	25.4312	14.7870	2323.9491	583.8609	9162.7095	5854.7478
29+900	72.1211	2.8751	2438.8097	441.5523	11601.5191	6296.3001
29+950	25.4312	14.7870	2564.1034	573.4780	14165.6226	6869.7781
30+000	77.1329	8.1521	2671.9019	878.5567	16837.5244	7748.3348
30+050	29.7432	26.9901	1105.5131	1918.1020	17943.0375	9666.4368
30+100	14.4773	49.7339	879.9948	2537.5959	18823.0323	12204.0326
30+150	20.7225	51.7699	518.0613	1294.2474	19341.0936	13498.2800
30+157.178	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	19341.0936	13498.2800

Figura 23: Transversales – toma de captación

A continuación, se citan las características generales de los canales de derivación más importantes de la subcuenca del Rio Chuquillanqui:

- **Microcuenca del Rio Cospan**

Canal Santa

El canal Santa es para uso agrícola el cual se ubica a la margen derecha del rio Cospan, cuyas aguas son aprovechadas por el desnivel natural de dicho rio.

Su canal de conducción es de concreto, de sección rectangular y de dimensiones definidas, con una capacidad de 152.35 l/s. Este canal cuyas aguas alimentan a toda la zona de los caseríos de Santa regando aproximadamente 22 has, siendo predominante en la zona el cultivo de la Pastos y Alfalfa.

Canal Damallus

El canal Damallus es para uso agrícola el cual se ubica a la margen derecha de la quebrada Campoden. Su toma es rustica con un barraje constituida de piedras y palos, cuyas aguas son aprovechadas por la captación el desnivel natural del rio.

Su canal de conducción es rustica, de sección irregular y de dimensiones variables, con una capacidad de 91.38 l/s. Este canal cuyas aguas alimentan a toda la zona de los caseríos Campoden regando aproximadamente 30 has, siendo predominante en la zona el cultivo de la Pastos Naturales.

Canal Campoden

El canal Campoden se ubica a la margen izquierda de la quebrada Campoden donde su barraje constituida de piedras y su toma es rustica para uso agrícola donde cuyas aguas son aprovechadas por la captación el desnivel natural del rio.

Su canal de conducción es rustica, de sección irregular y de dimensiones variables, con una capacidad de 45.15 l/s. Este canal cuyas aguas alimentan a toda la zona de los caseríos Campoden regando aproximadamente 15.0 has, siendo predominante en la zona el cultivo de Pastos Naturas.

Canal Chaido

El canal Chaido es para uso agrícola el cual se ubica a la margen derecha de la quebrada Campoden. Su toma es rustica donde su barraje constituida de piedras y palos, cuyas aguas son aprovechadas por la captación el desnivel natural del rio.

Su canal de conducción es rustica, de sección irregular y de dimensiones variables, con una capacidad de 65.48 l/s. Este canal riega aproximadamente 27.0 has, siendo predominante en la zona el cultivo de Pastos Naturales.

- Microcuenca del Rio San Jorge

Canal Chirimoyo

El canal Chirimoyo es para uso agrícola el cual se ubica a la margen izquierda del rio Sayapullo. Su toma es rustica para uso agrícola donde

su barraje constituida de piedras y palos, cuyas aguas son aprovechadas por la captación el desnivel natural del rio.

Su canal de conducción es rustica, de sección irregular y de dimensiones variables, con una capacidad de 209.90 l/s, cuyas aguas alimentan a toda la zona de los caseríos de Sayapullo regando aproximadamente 2000 has, siendo predominante en la zona el cultivo de la Maíz y algunos frutales.

Canal Chanchamayo

El canal Chanchamayo es para uso agrícola el cual se ubica a la margen derecha del rio Sayapullo. Su toma es rustica con un barraje constituida por piedras y palos, cuyas aguas son aprovechadas por la captación el desnivel natural del rio.

Su canal de conducción es rustica, de sección irregular y de dimensiones variables, con una capacidad de 63.96 l/s., regando aproximadamente 300 has, siendo predominante en la zona el cultivo de la Maíz y Frutales.

Canal Membrillar

El canal Membrillar se ubica a la margen derecha de la quebrada Membrillar. Su toma es rustica para uso agrícola con un barraje constituida de piedras y palos, cuyas aguas son aprovechadas por la captación el desnivel natural del rio.

Su canal de conducción es rustica, de sección irregular y de dimensiones variables, con una capacidad de 81.12 l/s, regando

aproximadamente 1000 has, siendo predominante en la zona el cultivo de la Frutales y Maíz.

Canal Guanábana Alto

El canal Guanábana Alto es para uso agrícola el cual se ubica a la margen derecha de la quebrada Membrillar. Su toma es rustica para uso agrícola con un barraje constituida de piedras y palos, cuyas aguas son aprovechadas por la captación el desnivel natural del rio.

Su canal de conducción es rustica, de sección irregular y de dimensiones variables, con una capacidad de 67.86 l/s. Regando aproximadamente 17.3 has, siendo predominante en la zona el cultivo de la Frutales y Maíz.

Canal Simbron

El canal Simbron es para uso agrícola el cual se ubica a la margen izquierda de la quebrada Membrillar. Su toma es rustica con un barraje constituida por piedras y palos.

Su canal de conducción es rustica, de sección irregular y de dimensiones variables, con una capacidad de 76.61 l/s, cuyas aguas alimentan a toda la zona de Simbron regando aproximadamente 40 has, siendo predominante en la zona el cultivo de la Frutales y Maíz.

Canal Chilin

El canal Chilin es para uso agrícola el cual se ubica a la margen izquierda de la quebrada Colpa. Su toma es rustica con un barraje constituida por piedras.

Su canal de conducción es rustica, de sección irregular y de dimensiones variables, con una capacidad de 67.75 l/s, cuyas aguas riegan aproximadamente 1000 h, siendo predominante en la zona el cultivo de Frutales y Maíz.

Canal Tucare

El canal Tucare es para uso agrícola el cual se ubica a la margen izquierda de la quebrada Colpa. Su toma es rustica cuyas aguas son aprovechadas por la captación el desnivel natural del rio. Su canal de conducción es rustica, de sección irregular y de dimensiones variables, con una capacidad de 27.69 l/s, cuyas aguas riegan aproximadamente 50 has, siendo predominante en la zona el cultivo de Frutales y Maíz.

Canal Choloque

El canal Choloque es para uso agrícola el cual se ubica a la margen izquierda de la quebrada Colpa. Su toma es rustica con un barraje constituida por piedras y palos, cuyas aguas son aprovechadas por la captación el desnivel natural del rio.

Su canal de conducción es rústica, de sección irregular y de dimensiones variables, con una capacidad de 49.50 l/s, cuyas aguas riegan aproximadamente 70 has, siendo predominante en la zona el cultivo de la Uva y Maíz.

Canal Colpa

El canal Colpa es para uso agrícola el cual se ubica a la margen derecha de la quebrada del mismo nombre. Su toma es rustica con un barraje constituida de piedras y palos.

Su canal de conducción es rustica, de sección irregular y de dimensiones variables, con una capacidad de 81.42 l/s, cuyas aguas alimentan a toda la zona de los caseríos de Farrat y Colpa regando aproximadamente 50 has, siendo predominante en la zona el cultivo de la Frutales y Maíz.

Canal Brasil

El canal Brasil se ubica a la margen derecha de la quebrada Colpa. Su toma es rustica para uso agrícola con un barraje constituida de piedras y palos, cuyas aguas son aprovechadas por la captación el desnivel natural del rio.

Su canal de conducción es rustica, de sección irregular y de dimensiones variables, con una capacidad de 90.18 l/s., cuyas aguas alimentan aproximadamente 250 has, siendo predominante en la zona el cultivo de la Uva y Maíz.

Canal Aurora

El canal Aurora es para uso agrícola el cual se ubica a la margen derecha de la quebrada Colpa. Su toma es rustica con un barraje constituida por piedras y palos, cuyas aguas son aprovechadas por la captación el desnivel natural del rio.

Su canal de conducción es rustica, de sección irregular y de dimensiones variables, siendo predominante en la zona el cultivo de la Uva y Maíz,

- InterCuenca del Rio Chuquillanqui

Canal Pinchaday Alto

El canal Pinchaday Alto es para uso agrícola el cual se ubica a la margen izquierda del río Chuquillanqui a la altura conocida como los Baños de Chimú. Su toma es rustica con un barraje constituida por piedras y palos.

Su canal de conducción es rustica, de sección irregular y de dimensiones variables, con una capacidad de 111.07 l/s, cuyas aguas alimentan aproximadamente 35 has, siendo predominante en la zona el cultivo de la Arroz y Maíz.

Canal Alan García

El canal Alan García es para uso agrícola el cual se ubica a la margen derecha del río Chuquillanqui. Su barraje constituida por piedras y palos con una toma que es de concreto, de sección rectangular y de dimensiones definidas, con una capacidad de 201.80 l/s., donde riega un aproximado de 40 has. Siendo sus cultivos predominantes el Arroz, Maíz y Frutales.

- Generación de caudales maximos - en la sub cuenca

Se ha realizado una revisión de los estudios sobre hidrología e información de descargas máximas del río Chicama; de los cuales se menciona los siguientes:

- Estudio de Recursos Hídricos Superficiales en la Cuenca del Río Chicama: Análisis de Máximas Avenidas.
- Evaluación y Ordenamiento de los Recursos Hídricos en la Cuenca del río Chicama, Análisis de Caudales Máximos, elaborado por la Intendencia de Recursos Hídricos del INRENA.

Considerando el Estudio Recursos Hídricos Superficiales en la Cuenca del Río Chicama.

Análisis

- La información para los cálculos de los caudales máximos fueron datos históricos de precipitaciones máximas de 24 horas, de 6 estaciones meteorológicas, distribuidas en la cuenca (San Benito, Capachique, Callancas, Contumaza, Cospan, Cascas y Sinsicap).
- Para un mejor análisis, la cuenca fue dividida en 7 subcuencas, de los cuales se han determinado sus características fisiográficas, siendo una de ellas, el tiempo de concentración, estimado por las fórmulas de Kirpich, Temes y Bransby Williams.
- El análisis de frecuencia de la precipitación máxima diaria fue realizado para tres distribuciones probabilísticas: Pearson Tipo III, Log Pearson Tipo III y Gumbel. De la prueba de bondad de ajuste, método de Kolgomorov – Smirnov, se presenta un resumen en la tabla.
- La determinación de los caudales fue realizada por el Método Racional para tres periodos de retorno, 25, 100 y 500 años.

Características de las Sub-cuencas de Drenaje

En la tabla 02, se detalla las características de las subcuencas consideradas.

Tabla 04

Características de las subcuencas

N°	Nombre	Area (Km ²)	Longitud del cauce (m)	Cota (msnm)		Desnivel (m)	Pendiente (m/m)	Tiempo de concentración (horas)			
				Máxima	Mínima			Kirpich	Temes	Bransby Williams	Promedio
1	Río Chuquillanqui	909.20	52,200	4100	750	3350	0.0642	4.01	10.21	11.13	8.45
2	Río Huancay	1,186.00	76,900	4150	750	3400	0.0442	6.24	14.72	17.2	12.72
3	Río Ochape	217.20	30,600	3900	850	3050	0.0997	2.25	6.26	6.89	5.13
4	Río Machasen	67.51	15,741	4200	750	3450	0.2192	0.99	3.25	3.4	2.55
5	Río San Felipe	70.80	20,566	3800	700	3100	0.1507	1.41	4.28	4.77	3.49
6	Río Quiripano	327.60	36,300	3750	500	3250	0.0895	2.67	7.27	8.02	5.99
7	Río Santanero	567.40	36,800	4200	750	3450	0.0938	2.65	7.29	7.62	5.85

Fuente: Estudio de Recursos Hídricos Superficiales en la Cuenca del Río Chicama

Cálculo de las lluvias máximas

Aplicando el modelo de Frederick Bell, fue estimado la precipitación máxima para un periodo de retorno y un tiempo en minutos.

La información fue tomada del “Estudio de Recursos Hídricos Superficiales en la Cuenca del Río Chicama”.

En las siguientes tablas se presenta las intensidades máximas en mm/h, por tiempo de retorno en años y tiempo de duración en minutos.

Tabla 05

Intensidades máximas (mm/h), estación San Benito

T años	P.max. 24 horas	Duración en minutos					
		5	10	15	20	30	60
200	76.1904	111.1	83.2	67.8	58	46	30.2
100	69.6306	101.2	75.7	61.7	52.8	41.9	27.5
50	63.0467	91.3	68.3	55.7	47.7	37.8	24.8
25	56.4139	81.4	60.9	49.7	42.5	33.7	22.1
10	47.4731	68.3	51.1	41.7	35.6	28.3	18.4
5	40.3969	58.4	43.7	35.6	30.5	24.2	15.9
3	34.777	51.1	38.2	31.2	26.7	21.2	13.9
2	29.7092	45.3	33.9	27.6	23.6	18.8	12.3

Fuente: Estudio de Recursos Hídricos Superficiales en la Cuenca del Río Chicama

Tabla 06

Intensidades máximas (mm/h), estación Capachique

T años	P.max. 24 horas	Duración en minutos					
		5	10	15	20	30	60
200	76.1904	81.5	61	49.7	42.6	33.8	22.2
100	69.9306	74.3	55.6	45.3	38.8	30.8	20.2
50	63.0467	67	50.2	40.9	35	27.2	18.2
25	56.4139	59.7	44.7	36.4	31.2	24.7	16.2
10	47.4731	50.1	37.5	30.6	26.2	20.8	13.5
5	40.3969	42.9	32.1	26.1	22.4	17.7	11.6
3	34.777	37.5	28.1	22.9	19.6	15.5	10.2
2	29.7092	33.2	24.9	20.3	17.4	13.8	9

Fuente: Estudio de Recursos Hídricos Superficiales en la Cuenca del Río Chicama

Tabla 07

Intensidades máximas (mm/h), estación Callancas

T años	P.max. 24 horas	Duración en minutos					
		5	10	15	20	30	60
200	47.22	66.2	49.5	40.4	34.5	27.4	18
100	45.63	60.3	45.1	36.8	31.5	25	16.4
50	43.71	54.4	40.7	33.2	28.4	22.5	14.8
25	41.38	48.5	36.3	29.6	25.3	20.1	13.2
10	37.4	40.7	30.4	24.8	21.2	16.8	11
5	33.37	34.8	26	21.2	18.2	14.4	9.5
3	29.46	30.4	22.8	18.6	15.9	12.6	8.3
2	25.31	27	20.2	16.5	14.1	11.2	7.3

Fuente: Estudio de Recursos Hídricos Superficiales en la Cuenca del Río Chicama

Tabla 08

Intensidades máximas (mm/h), estación Contumazá

T años	P.max. 24 horas	Duración en minutos					
		5	10	15	20	30	60
200	625.9365	165	123.5	100.6	86.1	68.3	44.8
100	420.7183	150.3	112.5	91.7	78.4	62.2	40.8
50	281.2245	135.6	101.5	82.7	70.8	56.1	36.8
25	186.4496	120.8	90.4	73.7	63.1	50	32.8
10	106.1086	101.4	75.9	61.9	52.9	42	27.4
5	67.4148	86.7	64.9	52.9	45.2	35.9	23.6
3	46.9388	75.9	56.8	46.3	39.6	31.4	20.6
2	34.0044	67.3	50.3	41	35.1	27.8	18.3

Fuente: Estudio de Recursos Hídricos Superficiales en la Cuenca del Río Chicama

Tabla 09

Intensidades máximas (mm/h), estación Cospan

T años	P.max. 24 horas	Duración en minutos					
		5	10	15	20	30	60
200	70.2285	88.7	66.4	54.1	46.3	36.7	24.1
100	66.6435	80.8	60.5	49.3	42.2	33.4	22
50	62.7911	72.9	54.5	44.4	38	30.2	19.8
25	58.5869	65	48.6	39.6	33.9	26.9	17.7
10	52.24	54.5	40.8	33.3	28.5	22.6	14.7
5	46.464	46.6	34.9	28.4	24.3	19.3	12.7
3	41.2344	40.8	30.5	24.9	21.3	16.9	11.1
2	35.894	36.2	27.1	22.1	18.9	15	9.8

Fuente: Estudio de Recursos Hídricos Superficiales en la Cuenca del Río Chicama

Tabla 10

Intensidades máximas (mm/h), estación Cascas

T años	P.max. 24 horas	Duración en minutos					
		5	10	15	20	30	60
200	150.1436	83.6	62.6	51	43.6	34.6	22.7
100	118.7526	76.2	57	46.5	39.7	31.5	20.7
50	92.8368	68.7	51.4	41.9	35.9	28.4	18.7
25	71.4661	61.2	45.8	37.4	32	25.4	16.6
10	48.8451	51.4	38.5	31.4	26.8	21.3	13.9
5	35.0883	43.9	32.9	26.8	22.9	18.2	11.9
3	26.3543	38.4	28.8	23.5	20.1	15.9	10.4
2	19.9413	34.1	25.5	20.8	17.8	14.4	9.3

Fuente: Estudio de Recursos Hídricos Superficiales en la Cuenca del Río Chicama

Tabla 11

Intensidades máximas (mm/h), estación Sinsicap

T años	P.max. 24 horas	Duración en minutos					
		5	10	15	20	30	60
200	110.8794	93.2	69.8	56.9	48.7	38.6	25.3
100	97.7329	84.9	63.5	51.8	44.3	35.2	23.1
50	84.768	76.6	57.3	46.7	40	31.7	20.8
25	71.9774	68.3	51.1	41.7	35.6	28.3	18.6
10	55.3047	57.3	42.9	35	29.9	23.7	15.5
5	42.8113	49	36.7	29.9	25.6	20.3	13.3
3	33.6139	42.9	32.1	26.1	22.4	17.7	11.7
2	26.1876	38	28.4	23.2	19.8	15.7	10.3

Fuente: Estudio de Recursos Hídricos Superficiales en la Cuenca del Río Chicama

Cálculo de los factores característicos de la zona de estudio

A partir de la expresión y aplicando regresión múltiple, se han estimado

los factores K , m y n .

$$I = \frac{KT^m}{t^n}$$

Tabla 12

Factores de la zona de estudio

Estación	Factores		
	K	M	n
San Benito	103.06	0.193	0.527
Capachique	75.7	0.193	0.527
Callancas	61.35	0.193	0.527
Contumaza	153.1	0.193	0.527
Cascas	77.6	0.193	0.527
Cospan	82.29	0.193	0.527
Sinsicap	86.43	0.193	0.527

Fuente: Estudio de Recursos Hídricos Superficiales en la Cuenca del Río Chicama

Cálculo del caudal máximo por el Método Racional

Método usado para pequeñas cuencas, donde: (1) la descarga alcanza su máximo en un tiempo igual o mayor que el concentración, (2) el coeficiente de escorrentía es igual para todas las tormentas en una sub cuenca dada.

$$Q = \frac{CIA}{3.6}$$

Donde:

Q = Descarga pico en m³/s

C = Coeficiente de escorrentía

I = Intensidad de precipitación

A = Área de la cuenca en Km²

En la tabla 10, se indica los caudales máximos, calculados por el Método Racional.

Tabla 13

Caudales máximos, método Racional

N°	Nombre	Estación Meteorológica	Tiempo de concentración		Coeficiente de escorrentía C	Intensidad mm/hora				Caudal máximo (m ³ /s)			
			Horas	Minutos		T = 10 años	T = 25 años	T = 50 años	T = 100 años	T = 10 años	T = 25 años	T = 50 años	T = 100 años
1	Río Chuquillanqui	Capachique	8.45	507	0.4	4.43	5.29	6.05	6.91	447.69	534.29	610.77	698.19
1*	Río Chuquillanqui	Cospan	8.45	507	0.4	4.82	5.75	6.57	7.51	486.66	580.80	663.94	758.97
2	Río Huancay	Callancas	12.72	763.2	0.4	2.90	3.46	3.95	4.52	381.51	455.31	520.48	594.99
2*	Río Huancay	Capachique	12.72	763.2	0.4	3.57	4.26	4.87	5.57	470.75	561.81	642.23	734.15
3	Río Ochape	Cascas	5.13	308	0.4	5.91	7.05	8.06	9.21	142.56	170.14	194.50	222.34
4	Río Machasen	Cascas	2.55	152.8	0.4	8.55	10.20	11.66	13.33	64.11	76.52	87.47	99.99
5	Río San Felipe	Cascas	3.49	209.2	0.4	7.24	8.64	9.88	11.30	56.98	68.00	77.74	88.86
6	Río Quiripano	Sinsicap	5.99	359.2	0.4	6.07	7.24	8.28	9.46	220.85	263.58	301.30	344.43
7	Río Santanero	Cascas	5.85	351.2	0.4	5.51	6.58	7.52	8.60	347.54	414.77	474.14	542.00

Fuente: Estudio de Recursos Hídricos Superficiales en la Cuenca del Río Chicama

4. Cálculo del caudal máximo por el Método del Hidrograma Triangular

El método del Hidrograma Triangular se basa en un hidrograma unitario de duración igual al tiempo de concentración, etc.

Tabla 14

Caudales máximos, método Hidrograma Triangular

N°	Nombre	Estación Meteorológica	Tiempo de concentración (tc)	Tiempo de retraso (tr)	Tiempo de pico (tp)	Tiempo base (tb)	Caudal unitario (qp)	Número de Curva	Máxima retención (S)	Lluvia efectiva Pe (mm)				Caudal Máximo (m ³ /s)			
			Horas	Horas	Horas	Horas	m ³ /s/m m	N	mm	T = 10 años	T = 25 años	T = 50 años	T = 100 años	T = 10 años	T = 25 años	T = 50 años	T = 100 años
1	Río Chuquillanqui	Capachique	8.45	5.07	9.30	24.82	20.33	80	63.50	12.30	17.82	22.26	26.91	250.18	362.39	452.70	547.20
1*	Río Chuquillanqui	Cospan	8.45	5.07	9.30	24.82	20.33	80	63.50	15.17	19.25	22.09	24.78	308.50	391.43	449.13	503.78
2	Río Huancay	Callancas	12.72	7.63	13.99	37.36	17.62	85	44.82	11.04	13.60	15.17	16.50	194.47	239.69	267.32	290.67
2*	Río Huancay	Capachique	12.72	7.63	13.99	37.36	17.62	85	44.82	17.80	24.40	29.57	34.89	313.53	429.90	521.04	614.71
3	Río Ochape	Cascas	5.13	3.08	5.65	15.08	8.00	75	84.67	8.74	21.36	35.88	55.59	69.84	170.82	286.89	444.49
4	Río Machasen	Cascas	2.55	1.53	2.80	7.48	5.01	70	108.86	5.39	15.58	28.07	45.69	27.01	78.02	140.61	228.89
5	Río San Felipe	Cascas	3.49	2.09	3.84	10.24	3.84	72	98.78	6.62	17.77	31.08	49.55	25.39	68.18	119.25	190.15
6	Río Quiripano	Sinsicap	5.99	3.59	6.59	17.58	10.34	75	84.67	11.97	21.69	30.17	39.46	123.74	224.25	312.02	408.00
7	Río Santanero	Cascas	5.85	3.51	6.44	17.19	18.32	75	84.67	8.74	21.36	35.88	55.59	160.01	391.34	657.25	1018.33

Fuente: Estudio de Recursos Hídricos Superficiales en la Cuenca del Río Chicama

5. Caudales promedios finales

Tomando el criterio del estudio indicado, se ha considerado el caudal final al promediado de los caudales calculados por el Método Racional e Hidrograma Triangular.

Tabla 15

Caudales máximos promedios

N°	Nombre	Estación Meteorológica	Método Racional			Método Hidrograma Triangular			Promedio		
			T = 10 años	T = 25 años	T = 50 años	T = 10 años	T = 25 años	T = 50 años	T = 10 años	T = 25 años	T = 50 años
1	Río Chuquillanqui	Capachique	447.69	534.29	610.77	250.18	362.39	452.70	348.931	448.341	531.734
2	Río Huancay	Callancas	381.51	455.31	520.48	194.47	239.69	267.32	287.988	347.501	393.903
3	Río Ochape	Cascas	142.56	170.14	194.50	69.84	170.82	286.89	106.205	170.479	240.691
4	Río Machasen	Cascas	64.11	76.52	87.47	27.01	78.02	140.61	45.5633	77.2709	114.04
5	Río San Felipe	Cascas	56.98	68.00	77.74	25.39	68.18	119.25	41.1865	68.0916	98.4916
6	Río Quiripano	Sinsicap	220.85	263.58	301.30	123.74	224.25	312.02	172.298	243.915	306.66
7	Río Santanero	Cascas	347.54	414.77	474.14	160.01	391.34	657.25	253.776	403.053	565.695

Fuente: Estudio de Recursos Hídricos Superficiales en la Cuenca del Río Chicama

a. Registros hidrométricos**Caudales máximos en 24 horas**

Es necesario identificar un período común de análisis, siendo este 1971 – 2010 en cuanto a caudales máximos en 24 horas, de acuerdo a la información disponible y que se requiere para efectos de cálculo.

Tabla 16**Estación hidrométrica para caudal máx. 24 horas**

ESTACIÓN	LATITUD	LONGITUD	ALTITUD
Salinar - El Tambo	07°40'00"S	78°58'00"W	350 msnm

Tabla 17: Registro de descarga máxima diaria del río Chicama (M3/S)

REGISTRO DE DESCARGA MAXIMA DIARIA DEL RIO CHICAMA (m³/s)
AÑO 1971 - 2010

Estación Salinar - El Tambo Latitud 7°40'00" S Departamento La Libertad
Tipo Longitud 78°58'00" W Provincia Ascope
Altitud 350 msnm Distrito Chicama

AÑOS	Caudal (m ³ /s)												MAXIMO
	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	
1971	26.04	101.72	427.09	286.43	32.62	12.43	7.31	5.79	7.02	10.48	8.58	26.69	427.09
1972	43.89	81.98	556.72	86.96	37.09	19.10	10.13	5.24	5.58	6.08	9.36	25.15	556.72
1973	118.22	100.05	161.79	466.69	97.09	26.83	15.55	9.84	10.83	21.23	14.93	26.51	466.69
1974	60.62	189.74	192.40	50.99	20.86	9.26	8.59	4.52	4.80	9.38	4.92	6.90	192.40
1975	38.04	245.94	406.90	212.75	43.20	18.59	8.98	10.00	10.12	32.50	12.03	6.20	406.90
1976	71.04	125.95	256.02	70.86	26.10	13.11	6.53	4.99	3.81	3.01	3.40	4.56	256.02
1977	35.92	382.00	184.00	149.00	43.70	13.30	8.00	5.95	5.12	7.49	4.90	4.90	382.00
1978	6.03	14.26	49.44	35.58	22.14	7.47	3.41	2.12	1.71	1.65	2.69	4.67	49.44
1979	6.78	37.50	181.52	36.20	9.69	6.60	3.10	2.38	2.21	1.29	0.96	0.89	181.52
1980	2.04	1.80	9.92	25.39	1.16	0.83	0.68	0.46	0.37	7.48	10.32	58.20	58.20
1981	17.87	289.00	326.50	30.33	13.71	6.70	4.12	2.64	1.88	6.86	19.71	34.88	326.50
1982	24.83	53.79	25.69	84.62	13.12	6.83	3.00	1.72	2.20	11.50	16.01	66.22	84.62
1983	112.35	81.80	900.00	600.00	400.00	72.00	15.60	9.00	9.12	11.80	9.06	38.32	900.00
1984	23.10	334.00	510.00	63.00	80.00	26.00	14.00	8.00	5.80	14.60	26.80	44.50	510.00
1985	9.30	24.46	71.00	24.40	10.52	4.86	2.99	1.94	4.14	2.70	1.40	7.32	71.00
1986	163.70	41.50	47.28	99.00	35.34	10.32	4.03	2.75	2.00	1.08	7.64	22.02	163.70
1987	123.42	153.78	72.61	59.04	46.29	7.19	3.73	4.34	2.24	2.99	7.27	3.40	153.78
1988	49.52	45.44	45.81	77.86	35.02	8.64	3.06	1.98	1.42	3.26	9.41	6.34	77.86
1989	32.13	178.21	137.04	116.08	46.86	9.95	6.98	4.02	2.96	18.12	13.38	1.69	178.21
1990	9.34	30.53	17.63	13.08	6.78	3.75	2.50	0.89	0.38	6.44	31.00	35.00	35.00
1991	8.88	21.63	79.51	36.89	18.25	4.76	1.59	0.63	0.30	3.04	3.10	12.51	79.51
1992	18.24	8.04	48.77	123.70	26.34	8.79	2.40	0.98	0.40	4.20	2.03	1.37	123.70
1993	7.69	78.40	297.94	177.18	47.44	20.30	6.99	4.04	9.09	23.34	57.91	47.06	297.94
1994	57.36	94.84	123.06	167.57	51.00	18.60	8.69	4.43	2.97	3.06	7.87	15.51	167.57
1995	15.78	77.27	43.46	61.85	13.54	6.40	3.46	2.73	1.14	0.88	6.76	24.29	77.27
1996	54.46	117.67	158.82	99.90	28.10	10.90	5.42	2.96	1.78	5.97	7.70	0.80	158.82
1997	2.46	33.39	23.14	24.18	20.21	3.36	1.84	0.43	0.18	3.46	16.53	112.42	112.42
1998	433.25	1,500.00	806.53	496.67	89.94	28.58	14.96	9.47	7.23	14.11	8.88	9.71	1,500.00
1999	38.67	313.15	155.57	69.87	78.18	20.43	13.79	7.34	9.38	13.87	7.94	29.68	313.15
2000	21.39	147.82	309.98	176.90	136.27	20.83	13.01	7.31	6.67	7.38	4.08	24.75	309.98
2001	71.55	93.30	328.94	255.60	29.76	20.22	11.10	7.22	6.75	5.39	27.41	21.54	328.94
2002	17.36	62.96	146.08	157.76	36.70	15.84	8.82	6.59	3.55	12.93	20.24	31.09	157.76
2003	26.72	44.27	44.45	40.11	27.22	8.93	5.22	2.78	1.74	1.30	1.81	28.78	44.45
2004	10.30	32.78	43.76	32.38	10.32	5.58	2.38	0.88	0.86	12.00	19.70	9.54	43.76
2005	25.25	39.74	63.81	51.26	14.42	3.94	2.46	1.01	0.45	3.02	0.93	18.70	63.81
2006	28.80	80.58	168.10	108.40	31.90	12.18	5.86	3.12	2.37	1.81	11.49	35.26	168.10
2007	39.34	47.46	112.53	120.94	43.66	14.94	6.24	4.27	2.90	8.58	14.46	10.88	120.94
2008	66.85	196.50	135.42	160.94	40.56	18.50	11.28	6.37	5.38	16.66	23.47	13.92	196.50
2009	65.15	131.38	186.21	95.68	45.44	20.67	11.26	7.04	4.82	9.89	29.36	51.94	186.21
2010	23.12	58.46	59.60	82.94	0.06	0.02	0.01	0.01	0.00	0.00	0.01	0.01	82.94
N° Dats	40.00	40.00	40.00	40.00	40.00	40.00	40.00	40.00	40.00	40.00	40.00	40.00	40.00
Promedio (m ³ /s)	50.17	142.33	197.88	128.23	45.27	13.69	6.73	4.20	3.79	8.27	12.14	23.10	250.29
Maxima (m ³ /s)	433.25	1,500.00	900.00	600.00	400.00	72.00	15.60	10.00	10.83	32.50	57.91	112.42	1,500.00
Desv. Estándar	72.03	239.33	205.50	131.16	63.86	11.95	4.44	2.87	3.07	7.05	11.18	22.35	269.20
Prom. de desviacione	39.80	118.23	147.50	88.44	31.03	7.81	3.70	2.39	2.56	5.43	8.05	16.24	173.90

Fuente: ALA Chicama <ala-chicama@ana.gob.pe>

b. Probabilidad de ocurrencia

Existen varias fórmulas para calcular la probabilidad de ocurrencia, la misma que se muestra en las siguientes tablas, siendo la más utilizada la fórmula de Weibull.

Formulas empíricas para determinar la Probabilidad de ocurrencia

Método	Probabilidad de Ocurrencia (P)
California	$\frac{m}{n}$
Hazen	$\frac{m - 1/2}{n}$
Weibull	$\frac{m}{n + 1}$
Chegadayev	$\frac{m - 0.3}{n + 0.4}$
Blom	$\frac{m - 3/8}{n + 1/4}$
Tukey	$\frac{3m - 1}{3n + 1}$
Gringorten	$\frac{m - a}{n + 1 - 2a}$

Donde:

P= Probabilidad experimental o frecuencia relativa empírica

m= Número de Orden

n= Número de datos

a = Valor comprendido en el intervalo $0 < a < 1$, y depende de n , de acuerdo a la siguiente tabla:

N	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100
A	0.448	0.443	0.442	0.441	0.440	0.440	0.440	0.440	0.439	0.439

Análisis estadístico de caudales máximos

– Función de probabilidad

Una función $f(x)$ es llamada función de probabilidad o función de densidad de la variable aleatoria continua X si cumple con las siguientes condiciones:

$$f(x) \geq 0, \forall x \in R$$

$$\int f(x)dx = 1, \text{ Cuando se encuentra en los límites } -\infty \text{ y } \infty$$

Sea el evento

$$A = (x/a \leq x \leq b)$$

Luego:

$$P(A) = P(x \in A) = P(a \leq x \leq b) = \int f(x)dx$$

Cuando se encuentra entre los límites a y b .

En la estadística existen decenas de funciones de distribución de probabilidad teórica; y obviamente no es posible probarlas todas para un problema particular, por lo tanto, es necesario escoger uno de esos modelos, el que se adapte mejor al problema bajo análisis.

Para el análisis de las precipitaciones máximas de la cuenca del río Chicama se han utilizado los últimos registros históricos máximos de

24 horas de 10 años (1998-2007), para ello se ajustaron a 6

Distribuciones de probabilidades las cuales son:

- Distribución Normal Estándar.
- Distribución Gumbel (Distribución extrema Tipo I).
- Distribución Log Pearson Tipo III.
- Distribución Log Normal II Parámetros.
- Distribución Log Normal III Parámetros.
- Distribución Frechet.

– Métodos de estimación de parámetros de las funciones probabilísticas

Existen varias técnicas para la estimación de los parámetros de una distribución entre otras estas son:

- Método de Momentos
- Método de máxima verosimilitud
- Método de mínimos cuadrados
- Método gráfico

El objetivo de la estimación de los parámetros es de relacionar los registros observados (media, variancia, sesgo, etc.) de un fenómeno aleatorio con el modelo probabilístico seleccionado. En este trabajo se desarrollarán los dos primeros métodos.

– Método de momentos

- Distribución normal

El método de momentos fue desarrollado por primera vez por Karl Pearson en 1,902. Él consideró que unos buenos estimativos de los

parámetros de una función de probabilidad son aquellos para los cuales los momentos de la función de densidad de probabilidad alrededor del origen son iguales a los momentos correspondientes de la información de la muestra.

El método de momentos selecciona valores para los parámetros de la función de densidad de probabilidad de tal manera que sus momentos son iguales a aquellos de la información de la muestra.

$$\sum_{i=1}^n \frac{X_i}{n} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n X_i = \bar{X}$$

La media o promedio es el estimador que corresponde a la función teórica de probabilidad que es:

$$u = \int_{-\infty}^{\infty} xf(x)dx$$

Originalmente Pearson consideró solamente momentos alrededor del origen, pero posteriormente se volvió común el uso de la varianza como el segundo momento central,

$$\sigma^2 = E\left[(x - u)^2\right],$$

y el coeficiente de asimetría como el tercer momento central estandarizado,

$$\gamma = E\left[\frac{(x-u)^3}{\sigma^3}\right],$$

para determinar el segundo y el tercer parámetro de la distribución.

Cuando la distribución de probabilidad, a la que se estima los parámetros por este método es simétrica y particularmente si es normal, se puede demostrar que este método es muy eficiente, pero cuando las distribuciones son asimétricas y por lo tanto sesgadas, como ocurre muy a menudo con las variables hidrológicas, el utilizar este método representa una pérdida de eficiencia en la estimación.

Ajuste de una serie de datos a la distribución normal

Tabla 18

Cálculos del ajuste Smirnov Kolmogorov:

m	X	P(X)	F(Z) Ordinario	F(Z) Mom Lineal	Delta
1	35.00	0.0238	0.2156	0.1586	0.1918
2	43.76	0.0476	0.2253	0.1689	0.1777
3	44.45	0.0714	0.2261	0.1697	0.1547
4	49.44	0.0952	0.2318	0.1758	0.1365
5	58.2	0.1190	0.2419	0.1867	0.1228
6	58.52	0.1429	0.2422	0.1872	0.0994
7	63.81	0.1667	0.2485	0.1940	0.0818
8	71.00	0.1905	0.2570	0.2035	0.0666
9	77.27	0.2143	0.2647	0.2120	0.0504
10	77.86	0.2381	0.2654	0.2129	0.0273
11	79.51	0.2619	0.2674	0.2151	0.0055
12	82.94	0.2857	0.2717	0.2199	0.0141
13	84.62	0.3095	0.2737	0.2223	0.0358
14	112.42	0.3333	0.3094	0.2636	0.0240
15	120.94	0.3571	0.3207	0.2770	0.0364
16	123.70	0.3810	0.3244	0.2814	0.0566
17	153.78	0.4048	0.3658	0.3315	0.0390

18	157.76	0.4286	0.3714	0.3384	0.0571
19	158.82	0.4524	0.3729	0.3402	0.0795
20	163.70	0.4762	0.3798	0.3487	0.0963
21	167.57	0.5000	0.3854	0.3556	0.1146
22	168.10	0.5238	0.3861	0.3565	0.1377
23	178.21	0.5476	0.4007	0.3746	0.1470
24	181.52	0.5714	0.4055	0.3805	0.1660
25	186.21	0.5952	0.4123	0.3891	0.1830
26	192.40	0.6190	0.4213	0.4004	0.1977
27	196.50	0.6429	0.4273	0.4079	0.2156
28	256.02	0.6667	0.5157	0.5199	0.1510
29	297.94	0.6905	0.5777	0.5984	0.1128
30	309.98	0.7143	0.5952	0.6203	0.1190
31	313.15	0.7381	0.5998	0.6260	0.1383
32	324.94	0.7619	0.6168	0.6471	0.1451
33	326.50	0.7857	0.6190	0.6498	0.1667
34	382.00	0.8095	0.6951	0.7417	0.1144
35	406.90	0.8333	0.7269	0.7784	0.1065
36	427.09	0.8571	0.7514	0.8059	0.1057
37	466.69	0.8810	0.7959	0.8533	0.0851
38	510.00	0.9048	0.8386	0.8956	0.0661
39	556.72	0.9286	0.8777	0.9304	0.0509
40	900.00	0.9524	0.9928	0.9991	0.0404
41	1500.00	0.9762	1.0000	1.0000	0.0238

Ajuste con momentos ordinarios:

Como el delta teórico 0.2156, es mayor que el delta tabular 0.2124.

Los datos no se ajustan a la distribución Normal, con un nivel de significación del 5%

Parámetros de la distribución normal:

Con momentos ordinarios:

Parámetro de localización (X_m)= 245.5107

Parámetro de escala (S)= 267.4623

Con momentos lineales:

Media lineal (Xl)= 245.5107

Desviación estándar lineal (Sl)= 210.4698

Caudal de diseño:

*El caudal de diseño para un periodo de retorno de 50 años es
1,012.041 m3/s.*

Según el Programa RIVER:

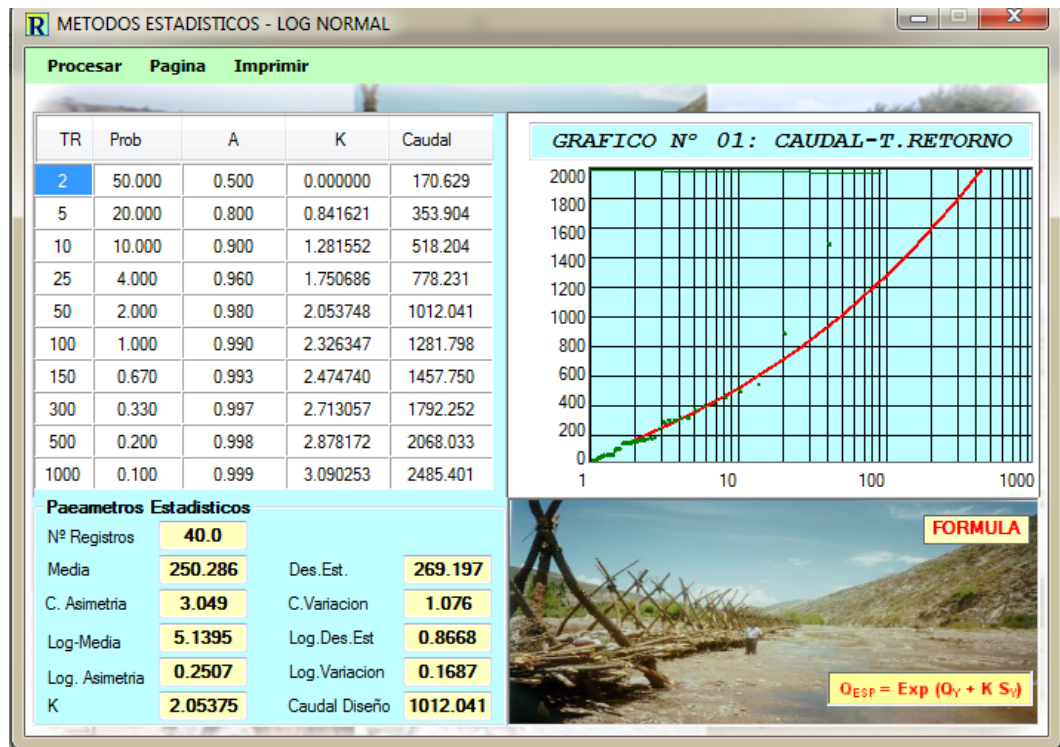


Figura 24: Metodos estadísticos – LOG NORMAL

Fuente: Programa RIVER

– **Verificación estadística de las distribuciones**

Para un mejor análisis de los datos hidrológicos es necesario conocer el tipo o forma de distribución teórica que puede representar aproximadamente a la distribución empírica (método estadístico) de

estos datos. Para averiguar cuan aproximada es esta distribución empírica a la teórica, es necesario realizar algunas pruebas estadísticas conocidas como prueba de ajuste.

Pruebas de ajuste

Consisten en comprobar gráfica y estadísticamente si la frecuencia empírica de la serie de registros analizados se ajusta a un determinado modelo probabilística adoptado a priori, con los parámetros estimados en base a los valores maestres.

Las pruebas estadísticas tienen por objeto medir la certidumbre que se obtiene al hacer una hipótesis estadística sobre una población. Es decir, calificar el hecho de suponer que una variable aleatoria se distribuye según un modelo probabilístico.

Los ajustes más comunes son:

Smirnov – Kolmogorow

Prueba de smirnov kolmogorov

Esta prueba consiste en comparar el máximo valor absoluto de la diferencia D que hay entre la función de distribución observada $F_0(P_m)$ y la estimada $F(P_m)$

$$D = \max |F_0(P_m) - F(P_m)|$$

Con un valor crítico d que depende del número de datos y el nivel de significancia seleccionada si $D < d$, se acepta la hipótesis. Esta prueba tiene la ventaja sobre la X^2 de que compara los datos con el modelo estadístico sin necesidad de agruparlos. La función de distribución de probabilidad observada se calcula como:

$$F_o(P_m) = 1 - \frac{m}{n+1}$$

Donde m es el número de orden del dato X_m en una lista de mayor a menor y n es el número total de datos.

Tabla 19

Valores críticos para la prueba Smirnov – Kolmogorov de bondad de ajuste

Tamaño de la muestra	a= 0.10	a = 0.05	a = 0.01
5	0.51	0.56	0.67
10	0.37	0.41	0.49
15	0.30	0.34	0.40
20	0.26	0.29	0.35
25	0.24	0.26	0.32
31	0.22	0.24	0.29
40	0.19	0.21	0.25
N grande	$1.22/\sqrt{n}$	$1.36/\sqrt{n}$	$1.63/\sqrt{n}$

En los cálculos anteriores desarrollados en el programa se muestra el procedimiento de cálculo por método de Smirnov Kolgomorov.

Selección del método estadístico apropiado

La distribución que mejor se ajusta es la distribución Log-Pearson Tipo III.

El caudal de diseño para un periodo de retorno de 50 años es **1,134.84 m³/s.**

En conclusión, después de realizar todas las pruebas de análisis estadístico la distribución que mejor se adecua es el método de **LOG PEARSON TIPO III** por que tiene menor error.

Según el Programa RIVER:

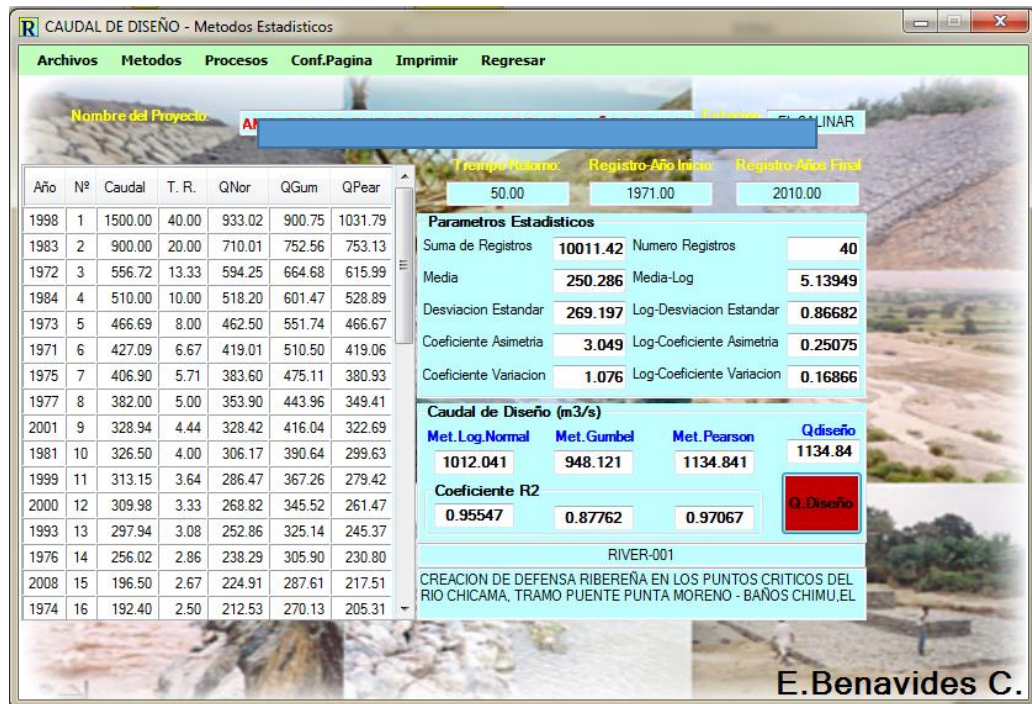


Figura 25: Caudal de diseño Metodos estadísticos

El caudal de diseño para el río Chicama según el Programa RIVER, es de 1,134.84 m³/Seg.

c. Hidráulica pluvial

Socavación

El proceso erosivo de la corriente de agua en los ríos, provoca la socavación en función básicamente a las características hidráulicas del río y las características granulométricas del material que conforma el cauce. La socavación resulta más intensa a medida que se incrementa el caudal y las velocidades del flujo del agua superan la velocidad crítica de erosión del material del lecho del río.

Siendo de interés la granulometría del cauce del río es que durante los trabajos de campo se ha efectuado toma de muestras representativas del lecho del río para proceder a obtener su distribución granulométrica en el Laboratorio de Mecánica de Suelos y obtenida por el Consultor en el muestreo superficial hecho en el lecho del río, la cual se presenta en la tabla N° 15, que a continuación se muestra.

Tabla 20

Determinación del diámetro medio del material de lecho del río Chicama

Denominacion	Tamiz		% Parcial Ret.	% Acum. Ret.	% Acum Pasa	Di x Pri
	(plg)	(mm)				
CANTOS RODADOS	15" @17"	406.40		0.00	100.00	0.0
	13" @15"	355.60		0.00	100.00	0.0
	11" @13"	304.80		0.00	100.00	0.0
	9" @11"	254.00		0.00	100.00	0.0
GUIJARROS Y GRAVAS	7" @9"	203.20		0.00	100.00	0.0
	5" @7"	152.40		0.00	100.00	0.0
	3" @5"	101.60		0.00	100.00	0.0
	2" @3"	63.50	41.92	41.92	58.08	2,661.9
	1 1/2"	37.50	9.34	51.26	48.74	350.3
	1"	25.40	6.96	58.22	41.78	176.8
	3/4"	19.00	5.56	63.78	36.22	105.6
	1/2"	12.50	3.78	67.56	32.44	47.3
	3/8"	9.50	2.98	70.54	29.46	28.3
N° 04	7.14	2.18	72.72	27.28	15.6	
LIMOS	N° 10	2.00	1.70	74.42	25.58	3.4
	N° 20	0.85	1.58	76.00	24.00	1.3
	N° 40	0.43	1.54	77.54	22.46	0.7
	N° 60	0.30	1.10	78.64	21.36	0.3
	N° 100	0.15	0.92	79.56	20.44	0.1
			Dm = 0.01 ∑ Di X Pri			33.9

Fuente: Estudio definitivo del Proyecto: Defensa Ribereña para el Río Chicama, Tramo Puente Moreno – Pampas Jaguey (margen izquierda)

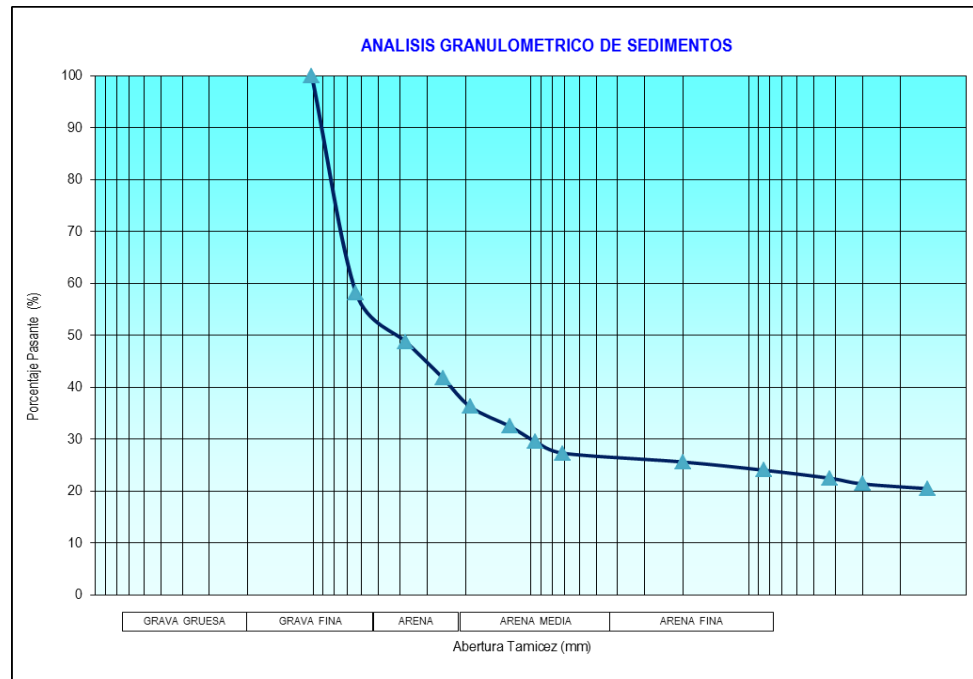


Figura 26: Análisis granulométrico

Fuente: Estudio definitivo del Proyecto: Defensa Ribereña para el Río Chicama, Tramo
Puente Moreno – Pampas jaguey (margen izquierda)

Con los resultados presentados en la tabla antes citada, es que se calcula el diámetro medio de las partículas en el lecho del río que es igual a 33.9 mm tratándose de un material de estructura granular y con presencia ligera de material cohesivo. Sin embargo, para efectos de cálculo se considera como lecho de material no cohesivo, esta hipótesis se basa en el hecho de que el cauce principal está compuesto por arena y grava, y que además durante la construcción de los diques serán removidos alterándose su estructura original. Para efectos del cálculo de la socavación sea general o local se ha utilizar varios métodos comúnmente usados en el dimensionamiento de obras hidráulicas, asumiendo las características hidráulicas obtenidas y de las características granulométricas del material que conforma el lecho del río.

Cauce de equilibrio del río

La teoría de régimen evalúa las características de un cauce natural que presente las condiciones de equilibrio es decir de un lecho que no sea erosionado y que no deposite para un caudal determinado. En ríos de cauce divagante conviene conocer las condiciones de equilibrio del cauce, puesto que al ser comparadas con sección real puede dar información sobre la posibilidad de creación de procesos erosivos

Para el caso particular del dique sobre el río, la construcción del mismo origina un estrechamiento u angostamiento que puedan alterar las condiciones del cauce si es que se escapan de las dimensiones del cauce en equilibrio.

El primer paso para resolver un problema de erosión involucra la elección de la correcta ubicación de la estructura hidráulica y las dimensiones de las aberturas entre los muros de encauzamiento entre ambas márgenes, que nos es el presente caso.

Para efectos del cálculo de la sección de equilibrio se ha utilizado la Teoría de Lacey, Simmon y Henderson, Blench y Pettis, cuyas formulaciones matemáticas para el presente caso se muestran la *Tabla 16*.

Tabla 21

Cálculo de la sección de equilibrio

Q _{DISEÑO} (m ³ /seg)	MÉTODO DE SIMONS Y HENDERSON		MÉTODO DE ALTUNIN - MANNING		MÉTODO DE BLENCH			
	B = K _f Q ^{1/2}		B = (Q ^{1/2} /S ^{1/5}) (n K ^{5/3}) ^{3/(3+5m)}		B = 1.81(Q F _f /F _s) ^{1/2}			
1,134.84	Condiciones de Fondo de río	K _f	B (m)	Valores rugosidad de Manning (n)		B (m)	Factores	
Pendiente Zona del Proyecto (m/m)	Fondo arena y orillas material no cohesivo	2.8	94.32	Descripción	n	158.90	Factor de Fondo	F _b
				Cauces de Río con fuerte transporte de acarreo = 0.035	0.035		Material Grueso	1.2
MÉTODO DE PETTIS		Descripción	K	Factor de Orilla	F _s			
0.00800	B = 4.44 Q ^{0.5}		Material fácilmente erosionable = 16 a 20			16	Materiales sueltos	0.1
	B (m)	Coeficiente de Tipo de Río						
	149.57	Descripción	m					
		Para cauces arenosos		0.7				
	MÉTODO DE LACEY		RESUMEN :					
	B = 4.831 Q ^{1/2}		MÉTODO		B (m)			
	B (m)							
	162.74	MÉTODO DE SIMONS Y HENDERSON			94.32			
		MÉTODO DE PETTIS			149.57			
		MÉTODO DE ALTUNIN - MANNING			158.90			
		MÉTODO DE BLENCH			211.22			
		RECOMENDACIÓN PRACTICA			105.39			
		=====> PROMEDIO B :			143.88			
		=====> SE ADOPTA B :			172.00			
				<i>Se elige este ancho por adaptarse a la zona de estudio.</i>				
				<i>Ancho entre estribos del Puente Punta Moreno.</i>				

Fuente: Estudio definitivo del Proyecto: Defensa Ribereña para el Río Chicama, Tramo Puente Moreno – Pampas jaguey (margen izquierda)

De la tabla anterior se desprende que el ancho que da lugar al cauce de equilibrio para un caudal de diseño igual al de máximas avenidas extraordinarias es igual a 172m., se toma dicho ancho ya que la estructura del Puente San Polo tiene dicho ancho.

Determinación de la socavación general

La socavación general de un río es aquella que se produce sobre el lecho en condiciones naturales; es decir, cuando las condiciones del cauce y flujo del río no han sido alteradas por efectos de la instalación de alguna estructura.

Para el cálculo de la socavación general se ha utiliza la fórmula propuesta por L.L. Lischtván-Ledeviev, cuya expresión matemática se encuentra en el libro: Mecánica de Suelos Tomo III Juárez Badillo, con un resumen descriptivo que se presenta a continuación:

$$H_s = ((a H_o^{5/3}) / (0.68 b d_m^{0.28}))^{1/(1+x)}$$

En donde:

H_o : Tirante medio del agua

S : Pendiente del río

n : Coeficiente de rugosidad de Manning

u : Coeficiente de contracción igual a 1.0 para el presente caso

d_m : Diámetro medio de las partículas del lecho del río

b : Constante que depende de la probabilidad de ocurrencia del caudal

$1/(1+x)$: Exponente que depende del d_m de las partículas del lecho del río

H_s : Tirante medio de socavación

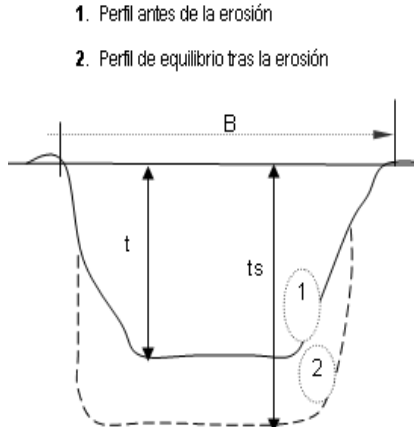
Z_g : Profundidad de socavación general

Los resultados de socavación general en el talweg del río en el tramo y eje, considerando la presencia de los muros de encauzamiento, en la situación con proyecto, obtenidos mediante la aplicación del Método de Lischtván–Lebediev se presentan en la *Tabla 17*.

Tabla 22

Resultado socavación general método lischtvan – lebediev.

CALCULO DE LA PROFUNDIDAD DE SOCAVACION (H _s)										
METODO DE LL. LIST VAN LEVEDIEV										
Suelos Granulares - No Cohesivos										
$t_s = ((\alpha t^{5/3}) / (0.68 D_m^{0.28} \beta))^{1/(x+1)} \dots\dots(1)$										
Suelos Cohesivos										
$t_s = ((\alpha t^{5/3}) / (0.60 \gamma_s^{1.18} \beta))^{1/(x+1)} \dots\dots(2)$										
Donde:										
t_s = Tirante despues de producirse la socavacion (m)										
t = Tirante sin socavacion (m)										
$t = 1.62 \text{ m}$										
D_m = Diametro Medio de las particulas (mm)										
$D_m = 9.525 \text{ mm}$										
γ_s = Peso Especifico suelo (Kg/m3)										
μ = Coeficiente de Contraccion										
α = Coeficiente >>>>>										
$\alpha = Q / (t_m^{5/3} B \mu)$										
Tirante medio (t_m) = A/B	Q (Caudal de Diseño)	Coeficiente de Contraccion (μ) Tabla N° 01	Ancho Estable	α						
$t_m = 1.59$	1,134.84	$\mu = 0.99$	B = 172.00	3.08						
PROFUNDIDAD DE SOCAVACION PARA SUELOS NO COHESIVO(1) :										
X : Exponente que depende de : D_m para suelos Granulares No Cohesivos y γ_s para suelos cohesivos. >>>>> TABLA N° 03		Coeficiente por Tiempo de Retorno : β (Tabla N°04)	TIRANTE DE SOCAVACION SUELOS GRANULARES - NO COHESIVOS							
X (Tabla N° 03)	1/x+1		$t_s = ((\alpha t^{5/3}) / (0.68 D_m^{0.28} \beta))^{1/(x+1)}$							
x = 0.34	0.74	$\beta = 0.97$	$t_s = 3.58 \text{ m}$							
<table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="2">PROFUNDIDAD DE SOCAVACION (H_s)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>H_s</td> <td>= $t_s - t$</td> </tr> <tr> <td>H_s</td> <td>= 1.96 m</td> </tr> </tbody> </table>					PROFUNDIDAD DE SOCAVACION (H _s)		H_s	= $t_s - t$	H_s	= 1.96 m
PROFUNDIDAD DE SOCAVACION (H _s)										
H_s	= $t_s - t$									
H_s	= 1.96 m									



Fuente: Estudio definitivo del Proyecto: Defensa Ribereña para el Río Chicama, Tramo Puente Moreno – Pampas jaguey (margen izquierda)

d. Consideraciones sobre hidráulica fluvial

Mecánica fluvial del río

Se ha efectuado un reconocimiento de campo del lugar de emplazamiento del muro, aguas arriba y aguas abajo, con la finalidad de identificar el comportamiento fluvial y su influencia en los procesos de mecánica fluvial del río.

La margen izquierda del río está emplazada en una zona de plataforma ligeramente más baja y colinda con extensiones de terrenos de cultivo y la carretera, por la que hay buena probabilidad de que el curso sea errático por esta margen y los daños por desbordes sean cuantiosos. El curso actual de agua fluye centrado entre ambas márgenes, pero que sin embargo en época de avenidas extraordinarias (1983 y 1998) ha discurrido por la margen izquierda, inundando y arrastrando los terrenos de cultivo existentes.

La existencia de la constricción por la construcción de los muros de encauzamiento y el terraplén será mínima si se asume un ancho próximo al valor de cauce de equilibrio. Sin embargo, las constricciones ocasionadas por las estructuras a construir ocasionarán turbulencia al pie de los muros debido a que el régimen del flujo es muy próximo a supercrítico.

Con el incremento de la velocidad se incrementa también el proceso erosivo. Esta situación es la más desfavorable y es la que se tomará en cuenta para el diseño de las obras de protección pertinentes.

Se ha detectado en campo la posibilidad de la profundización del flujo del agua y los cambios imprevistos del curso de agua; por lo que se recomienda el encauzamiento mínimo del tramo de río entre el Km 29+630 (Puente San Polo),

al Km 30+157.178 (Baños Chimú), con un alineamiento en lo posible paralelo a la dirección principal del río con la finalidad de permitir un adecuado pase del agua al lado de las estructuras.

Longitud del muro de encauzamiento y ancho de cauce.

El criterio para seleccionar la longitud del muro de encauzamiento desde el punto de vista hidráulico es que el muro permita la circulación del caudal del río en avenidas ordinarias y extraordinarias con cauce hidráulicamente estable y sin peligro de obstrucción por presencias de huaycos o grandes piedras.

Acorde al criterio expuesto en cuanto al ancho de cauce estable se considera necesaria trabajos de limpieza de cauce en un ancho mínimo de 50m, considerando en un supuesto que el río se encuentre en régimen, sin embargo, se considera el ancho natural del río de 172 m. Así mismo para realizar el modelamiento hidráulico del río, no es posible modelar parcialmente motivo por el cual es necesario incluir la margen derecha.

La longitud del encauzamiento se ha establecido en base al reconocimiento de la zona afectada por el último evento extraordinario, donde hay evidencia de daños en propiedades de pobladores de la margen derecha, desde la altura del puente San Polo KM 29+630 hasta el KM 30+157.178 puente Baños Chimú.

Desde el KM 29+630 hasta el KM 30+157.178 se ha proyectado muros de encauzamiento con diques, protegidos con enrocados y uñas. El dique tiene una corona de 5.00m, paredes laterales con talud a ambos lados de 1:1 y 1:1. altura de 2.50, base de 10.00m en el lecho del río, la uña de protección tiene una profundidad de 2.50m con un espesor de 3.00 hasta 3.80 en la base.

3.1.1. Topografía y mecánica de Suelos del tramo Puente San Polo – Baños Chimú.

La zona del proyecto está comprendida dentro del ámbito de los distritos de Cascas, Lucma y Sayapullo, donde se aprecia un relieve montañoso seco y bastante escarpado de fuertes pendientes en medio de los cuales se tiene un conglomerado bastante potente y pendiente suave, depositado por el río Chicama.

Luego de este reconocimiento se procedió a realizar los respectivos trabajos de levantamiento topográfico de la zona definida para el proyecto, así como el trazo de la línea de gradiente de la referida vía de acuerdo a lo indicado en los términos de referencia, realizándose los trabajos en coordenadas UTM y datum del sistema WGS 84.

El método empleado viene a ser el levantamiento por radiación a partir de un punto de referencia estática debidamente alineada y de coordenadas conocidas. El método consiste en el disparo y lectura simultánea de distancias y ángulos para el posterior almacenamiento y procesamiento en la memoria del equipo (estación total).

Así mismo, dentro del área de influencia del proyecto, se ubica la infraestructura de riego, que beneficia a los usuarios de las Comisiones de Regantes Lucma - Chuquillanqui y Marmot, las cuales constan de tomas de captación rústicas, por donde se realiza el abastecimiento de agua para las áreas agrícolas que se ubican dentro del área de influencia del proyecto.

La infraestructura vial, tiene un recorrido paralelo al cauce del Río Chicama, la misma que se encuentra expuesta ante los efectos erosivos, por el incremento

del caudal del Río Chicama, debido a ello la infraestructura colapsaría trayendo como consecuencia la interrupción del tráfico vehicular, tanto de pasajeros como de carga con el consecuente aislamiento de la población de la Provincia de Gran Chimú con el resto de Región de La Libertad.

A partir del fenómeno El Niño del año 1997-1998, los terrenos de cultivos y la carretera carrozable, del tramo comprendido entre el tramo puente San Polo – Baños Chimú, vienen sufriendo continuamente daños por socavación e inundación provocadas por las corrientes del Rio Chicama y sus afluentes (Chuquillanqui), que originan grandes pérdidas económicas a los agricultores de la zona, con pérdidas de terrenos agrícolas y erosión de la infraestructura de riego y vial existente, con la consiguiente interrupción del tráfico de carga y pasajeros.

Desde años atrás la Región La Libertad a través de la Gerencia Regional de Agricultura, mediante su órgano ejecutivo denominado PERPEC, ha ejecutado algunas obras de defensas ribereñas como protección de la infraestructura de riego, ubicadas en dichos sectores, todo esto en coordinación con los usuarios y las autoridades locales de riego.

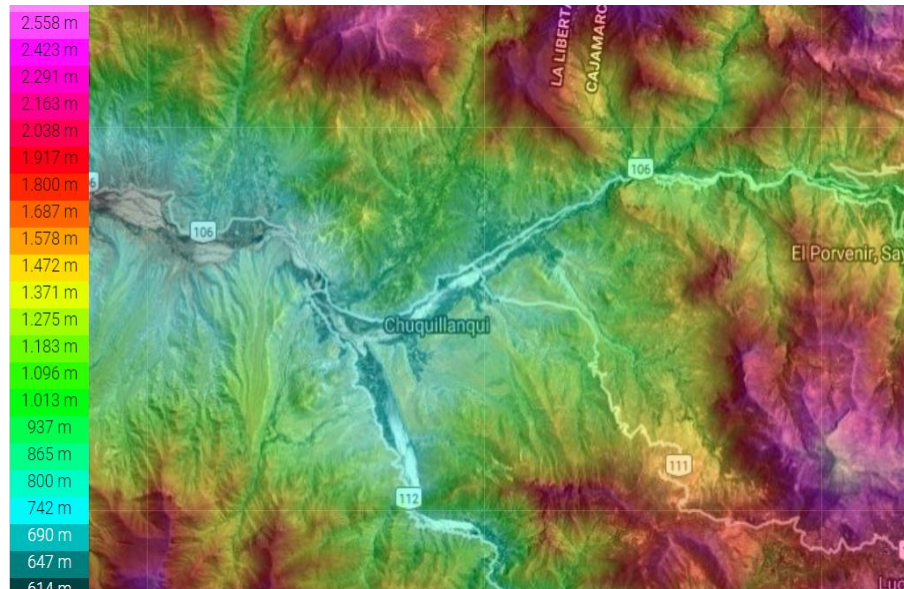


Figura 27: Rio Chuquillanqui

a. Alcances del estudio

La finalidad es reducir la vulnerabilidad de la infraestructura de riego y vial en el tramo puente San Polo – Baños Chimú, además de:

- Proteger la infraestructura de riego y vial en el tramo puente San Polo – Baños Chimú, en una longitud de 5,500.00 m (5.5 Km).
- Proteger áreas de cultivo y tomas de captación de las Comisiones de Regantes de Puente San Polo – Baño Chimú - Chuquillanqui en una extensión de 570.45 hras.
- Reducir el riesgo de inundación y desborde del río Chicama.

b. Ubicación

Ubicación geográfica

→ **Ubicación política:**

Región : La Libertad
Provincia : Gran Chimú

Distritos : Lucma y Sayapullo

Rio : Chicama

→ **Ubicación geográfica:**

Tabla 23

Coordenadas UTM

GENERALIDADES	INICIO PUENTE SAN POLO	FINAL BAÑOS CHIMU
Norte (m):	9'165.148	9'165,312
Este (m):	767'652	762,285
Altitud (msnm):	781.97	1125
Progresiva Eje de río	29+630	30+157.178

c. Metodología del trabajo

El presente estudio será realizado en etapas las cuales detallaremos de la siguiente manera:

Recopilación de información existente

En este caso tenemos los estudios realizados por terceros (cartas nacionales), vistas satelitales, planos topográficos, catastrales y estudios del PROFODUA.

Tabla 24

Tomas de Captación

ITEM	DESCRIPCION	PROGRESIVA	RIO
1	TOMA DE CAPTACION DEL CANAL LA PORTADA - JAGUEY	Km. 0+100	RIO CHICAMA
2	TOMA DE CAPTACION DEL CANAL SINUPE - PUNTA MORENO	Km. 3+750	RIO CHICAMA
3	TOMA DE CAPTACION DEL CANAL SINUPE - PROGRESO	Km. 4+703	RIO CHICAMA
4	TOMA DE CAPTACION DEL CANAL ALGARROBO	KM. 6+200	RIO CHICAMA
5	TOMA DE CAPTACION DEL CANAL ESPEJO LA MIRA	KM. 8+373.50	RIO CHICAMA
6	TOMA DE CAPTACION DEL CANAL EMPALME ESPEJO	KM. 11+500	RIO CHICAMA
7	TOMA DE CAPTACION DEL CANAL LA PELIGROSA	KM. 20+700	RIO CHICAMA
8	TOMA DE CAPTACION DEL CANAL JOLLUCO - TABACAL	KM. 22+866.80	RIO CHICAMA
9	TOMA DE CAPTACION DEL CANAL MOLINO	KM. 28+220	RIO CHUQUILLANQUI
10	TOMA DE CAPTACION DEL CANAL HUATAY	KM. 29+750	RIO CHUQUILLANQUI
11	TOMA DE CAPTACION DEL CANAL HORNA	KM. 31+000	RIO CHUQUILLANQUI
12	TOMA DE CAPTACION DEL CANAL 9 DE OCTUBRE - REYNA	KM. 31+500	RIO CHUQUILLANQUI
13	TOMA DE CAPTACION DEL CANAL PINCHADAY BAJO - LA COMUNIDAD	KM. 32+992	RIO CHUQUILLANQUI
14	TOMA DE CAPTACION DEL CANAL PINCHADAY ALTO	KM. 34+718	RIO CHUQUILLANQUI
15	TOMA DE CAPTACION DEL CANAL PUNGOCHIQUE - EX ALAN GARCIA	KM. 34+852	RIO CHUQUILLANQUI
16	TOMA DE CAPTACION DEL CANAL LA TRANCA	KM. 31+350	RIO HUANCAI

Fuente: Estudio definitivo del Proyecto: Defensa Ribereña para el Río Chicama, Tramo Puente Moreno – Pampas jaguey (margen izquierda)

Trabajos de campo

Los trabajos topográficos se ejecutaron contando con una brigada compuesta de 01 operador, 03 porta prismas y 01 ayudante.

El equipo que se ha usado para realizar los levantamientos topográficos ha sido 01 estación total de marca TOPCON modelo GTP 3005W, 01 GPS GARMIN MAP 60CSX, y diversos materiales afines a trabajo.

- Se inició el trabajo de campo ubicando un Punto Geodésico en coordenadas UTM, para lo cual empleamos 01 GPS GARMIN MAP 60CSX.
- Se realizó el levantamiento de los detalles existentes, río, toma de captación, canal de riego, y toda información que forma parte del estudio.

–Se realizó el relleno topográfico mediante el método taquimétrico, con una Estación Total de marca TopCon modelo GTP 3005W.

En esta etapa también viene a contarse con las recomendaciones vertidas por la parte geotécnica mediante una tipificación del suelo de fundación a fin de tener el trazo definitivo del eje de las estructuras a proyectarse.

Trabajos de gabinete

Teniendo la información obtenida en el campo se procedió al correspondiente procesamiento de la data para posteriormente realizar los diseños respectivos.

Apyados en el software, Excel, Civil 3d 2009, Autocad 2009, global mapper, se hizo el respectivo procesamiento de datos, diseño, dibujos y la presentación de los definitivos en las escalas adecuadas.

d. Reconocimiento y procedimientos de estudio

La zona del proyecto se localiza sobre en el rio Chicama, en el tramo Puente San Polo – Baños Chimú (Ambas márgenes), se encuentra políticamente dentro de los Distritos de Cascas, Lucma y Sayapullo, Provincia de Gran Chimú, este sector es una zona rural, eminentemente agrícola donde se ubica la infraestructura vial (Red Vial Nacional 106, eje vial Sausal hasta el cruce de Cascas, Jolluco, Tambo, 9 de Octubre, Baños Chimú, Cospan, La Colpa, Sayapullo; esta carretera es sin afirmar haciendo su recorrido muy accidentada), carretera de acceso a la Provincia de Gran Chimú siendo una vía de comunicación de que une a varios distritos de la provincia.

Luego de este reconocimiento se procedió a realizar los respectivos trabajos de levantamiento topográfico de cada zona definida para el proyecto, así

como el trazo de la línea de gradiente de la referida vía, realizándose los trabajos en coordenadas UTM y datum del sistema WGS 84.

e. Metodologías y equipos utilizados

e.1. Metodología y equipos utilizados en la etapa de campo

Luego del reconocimiento de campo respectivo, se procedió con los trabajos de levantamiento topográfico, iniciando en el río Chuquillanqui a la altura del km. 29+630 (altura Puente San Polo) tomando con punto km. 0+000 de referencia el Puente, luego se continuó con levantamientos topográficos en los sectores del río Chiquillanqui hasta la altura del Km 30+157.178, finalmente concluyen los trabajos de este sector del Río Chicama.

Los datos de campo se tomaron contando con una estación total, marca TOPCON, mediante el método de radiación a partir de un punto de referencia estática debidamente alineada en coordenadas conocidas. Este método consiste en el disparo simultáneo de distancias y ángulos.

En cada sector en estudio se tomó los datos en coordenadas geodésicas (UTM) y datum del sistema WGS 84. ZONA –106.

e.2. Equipo técnico y personal empleado

Para este caso tenemos la conformación de 01 brigada de trabajo comandados por un ingeniero responsable del Estudio, 01 Operador de estación total y personal de ayudantía (prismas, winchas, estacas y pintura). El personal de la mano de obra no calificada se captó de los centros poblados más cercanos a los sectores en estudio.

e.3. Maquinarias y equipos utilizados

Se emplearon para la realización de los trabajos los siguientes equipos:

- 01 auto Toyota
- 02 estación Total marca Topcon modelo GPT-3005W
- 01 GPS Garmin Map 60csx
- 04 bastones porta prisma.
- 02 trípodes de aluminio
- 07 prismas marca Topcon.
- Accesorios Complementarios

e.4. Trazo de eje de defensa y levantamiento de campo

Se procedió con los trabajos de levantamiento topográfico, iniciando en el río Chuquillanqui a la altura del km. 29+630 (altura Puente San Polo - Baños Chimú) tomando con punto km. 0+000 de referencia el Puente San Polo, luego se continuó con levantamientos topográficos en los sectores del río Chiquillanqui hasta la altura del Km. 30+157.178, finalmente concluyen los trabajos de este sector del Río Chicama.

e.5. Metodología y equipos utilizados en la etapa de gabinete

Luego de obtenida la información de campo con la Estación Total se procede al procesamiento y dibujo respectivos.

Los datos obtenidos en el campo son bajados al computador haciendo uso del colector de datos Top Com Link V7.2, siendo comprobados con hojas de cálculo en EXCEL, para su posterior procesamiento y diseño de la vía en el programa Autocad civil 3d en el cual se trabajarán las curvas de nivel, los perfiles longitudinales y las secciones transversales.

Para la elaboración del plano se generó una malla de puntos, que marca las posiciones reales del terreno, con sus respectivas descripciones si es que las hubiera, para su posterior confección en gabinete, a partir del archivo de texto obtenido en el procesamiento de coordenadas.

Se realizaron los planos finales a las escalas adecuadas, para la observación precisa y sin distorsión de los detalles levantados. La información se guarda en medio magnético, lista para ser impresa y con las dimensiones adecuadas. El resultado, planos pre definitivos, los cuales pasan a un control interno para su verificación. Una vez hecho el control de calidad se generó los planos definitivos para la presentación final.

f. Trabajos topográficos realizados

f.1. Trabajos realizados

Los trabajos topográficos realizados en la zona del proyecto, se describen a continuación:

- Se realizó el levantamiento topográfico en el sector en estudio.
- En el levantamiento se especifican los sectores a proteger, construcciones existentes, áreas cultivadas entre otros.
- Monumentación de puntos de control, en cada sector en estudio se materializo un punto de control. Se detalla:

Tabla 25

Ubicación de puntos de control (BMS)

ITEM	DESCRIPCION	COORDENADAS UTM DE BMS			OBSERVACIONES	
		CODIGO	E	N		Z
1	TOMA DE CAPTACION DEL CANAL LA PORTADA - JAGUEY	BM-1	732845.3390	9159867.8990	446.66	Estribo Puente margen derecha
2	TOMA DE CAPTACION DEL CANAL SINUPE - PUNTA MORENO	BM-2	736565.6680	9160188.3780	480.92	Bordo margen derecha
3	TOMA DE CAPTACION DEL CANAL SINUPE - PROGRESO	BM-1	737383.4580	9160519.5250	497.56	Bordo margen derecha
4	TOMA DE CAPTACION DEL CANAL ALGARROBO	BM-1	738821.3340	9160713.8360	506.34	Bordo margen derecha
5	TOMA DE CAPTACION DEL CANAL ESPEJO LA MIRA	BM-1	740087.4640	9162229.6240	528.29	En muro de protección existente MD
6	TOMA DE CAPTACION DEL CANAL EMPALME ESPEJO	BM-1	742605.3670	9163392.2030	545.88	Roca espigon margen derecha
7	TOMA DE CAPTACION DEL CANAL LA PELIGROSA	BM-1	750673.0710	9163242.9400	683.28	Bordo rio margen derecha
8	TOMA DE CAPTACION DEL CANAL JOLLUCO - TABACAL	BM-1	752508.1730	9163532.8800	693.16	Falda de cerro - margen derecha
9	TOMA DE CAPTACION DEL CANAL MOLINO	BM-1	755977.1340	9161659.7170	758.53	Bordo margen derecha - canal
10	TOMA DE CAPTACION DEL CANAL HUATAY	BM-1	757799.8980	9162626.8960	781.91	Puente margen derecha en estribo
11	TOMA DE CAPTACION DEL CANAL HORNA	BM-2	758487.0200	9162877.2340	801.43	Bordo margen izquierda
12	TOMA DE CAPTACION DEL CANAL 9 DE OCTUBRE - REYNA	BM-1	758834.2360	9163302.2540	808.98	Sobre roca margen derecha
13	TOMA DE CAPTACION DEL CANAL PINCHADAY BAJO - LA COMUNIDAD	BM-1	760234.2110	9164116.7230	863.37	En la margen derecha
14	TOMA DE CAPTACION DEL CANAL PINCHADAY ALTO	BM-2	761626.9800	9164860.0900	887.39	En la margen izquierda
15	TOMA DE CAPTACION DEL CANAL PUNGOCHIQUE - EX ALAN GARCIA	BM-1	761788.1000	9164905.9900	901.98	En la margen derecha
16	TOMA DE CAPTACION DEL CANAL LA TRANCA					

Fuente: Estudio definitivo del Proyecto: Defensa Ribereña para el Río Chicama, Tramo Puente Moreno – Pampas jaguey (margen izquierda)

- Para la ejecución de los trabajos descritos anteriormente se presentaron variadas dificultades; como falta de visibilidad por los arbustos, inclemencias del clima propio de la zona (tales como vientos excesivos, brillo solar durante todo el día de trabajo y falta de accesos para movilizarse por ambas márgenes debido a que los sectores de los ríos discurrían de manera regular en su caudal.

Los trabajos topográficos se han ejecutado conforme a los alcances del estudio. Previo a la ejecución de los trabajos de campo, se realizó un reconocimiento general de la zona del proyecto, se ubicaron y determinaron los Puntos Geodésicos que sirven de puntos bases para el control total del proyecto.

f.2. Apoyo plano – altimétrico

El apoyo plano-altimétrico para el Sistema de Control Topográfico del proyecto, se inicia con las coordenadas y cotas de los Puntos Geodésicos (UTM) monumentados en la zona del proyecto y descritos en la tabla anterior.

f.3. Generación de planos

Los planos generados han sido trabajados en el programa indicado anteriormente. Se generaron varios planos como:

→ Plano Topográfico de la Planta General del área de cada sector en estudio, Perfil y Secciones Transversales del terreno sobre el cual influirá las estructuras proyectadas a construir, donde se detalla las curvas a nivel a cada 1,00 m.

→ Plano de la planta y perfil así como secciones del eje.

g. Consideraciones de diseño

El diseño respectivo viene atendiendo a los parámetros hidrológicos y geotécnicos observados tanto en campo como en laboratorio, lo cual arroja el dimensionamiento definitivo del dique enrocado y la toma de captación.

g.1. Trazo en planta

El presente trazo está basado en las consideraciones encontradas y rescatadas en campo así como en las condiciones dadas por el río para el presente diseño:

El trazo en planta se realizó atendiendo a las condiciones impuestas por el río actualmente donde se tiene cursos bastante entrelazados que erosionaron las áreas agrícolas a tal punto de eliminar el material del suelo franco donde se venía realizando la práctica agrícola. Es así que el trazo actual viene

envolviendo a las áreas agrícolas aun aprovechables en su totalidad, así como garantiza la protección de la vía que une los distritos de Cascas, Lucma y Sayapullo.

g.2. Trazo en elevación

Las dimensiones dadas en los planos, así como las profundidades de desplante con fines de cimentación se basan en los diferentes cálculos realizados por parte de los diferentes estudios realizados a fin de ser útiles para el referido proyecto.

- Los planos adjuntados al presente informe vienen a estar debidamente detallados con los resultados de los diseños realizados y un inventario adecuados de obras de arte a lo largo del alineamiento a fin de una fácil materialización al momento de su respectiva ejecución.
- La monumentación de los BMs de control vienen siendo bastante detallados para su fácil ubicación en el área del proyecto.
- Las poligonales sobre la cual se trabajó vienen a ser poligonales abiertas.

3.1.2. Analizar los procesos de diseño de defensa ribereña con revestimiento de enrocado

Se trata de la construcción de una estructura conformada por rocas colocadas o acomodadas con ayuda de equipos mecánicos como tractores, cargadores frontales, retroexcavadoras o grúas, con el objeto de proteger taludes evitando su erosión o desprendimiento; sirviendo de “cuña” al pie de los taludes; en zonas críticas que se adecuan su aplicación o como lo disponga la Supervisión. Los enrocados también serán utilizados para proteger estructuras

de la erosión y socavación que producen las aguas (protección de riberas, entradas y salidas de puentes, pontones, alcantarillas, badenes, etc.).

Los enrocados son elementos ampliamente usados en la construcción de obras hidráulicas. El uso de enrocados es generalmente más económico que otros tipos de elementos, además entre otros, tienen las siguientes ventajas:

Son elementos versátiles que permiten la construcción de estructuras flexibles, las que aceptan mejor los asentamientos.

Pueden repararse fácilmente los danos locales, agregando enrocados donde sea necesario, previo diseño.

Su apariencia es natural, por lo cual no altera el paisaje.

El crecimiento de vegetación entre las rocas ayuda a su apariencia natural.

a. Consideraciones Para El Enrocado

–**Resistencia:** El material utilizado para el enrocado consistirá en roca sólida y no deleznable resistente a la abrasión de grado “A” según se determina por el “Ensayo de Los Ángeles” (menos de 35% de pérdidas en peso después de 500 revoluciones).

–**Tamaño:** Las rocas a utilizar en la construcción de los enrocados deberán tener una gradación uniforme desde un tamaño máximo igual al espesor de la capa especificada, hasta los fragmentos pequeños de roca que se utilizarán para rellenar los espacios vacíos entre los elementos de mayor tamaño, pero la cantidad de estos fragmentos pequeños de roca no deberá ser menor del 10% del total del enrocado. Las rocas deberán ser aproximadamente de forma cúbica.

–**Forma:** La forma de la roca será irregular, con una dimensión ligeramente mayor y con una cara plana, que quedará expuesta, evitando las rocas de tipo redondeado.

b. Factores De Diseño De Revestimientos De Enrocado

Para el diseño de enrocado es necesario tomar en cuenta dos consideraciones adicionales: La gradación y espesor de la capa del enrocado y el uso del material del filtro colocado bajo el enrocado.

–**Gradación y espesor del enrocado:** La gradación del enrocado sigue el patrón de una curva de distribución. La mayoría de las gradaciones del enrocado caerán en el rango de D_{100}/D_{50} y D_{50}/D_{20} entre 0.0 a 1.5 lo cual es aceptable. El criterio más importante es la distribución apropiada de los tamaños en la gradación de manera que los intersticios formados por piedras de gran tamaño sean rellenados con piedras de menor tamaño a manera de trabazón, previniendo así, la formación de espacios abiertos.

–**Diseño del filtro:** Tradicionalmente, una capa de filtro comprendida de material granular bien gradado es colocada entre la base del suelo y el revestimiento de enrocado. El objetivo es de asegurar una permeabilidad suficiente para permitir que las filtraciones tomen lugar fuera del suelo de fundación al mismo tiempo que se minimizan los espacios en el filtro para prevenir que el material del lecho se desplace a otro lugar. En la práctica actual de ingeniería, la capa de filtro granular es comúnmente reemplazada por un filtro geotextil, el cuál desempeña esencialmente las mismas funciones.

–**Espesor de la capa de enrocado:** Se recomienda que la capa de enrocado deberá tener un espesor mínimo comprendido entre 1.5 a 2 veces el diámetro de diseño, para nuestros cálculos hemos asumido el doble del diámetro.

c. Recomendaciones Para El Enrocado

En épocas de venida es un peligro hacia las terrazas (agrícolas y urbanizaciones). La erosión fluvial depende de los siguientes factores: carga fluvial, la velocidad de la carga fluvial, la pendiente del terreno, la resistencia a la erosión de las rocas, el fracturamiento del material.

En taludes con flujos con alta energía (flujos turbulentos, velocidades altas, ondas) debe colocarse un adecuado filtro de material granular para prevenir la pérdida de material del talud donde se apoya el enrocado. El punto crítico de un enrocado es su pie o fundación por la erosión

La colocación del enrocado es importante ya que su estabilidad es función de la trabazón cuando la colocación individual no es económicamente factible, debe hacerse por colocación masiva por volteo.

d. Utilización

La utilización de estos enrocados brinda estabilidad, la cual está basada en la determinación analítica de los esfuerzos cortantes creados por el flujo y su capacidad de recubrimiento para soportar la fuerza del agua.

–**Esfuerzo cortante promedio**

El buen funcionamiento de una protección con enrocado está relacionada con las fuerzas hidrodinámicas de arrastre y levantamiento, las que son

creadas por las velocidades de flujo y son proporcionales al esfuerzo cortante local.

El esfuerzo cortante promedio, que actúa sobre el perímetro mojado de una sección de cana, donde el flujo es uniforme y el cauce es recto, es dado por la siguiente expresión:

$$\bar{\tau}_o = \gamma R S \text{ ----- (1)}$$

En donde:

$\bar{\tau}_o$ = Esfuerzo cortante promedio; kg/m²

γ = Peso específico del agua; kg/m³

R = Radio hidráulico; m/m

S = Pendiente de la línea de energía; m/m

Para el cálculo de la velocidad media del escurrimiento suele emplearse muchas relaciones, siendo la más utilizada la de Chezy, cuya expresión es la siguiente:

$$V = C (RS)^{1/2} \text{ ----- (2)}$$

Donde:

C = Coeficiente de Chezy

R, S = Definido anteriormente

En base a ello, la relación (1) puede expresarse así:

$$\bar{\tau}_o = \gamma V^2 / C^2 \text{ -----(3)}$$

Para canales rugosos, Ven Te Chow, presenta la siguiente ecuación para el cálculo de “C”:

$$C = 18 \log_{10} \frac{12.2 R}{K} \text{ ----- (4)}$$

Siendo,

K = Riguridad equivalente de la superficie del canal expresada en metros

Sustituyendo la relación (4) en (3) se tiene:

$$\bar{\tau}_0 = \frac{\gamma V^2}{\left[18 \log_{10} \frac{12.2 R}{K} \right]^2} \text{ ----- (5)}$$

–Esfuerzo cortante local

En cauces muy anchos (T=10 y), el radio hidráulico se aproxima al tirante, de manera que R=Y. si se sustituye la velocidad V por promedio \bar{V} de velocidad de la roca D_{50} en metros; la relación (5) se transforma en:

$$\bar{\tau}_0 = \frac{\gamma \bar{V}^2}{\left[18 \log_{10} \frac{12.2 Y}{D_{50}} \right]^2} \text{ ----- (6)}$$

Ecuación que representa el esfuerzo cortante en cualquier punto sobre el perímetro mojado.

–Esfuerzo cortante en curvas

Para la determinación del esfuerzo cortante local en una curva, se puede utilizar la siguiente figura 28:

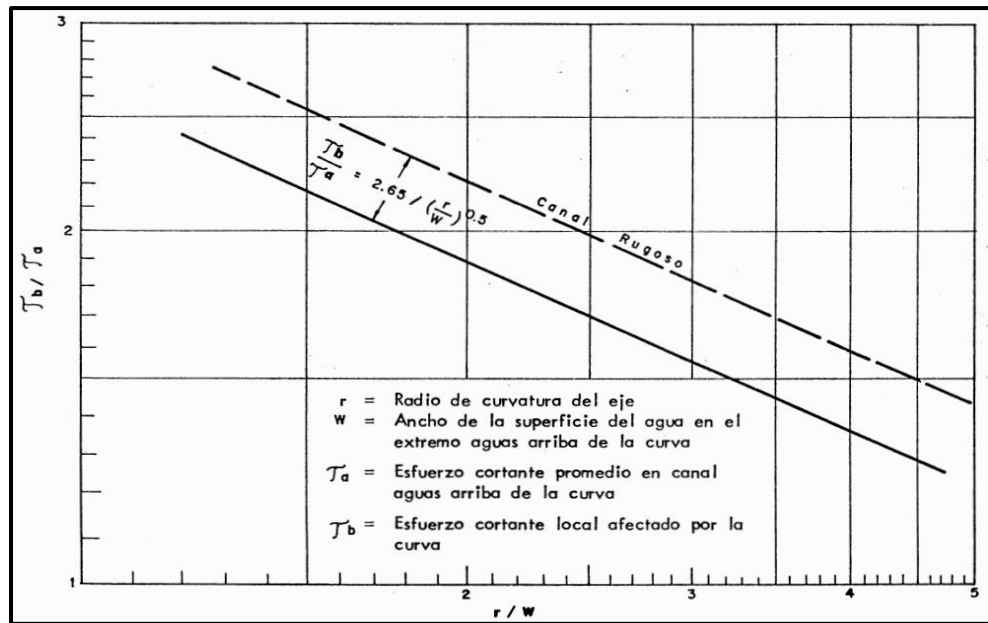


Figura 28: corte en curva de canales

Fuente: <http://www.cepes.org.pe/pdf/OCR/Partidos/tecnicasproteccionriberas.pdf>

Los valores de los esfuerzos cortantes locales obtenidos por la ecuación 6, deberán ser multiplicados por la relación T_b/T_a , obteniendo la figura 25, a fin de hallar el valor del esfuerzo cortante local de la curva T_b .

T_a = Esfuerzo cortante promedio en el canal aguas arriba

T_b = Esfuerzo cortante local afectado por la curva

–Esfuerzo cortante para diseño de enrocado

Se refiere al valor del esfuerzo cortante local que una roca de determinado tamaño resiste con condiciones de seguridad. El esfuerzo cortante local permisible sobre el fondo de un canal plano se expresa como:

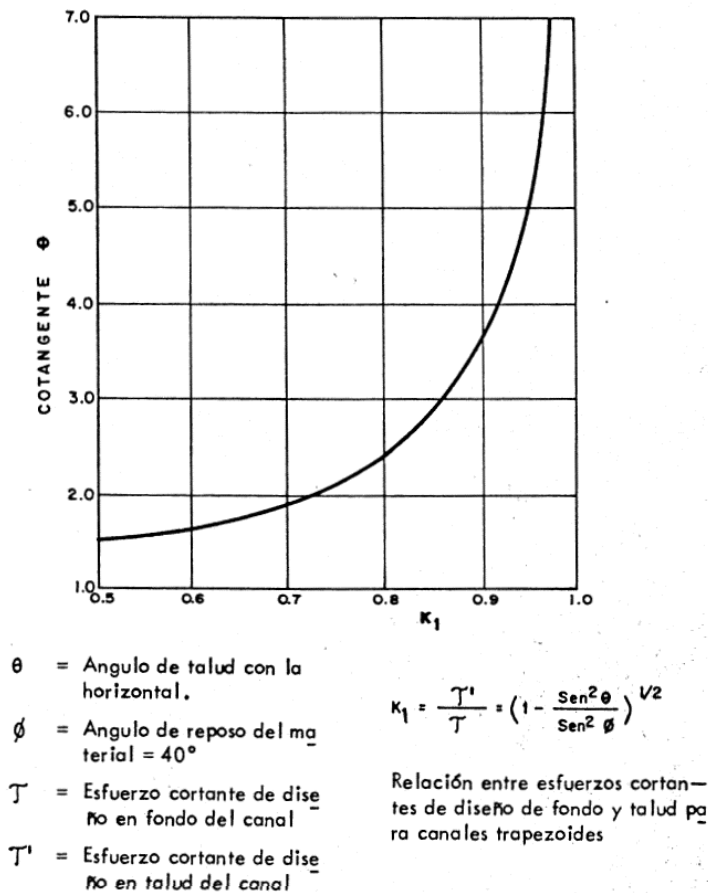


Figura 29: Relación entre los valores de los esfuerzos cortantes y sus correspondientes cotangentes o taludes.

Fuente: <http://www.cepes.org.pe/pdf/OCR/Partidos/tecnicasproteccionriberas.pdf>

$$\tau = a (\gamma_s - \gamma) D_{50} \text{ ----- (7)}$$

Donde:

γ_s = Peso específico de la roca (TN/m³)

γ = Peso específico del agua $\frac{kg}{cm^3} \frac{Tn}{m^3}$

a = Coeficiente adimensional

D_{50} = Diámetro promedio de la roca (mts).

τ = Esfuerzo cortante local en el fondo del canal

El esfuerzo cortante de diseño para el enrocado colocado en los taludes de un canal está dado por la relación:

$$\tau' = \tau \left(1 - \frac{\sin^2 \theta}{\sin^2 \phi} \right)^{1/2} \text{----- (8)}$$

En donde:

τ' = Esfuerzo cortante de diseño en los taludes

θ = Angulo del talud con la horizontal

ϕ = Angulo de reposo del enrocado, generalmente es 40°

Esta ecuación está representada en la figura 26.

El esfuerzo cortante local en cualquier punto de la sección de un canal revestido con roca no deberá exceder el valor de diseño permisible obtenidos por las educaciones (7) y (8).

$$\tau_0 \leq \tau'$$

El valor mínimo para $\text{Cotg. } \theta$ Debe ser ≥ 2 ; es decir $m = 2$.

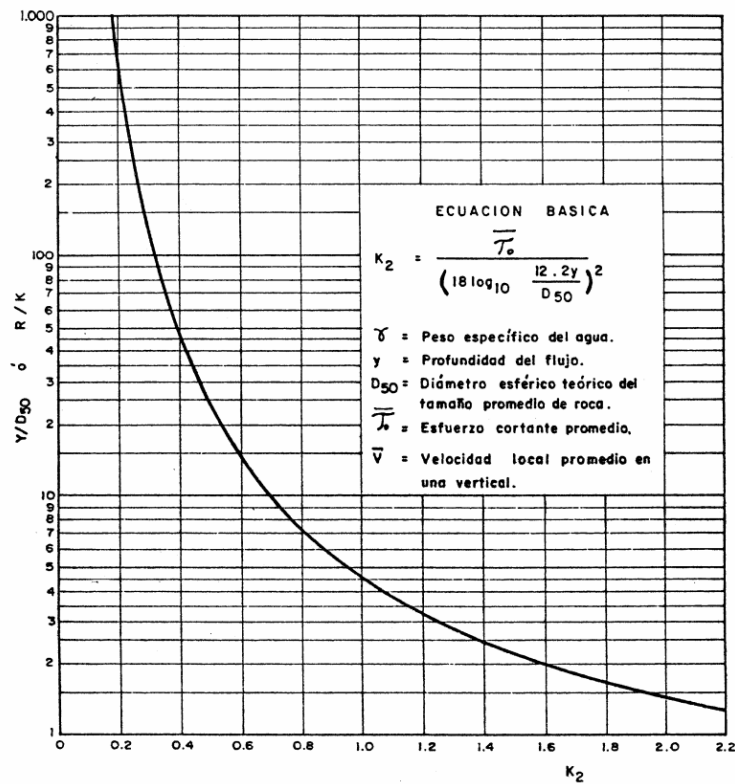


Figura 30: Relación entre los valores de la ecuación básica, la profundidad de flujo y el diámetro es preciso.

Fuente: <http://www.cepes.org.pe/pdf/OCR/Partidos/tecnicasproteccionriberas.pdf>

- Espesor de la capa del enrocado

El espesor del enrocado para una colocación práctica no deberá ser menor de 30 cm.

El espesor deberá aumentarse en un 50% cuando el enrocado es colocado bajo agua, como previsión por la incertidumbre asociada a este tipo de colocación.

Un incremento de 15 a 40 cms., acompañado con un incremento apropiado del tamaño de la roca deberá proveerse donde el revestimiento estará sujeto al ataque de olas.

- Colocación del enrocado

La colocación del enrocado se efectúa sobre el talud debidamente acondicionado y sobre el filtro de tal manera que no se produzca la segregación. El enrocado deberá ser de roca bien graduada y los intersticios deber ser rellenados con material pétreo de menor tamaño, de tal manera que exista el menor porcentaje de vacíos. El enrocado deberá ser colocado a su espesor total en una sola operación para evitar el desplazamiento del material que se encuentra debajo. No debe colocarse el enrocado por capas.

3.1.3. Realizar una comparación técnica entre el uso de gaviones y geoceldas como estructuras de defensa ribereña

Los colchones de gaviones y las geoceldas con relleno de concreto poseen la capacidad de resistir las sollicitaciones mínimas del proyecto. Sin embargo, en base al análisis realizado, se ha determinado que las geoceldas con relleno de concreto tienen el mejor desempeño como recubrimiento contra la erosión ribereña.

En líneas generales “una estructura de gaviones es una combinación de mallas de cable y rocas de relleno”. De este tipo de estructuras existen diversas patentes; es decir, cada fabricante y proveedor puede manejar definiciones y criterios particulares para sus productos. Sin embargo, se pueden generalizar muchas características. Las características de las estructuras de gaviones son las siguientes:

- a. Monolitismo:** Debido a la facilidad de unión de los elementos que forman la estructura, esta puede responder a la incidencia de fuerzas en tres dimensiones.
- b. Flexibilidad:** La alta resistencia de la malla de cables permite que los elementos se deformen. Dentro de los límites aceptables de deformación, la flexibilidad le otorga a las estructuras de gaviones la capacidad de resistir condiciones en las que estructuras más rígidas colapsarían.
- c. Permeabilidad:** Los vacíos presentes en el relleno de la estructura permiten el flujo de líquidos a través de esta. Debido a esto, la presión hidráulica de los fluidos no afecta su comportamiento.
- d. Durabilidad:** Las capas de elementos anticorrosivos como GalFan o el recubrimiento de PVC permiten que la malla resista condiciones bastante severas de exposición ante agentes corrosivos. Además, la ruptura de una sección del cable no necesariamente implica el colapso del elemento gracias al efecto de la torsión del mallado.

Los gaviones han sido utilizados a lo largo del tiempo en las siguientes aplicaciones: Construcción de diques, espigones, vertederos, encauzamiento de ríos, muros de contención, revestimiento de canales, en diversos tipos de defensas ribereñas y muros ornamentales. Esta investigación hace referencia solo del uso de gaviones como parte de un enrocado con revestimiento de un sistema de diseño estructural – hidráulico de defensa ribereña. Los tipos de gaviones según las dimensiones y características de la malla que forma la caja es la siguiente:

- Tipo caja:** Las cajas forman paralelepípedos que típicamente se caracterizan por tener áreas en la base de 1 m² y alturas de 0,50 a 1 m. La separación interna de las cajas en elementos se hace mediante diafragmas espaciados cada metro, de esta manera, se facilita el montaje, relleno y la flexibilidad de los elementos. Son elementos muy versátiles que utilizan en prácticamente todas las aplicaciones de uso de gaviones mencionadas. La malla está conformada por acero de bajo contenido de carbono, revestido con aleación GalFan, además, se puede utilizar un revestimiento plastificado adicional contra exposiciones severas de corrosión
- La celda:** Consiste en la unidad de confinamiento del relleno que utiliza el sistema. Este elemento de contención puede ser de diferentes áreas transversales, alturas y puede tener agujeros para la interconexión del relleno entre las celdas adyacentes. La altura que se escoge para las celdas determina el espesor del recubrimiento. En el talud se tiene en cuenta el ángulo de inclinación de este, así como el ángulo de reposo del material de relleno.

Tabla 26

Diferencias entre Geoceldas y Gaviones

GEOCELDAS	GAVIONES
Alta estabilidad debido a un tamaño pequeño de celda	Fácilmente deformable debido al espacio vacío entre las piedras
Instalación Rápido y fácil con equipos de trabajo entrenados en el sitio.	Son largamente utilizados en canales o cursos de agua canalizados, pudiendo actuar en la contención y/o protección de las márgenes y en el revestimiento total o parcial del fondo.
Relleno Utiliza suelos y rellenos nativos o marginales no degradados.	Relleno Requiere tamaños y formas de agregado de cantera específicos

Amplia gama de opciones de diseño de pendiente y pared y materiales de relleno	Desde el punto de vista técnico y económico para la construcción de muros de contención a gravedad en cualquier ambiente, clima y estación, y también en locales de difícil acceso
Base y excavación Tamaño muy pequeño incluso en suelos compresibles	Requiere excavación y ancho de base de al menos 50% de la altura total
Mejora el crecimiento de las plantas y la restauración del paisaje	Estética del paisaje Las estructuras en gaviones, además de sus funciones estructurales, frecuentemente son utilizadas como solución arquitectónica
Sostenibilidad Utiliza materiales locales, marginales o reciclados para relleno	Sostenibilidad Son estructuras para la defensa y conservación de márgenes contra la acción erosiva de las aguas

3.1.4. Diseñar estructuras adecuadas: diques y enrocados, que permitan darle mayor seguridad al Tramo Puente San Polo – Baños Chimú

Los enrocados en canales son usados para proteger la superficie del lecho de la acción erosionadora del agua cuando trae una velocidad considerable, sin embargo, al colocar rocas en el fondo del lecho, el flujo ejerce una fuerza de arrastre sobre estas que es necesario contrarrestar, definiendo el tamaño y peso del enrocado.

El uso de enrocados es generalmente más económico que otros tipos de revestimiento, además de ser fácil de reparar y tener mayor flexibilidad

a. Diseño final con el programa RIVER

Los cálculos hidráulicos para el presente proyecto, se ha realizado utilizando el programa “RIVER”, cálculos de obras de protección de cauces o defensas ribereñas.

Este programa fue elaborado por el Programa de Encauzamiento de Ríos y Protección de Estructuras de Captación - PERPEC de la Dirección de

Estudios de Proyectos Hidráulicos Multisectoriales - ANA y debe ser tomado como una referencia para el buen diseño de estructuras laterales y espigones. El PERPEC, cuenta con experiencia en la dirección técnica y supervisión de proyectos de defensa ribereña, motivo por el cual ha validado el programa RIVER y recomienda a los profesionales a su buen uso. El programa RIVER, fue elaborado por el ingeniero *Emilse Benavides C.*, profesional especialista de la Autoridad Nacional del Agua (ANA) del Ministerio de Agricultura.



Figura 31: Diseño de defensa ribereñas

a. Método estadístico - PEARSON III

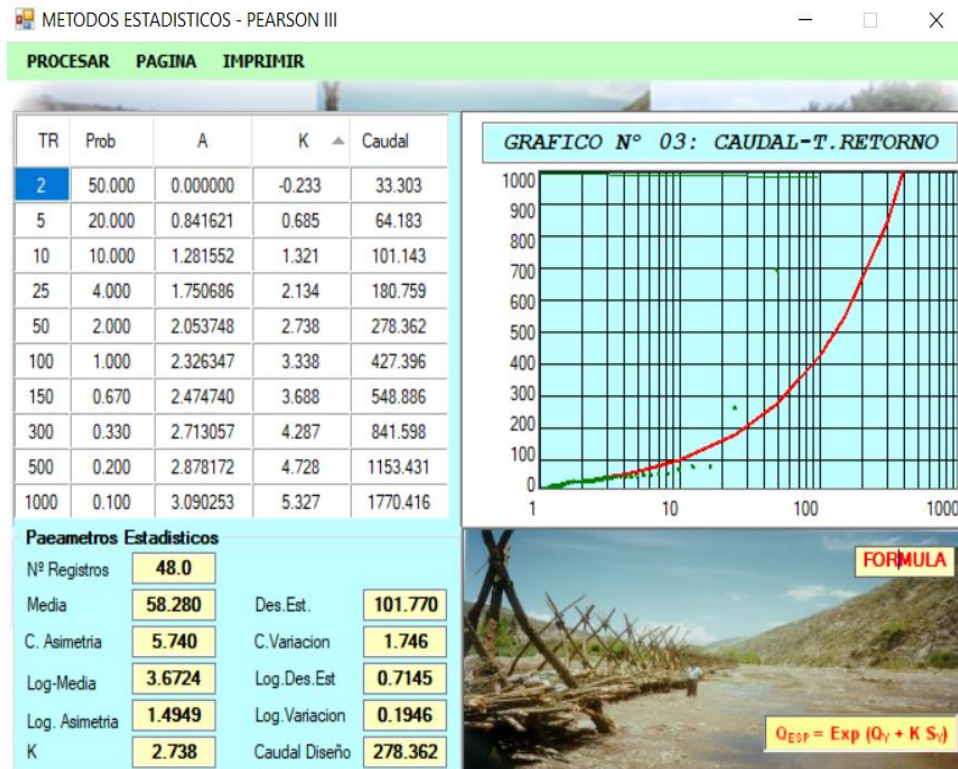


Figura 32: Método estadístico - PEARSON III

b. Q de diseño



Figura 33: Caudal de diseño – métodos estadísticos

c. Diseño preliminar sugerido

CALCULOS HIDRAULICOS - DIQUES LATERALES

PROCESAR PAGINA IMPRIMIR

PROYECTO: TRAMO PUENTE SAN POLO- BAÑOS CHIMU

Información Inicial			Dimensiones del Dique		Diseño Preliminar Sugerido		
Caudal (Q)	P. Retomo	Pendiente	Forma Dique	Tipo de Suelo	D.Recto	D.Curva	
278.362	50	0.00800	<input type="radio"/> Recto <input checked="" type="radio"/> Curva	<input checked="" type="radio"/> No Cohesivo <input type="radio"/> Cohesivo	Ancho Corona (m)	4.00	4.00
Ancho Estable del Cauze (B)			Dm (mm)	Radio Curva	Altura Dique (m)	2.60	2.60
Recomendacion Practica			33.90	576.00	Altura Enrocado	2.60	2.60
Metodo de Petits			Metodo de U. List Van Levediev		Altura Uña (m)	1.60	2.00
Metodo de Simons y Henderson			Dique en Recta Dique en Curva		Ancho de Uña (m)	2.40	3.00
Metodo de Simons y Henderson			Tirante de Socavacion (m)		Altura Total (m)	4.20	4.60
Metodo de Blench y Altunin			3.16 3.59				
Metodo de Manning y Strickler			Profundidad de Socavacion (m)				
Seccion Teorica del Cauze			1.54 1.97				
Plantilla (B)			Altura de Uña				
Metodo de Manning			1.60 2.00				
Tirante (Y)	Ancho (T)	Talud (Z)	Altura de Dique				
1.62	134.00	0.00	2.60 2.60				
Area (A)	Perimetro	B. Libre (Bl)	Altura Total (m)				
233.42	147.24	0.98	4.20 4.60				
Velocidad	Nº Froude	Rugosidad					
4.864	1.220	0.025					

Figura 34: Calculos hidráulicos – diques laterales

d. Dimensionamiento de enrocado

El programa considera el diámetro como el promedio de estos métodos. Adicionalmente se puede visualizar gráficamente la estructura con sus dimensiones, tanto para el dique de forma recta como curva. Además, nos permite verificar la estabilidad de la estructura al deslizamiento y volteo.

– Diseño en recta

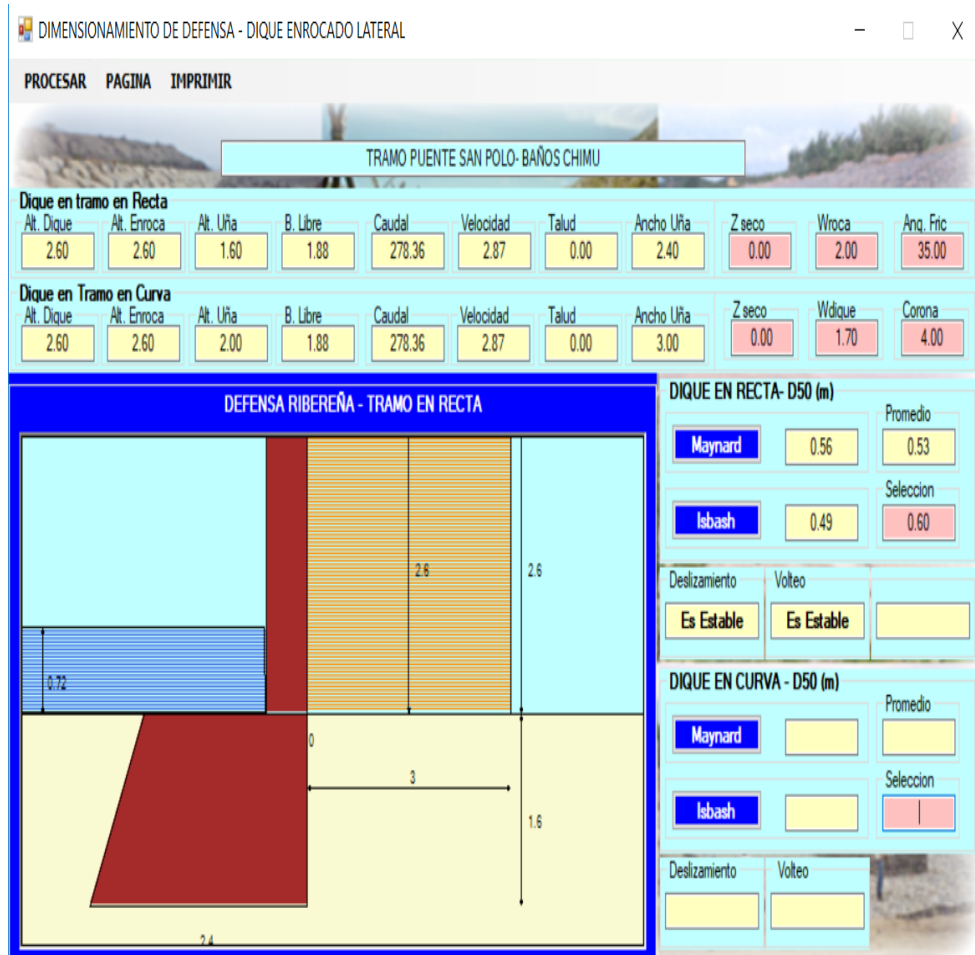


Figura 35: Dimensionamiento de defensa – dique enrocado lateral

El caudal de diseño para el río Chicama Tramo Puente San Polo – Baños Chimú, según el Programa RIVER, es de 2.78.36 m³/Seg.

– Diseño en curva

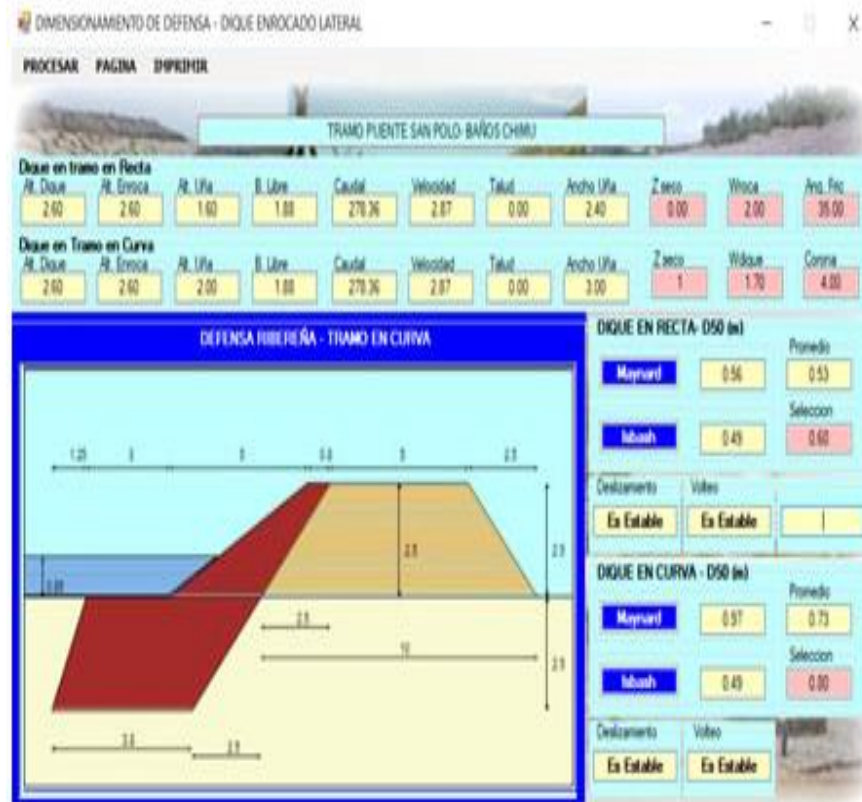


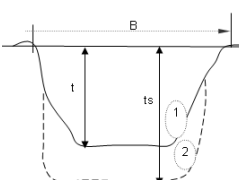
Figura 36: diseño en curva Dimensionamiento de defensa – dique enrocado lateral

El caudal de diseño para el río Chicama Tramo Puente San Polo – Baños Chimú, según el Programa RIVER, es de 2.78.36 m³/Seg.

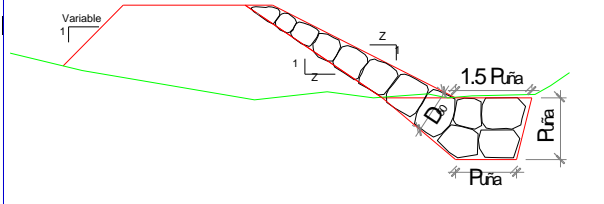
III. RESULTADOS.

DIMENSIONES	INDICADORES	RESULTADO
Cálculo hidráulico	Ancho de sección Tirante Socavación	Se encontró la sección estable y la altura adecuada para la defensa ribereña.

DIMENSIONES	INDICADORES	ITEMS																																																																																																																																							
Cálculo hidráulico	<p>Ancho de sección</p> <p>SECCIÓN ESTABLE O AMPLITUD DE CAUCE (B)</p> <p>CALCULO HIDRAULICO</p> <p>PROYECTO: 'CREACION DE DEFENSA RIBEREÑA EN LOS PUNTOS CRITICOS DEL RIO CHICAMA, TRAMO PUENTE MOREMO - BAÑOS CHIMU, DISTRITOS DE CASCAS - LUOMA Y COMPIN, PROVINCIA DE GRAN CHIMU - LA LIBERTAD'</p> <p>Proyecto :</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>Q caudal (m³/seg)</th> <th>MÉTODO DE SIMONS Y HENDERSON</th> <th>MÉTODO DE ALTUNN - MANNING</th> <th>MÉTODO DE BLENDCH</th> </tr> <tr> <td></td> <td>$B = K \cdot Q^{0.75}$</td> <td>$B = (Q^{1.49} / n) \cdot K^{0.046}$</td> <td>$B = 1.49 \cdot Q^{0.75} / n^{0.046}$</td> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1,134.84</td> <td>Condiciones de Fondo de río Kc B (m)</td> <td>Valores sugeridos de Manning (n) B (m)</td> <td>Factores B (m)</td> </tr> <tr> <td></td> <td>Fondo arena y enlitar material no cohesivo 2.8 94.32</td> <td>Descripción n</td> <td>Factor de Fondo Fc</td> </tr> <tr> <td></td> <td>Pendiente Zona del Proyecto (m/m)</td> <td>Cauces de Río con transporte de acarreo = 0.035</td> <td>Material Grueso 1.2</td> </tr> <tr> <td></td> <td></td> <td>Coefficiente Material del Cauce</td> <td>Factor de Orilla Fc</td> </tr> <tr> <td></td> <td></td> <td></td> <td>Material sueltos 0.1</td> </tr> <tr> <td>0.00800</td> <td>MÉTODO DE PETTIS</td> <td>Descripción K</td> <td>211.22</td> </tr> <tr> <td></td> <td>$B = 4.44 \cdot Q^{0.5}$</td> <td>Material fácilmente erosionable = 16 a 25</td> <td></td> </tr> <tr> <td></td> <td>B (m)</td> <td>Coefficiente de Tipo de Río</td> <td></td> </tr> <tr> <td></td> <td>149.57</td> <td>Descripción m</td> <td></td> </tr> <tr> <td></td> <td></td> <td>Para cauces arenosos</td> <td></td> </tr> <tr> <td></td> <td></td> <td>0.7</td> <td></td> </tr> <tr> <td></td> <td>MÉTODO DE LACEY</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td></td> <td>$B = 4.831 \cdot Q^{0.5}$</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td></td> <td>B (m)</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td></td> <td>162.74</td> <td>RESUMEN :</td> <td></td> </tr> <tr> <td></td> <td></td> <td>MÉTODO</td> <td>B (m)</td> </tr> <tr> <td></td> <td></td> <td>MÉTODO DE SIMONS Y HENDERSON</td> <td>94.32</td> </tr> <tr> <td></td> <td></td> <td>MÉTODO DE PETTIS</td> <td>149.57</td> </tr> <tr> <td></td> <td></td> <td>MÉTODO DE ALTUNN - MANNING</td> <td>158.90</td> </tr> <tr> <td></td> <td></td> <td>MÉTODO DE BLENDCH</td> <td>211.22</td> </tr> <tr> <td></td> <td></td> <td>RECOMENDACION PRACTICA</td> <td>105.39</td> </tr> <tr> <td></td> <td></td> <td>***** PROMEDIO B :</td> <td>143.89</td> </tr> <tr> <td></td> <td></td> <td>***** SE ADOPTA B :</td> <td>172.00</td> </tr> </tbody> </table> <p>Tirante</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="2">CÁLCULO DEL TIRANTE</th> <th>t (m)</th> </tr> <tr> <th colspan="2">MÉTODO DE MANNING - STRICKLER (B > 30 M)</th> <td></td> </tr> <tr> <th colspan="2">$t = ((Q / (Ks \cdot B \cdot S^{1/2}))^{3/5}$</th> <td></td> </tr> <tr> <th colspan="2">Valores para Ks para Cauces Naturales (Inversa de n)</th> <td></td> </tr> <tr> <th>Descripción</th> <th>Ks</th> <td rowspan="2">1.62</td> </tr> <tr> <td>Cauces de río con acarreo irregular = 33 - 35</td> <td>33</td> </tr> <tr> <td>Caudal de Diseño (m³/seg)</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Q =</td> <td>1,134.84</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Ancho Estable - Plantilla (m)</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>B =</td> <td>172.00</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Pendiente del Tramo de estudio</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>S =</td> <td>0.00800</td> <td></td> </tr> </thead></table> <p>Socavación</p>	Q caudal (m³/seg)	MÉTODO DE SIMONS Y HENDERSON	MÉTODO DE ALTUNN - MANNING	MÉTODO DE BLENDCH		$B = K \cdot Q^{0.75}$	$B = (Q^{1.49} / n) \cdot K^{0.046}$	$B = 1.49 \cdot Q^{0.75} / n^{0.046}$	1,134.84	Condiciones de Fondo de río Kc B (m)	Valores sugeridos de Manning (n) B (m)	Factores B (m)		Fondo arena y enlitar material no cohesivo 2.8 94.32	Descripción n	Factor de Fondo Fc		Pendiente Zona del Proyecto (m/m)	Cauces de Río con transporte de acarreo = 0.035	Material Grueso 1.2			Coefficiente Material del Cauce	Factor de Orilla Fc				Material sueltos 0.1	0.00800	MÉTODO DE PETTIS	Descripción K	211.22		$B = 4.44 \cdot Q^{0.5}$	Material fácilmente erosionable = 16 a 25			B (m)	Coefficiente de Tipo de Río			149.57	Descripción m				Para cauces arenosos				0.7			MÉTODO DE LACEY				$B = 4.831 \cdot Q^{0.5}$				B (m)				162.74	RESUMEN :				MÉTODO	B (m)			MÉTODO DE SIMONS Y HENDERSON	94.32			MÉTODO DE PETTIS	149.57			MÉTODO DE ALTUNN - MANNING	158.90			MÉTODO DE BLENDCH	211.22			RECOMENDACION PRACTICA	105.39			***** PROMEDIO B :	143.89			***** SE ADOPTA B :	172.00	CÁLCULO DEL TIRANTE		t (m)	MÉTODO DE MANNING - STRICKLER (B > 30 M)			$t = ((Q / (Ks \cdot B \cdot S^{1/2}))^{3/5}$			Valores para Ks para Cauces Naturales (Inversa de n)			Descripción	Ks	1.62	Cauces de río con acarreo irregular = 33 - 35	33	Caudal de Diseño (m³/seg)			Q =	1,134.84		Ancho Estable - Plantilla (m)			B =	172.00		Pendiente del Tramo de estudio			S =	0.00800		<p>Para determinar una sección estable se estudió las condiciones del fondo del río considerando los valores de rugosidad de Manning, considerando además los métodos de Pettis, Simons y Henderson. Se encontró también la profundidad de socavación para equilibrar la erosión en suelos no cohesivos.</p>
Q caudal (m³/seg)	MÉTODO DE SIMONS Y HENDERSON	MÉTODO DE ALTUNN - MANNING	MÉTODO DE BLENDCH																																																																																																																																						
	$B = K \cdot Q^{0.75}$	$B = (Q^{1.49} / n) \cdot K^{0.046}$	$B = 1.49 \cdot Q^{0.75} / n^{0.046}$																																																																																																																																						
1,134.84	Condiciones de Fondo de río Kc B (m)	Valores sugeridos de Manning (n) B (m)	Factores B (m)																																																																																																																																						
	Fondo arena y enlitar material no cohesivo 2.8 94.32	Descripción n	Factor de Fondo Fc																																																																																																																																						
	Pendiente Zona del Proyecto (m/m)	Cauces de Río con transporte de acarreo = 0.035	Material Grueso 1.2																																																																																																																																						
		Coefficiente Material del Cauce	Factor de Orilla Fc																																																																																																																																						
			Material sueltos 0.1																																																																																																																																						
0.00800	MÉTODO DE PETTIS	Descripción K	211.22																																																																																																																																						
	$B = 4.44 \cdot Q^{0.5}$	Material fácilmente erosionable = 16 a 25																																																																																																																																							
	B (m)	Coefficiente de Tipo de Río																																																																																																																																							
	149.57	Descripción m																																																																																																																																							
		Para cauces arenosos																																																																																																																																							
		0.7																																																																																																																																							
	MÉTODO DE LACEY																																																																																																																																								
	$B = 4.831 \cdot Q^{0.5}$																																																																																																																																								
	B (m)																																																																																																																																								
	162.74	RESUMEN :																																																																																																																																							
		MÉTODO	B (m)																																																																																																																																						
		MÉTODO DE SIMONS Y HENDERSON	94.32																																																																																																																																						
		MÉTODO DE PETTIS	149.57																																																																																																																																						
		MÉTODO DE ALTUNN - MANNING	158.90																																																																																																																																						
		MÉTODO DE BLENDCH	211.22																																																																																																																																						
		RECOMENDACION PRACTICA	105.39																																																																																																																																						
		***** PROMEDIO B :	143.89																																																																																																																																						
		***** SE ADOPTA B :	172.00																																																																																																																																						
CÁLCULO DEL TIRANTE		t (m)																																																																																																																																							
MÉTODO DE MANNING - STRICKLER (B > 30 M)																																																																																																																																									
$t = ((Q / (Ks \cdot B \cdot S^{1/2}))^{3/5}$																																																																																																																																									
Valores para Ks para Cauces Naturales (Inversa de n)																																																																																																																																									
Descripción	Ks	1.62																																																																																																																																							
Cauces de río con acarreo irregular = 33 - 35	33																																																																																																																																								
Caudal de Diseño (m³/seg)																																																																																																																																									
Q =	1,134.84																																																																																																																																								
Ancho Estable - Plantilla (m)																																																																																																																																									
B =	172.00																																																																																																																																								
Pendiente del Tramo de estudio																																																																																																																																									
S =	0.00800																																																																																																																																								

CALCULO DE LA PROFUNDIDAD DE SOCAVACION (Hs)											
METODO DE LL. LIST VAN LEVEEIV											
Suelos Granulares - No Cohesivos			1. Perfil antes de la erosión 2. Perfil de equilibrio tras la erosión 								
$t_s = ((\alpha \cdot t^{0.75}) / (0.68 D_m^{0.28} \beta))^{1/(x+1)}$(1)											
Suelos Cohesivos											
$t_s = ((\alpha \cdot t^{0.75}) / (0.60 \gamma_s^{1.18} \beta))^{1/(x+1)}$(2)											
Donde:											
t_s = Tirante despues de producirse la socavacion (m)											
t = Tirante sin socavacion (m)											
$t = 1.62$ m											
D_m = Diametro Medio de las particulas (mm)											
$D_m = 9.525$ mm											
γ_s = Peso Especifico suelo (Kg/m ³)											
μ = Coeficiente de Contraccion											
α = Coeficiente >>>>>											
$\alpha = Q(t_m^{-0.9} \mu)$											
Tirante medio (t_m) = A/B	Q (Caudal de Diseño)	Coeficiente de Contraccion (μ) Tabla N° 01	Ancho Estable	α							
$t_m = 1.59$	1,134.84	$\mu = 0.99$	B = 172.00	3.08							
PROFUNDIDAD DE SOCAVACION PARA SUELOS NO COHESIVO(1) :											
X : Exponente que depende de : D_m para suelos Granulares No Cohesivos y γ_s para suelos cohesivos. >>>>> TABLA N° 03		Coeficiente por Tiempo de Retorno : β (Tabla N° 04)	TIRANTE DE SOCAVACION SUELOS GRANULARES - NO COHESIVOS								
X (Tabla N° 03)	1/x+1	β	$t_s = ((\alpha \cdot t^{0.75}) / (0.68 D_m^{0.28} \beta))^{1/(x+1)}$								
x = 0.34	0.74	$\beta = 0.97$	$t_s = 3.58$ m								
<table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="2">PROFUNDIDAD DE SOCAVACION (Hs)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>H_s</td> <td>= $t_s - t$</td> </tr> <tr> <td>H_s</td> <td>= 1.96 m</td> </tr> </tbody> </table>						PROFUNDIDAD DE SOCAVACION (Hs)		H_s	= $t_s - t$	H_s	= 1.96 m
PROFUNDIDAD DE SOCAVACION (Hs)											
H_s	= $t_s - t$										
H_s	= 1.96 m										

DIMENSIONES	INDICADORES	RESULTADO
Cálculo estructural	Profundidad de la uña Estabilidad Cálculo de la roca	Se calculó la profundidad de la uña para la protección del pie de talud y la estabilidad del terraplén, así como la probabilidad de movimiento de la roca.

DIMENSIONES	INDICADORES	ITEMS																																											
Cálculo estructural	<p style="text-align: center;">Profundidad de la uña</p> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px;"> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 30%;">Profundidad de Socavacion (H_s) =</td> <td style="width: 20%; text-align: center;">1.96</td> <td style="width: 10%; text-align: center;">→</td> <td style="width: 30%;">Profundidad de Uña ($P_{uña}$) =</td> <td style="width: 10%; text-align: center;">$FS \cdot H_s$</td> </tr> <tr> <td></td> <td></td> <td></td> <td>FS =</td> <td style="text-align: center;">1.2</td> </tr> <tr> <td></td> <td></td> <td></td> <td>$P_{uña}$ =</td> <td style="text-align: center;">2.36</td> </tr> <tr> <td colspan="5" style="text-align: center;">Por lo Tanto Seleccionamos :</td> </tr> <tr> <td></td> <td></td> <td></td> <td>$P_{uña}$ =</td> <td style="text-align: center;">2.50 m</td> </tr> </table> <p style="text-align: center;">PROTECCION DEL PIE DE TALUD</p>  </div>	Profundidad de Socavacion (H_s) =	1.96	→	Profundidad de Uña ($P_{uña}$) =	$FS \cdot H_s$				FS =	1.2				$P_{uña}$ =	2.36	Por lo Tanto Seleccionamos :								$P_{uña}$ =	2.50 m	<p>Para determinar la profundidad de la uña se empleó la fórmula:</p> <div style="border: 1px solid black; padding: 2px; width: fit-content; margin: 5px auto;"> $Profundidad\ de\ Uña\ (P_{uña}) = FS \cdot H_s$ </div> <p>Se hizo el análisis de estabilidad del terraplén considerando el peso propio del terraplén:</p> <div style="border: 1px solid black; padding: 2px; width: fit-content; margin: 5px auto;"> $R = W \cdot Tag\ \phi$ </div>																		
	Profundidad de Socavacion (H_s) =	1.96	→	Profundidad de Uña ($P_{uña}$) =	$FS \cdot H_s$																																								
			FS =	1.2																																									
			$P_{uña}$ =	2.36																																									
Por lo Tanto Seleccionamos :																																													
			$P_{uña}$ =	2.50 m																																									
<p style="text-align: center;">Estabilidad</p> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th colspan="4" style="text-align: center;">ESTABILIDAD DEL TERRAPLEN</th> </tr> <tr> <th colspan="2" style="text-align: center;">Fuerza Resistente (Kg/m)</th> <th colspan="2" style="text-align: center;">ANALISIS DE ESTABILIDAD</th> </tr> <tr> <th colspan="2" style="text-align: center;">$R = W \cdot Tag\ \phi$</th> <th colspan="2"></th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td colspan="2" style="text-align: center;">W = Peso del Terraplen</td> <td colspan="2" style="text-align: center;">R</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">Area Dique (m^2)</td> <td style="text-align: center;">16.91</td> <td colspan="2" rowspan="5" style="text-align: center; vertical-align: middle;">22,852.18</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">Peso Especifico del material (Kg / m^3)</td> <td style="text-align: center;">1930.00</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">W =</td> <td style="text-align: center;">32,636.30</td> </tr> <tr> <td colspan="2" style="text-align: center;">Angulo de friccion interna en grados(tipo de material de rio)</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">ϕ</td> <td style="text-align: center;">35</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">Tag ϕ</td> <td style="text-align: center;">0.70</td> <td colspan="2" rowspan="5" style="text-align: center; vertical-align: middle;">R > P ===== EL DIQUE ES ESTABLE A LA PRESION DEL AGUA</td> </tr> <tr> <td colspan="2" style="text-align: center;">Presion del Agua (Kg/m^2)</td> </tr> <tr> <td colspan="2" style="text-align: center;">P = $P_w \cdot t^2/2$</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">P_w</td> <td style="text-align: center;">1000.00</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">Tirante</td> <td style="text-align: center;">1,312.20</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">t</td> <td style="text-align: center;">1.62</td> <td colspan="2"></td> </tr> </tbody> </table> <div style="border: 1px solid black; padding: 2px; width: fit-content; margin: 5px auto;"> $V_b = (D_{50} / 2)^{2/3} \cdot S^{1/2} / n_f$ </div>	ESTABILIDAD DEL TERRAPLEN				Fuerza Resistente (Kg/m)		ANALISIS DE ESTABILIDAD		$R = W \cdot Tag\ \phi$				W = Peso del Terraplen		R		Area Dique (m^2)	16.91	22,852.18		Peso Especifico del material (Kg / m^3)	1930.00	W =	32,636.30	Angulo de friccion interna en grados(tipo de material de rio)		ϕ	35	Tag ϕ	0.70	R > P ===== EL DIQUE ES ESTABLE A LA PRESION DEL AGUA		Presion del Agua (Kg/m^2)		P = $P_w \cdot t^2/2$		P_w	1000.00	Tirante	1,312.20	t	1.62			<p>Se determinó la Velocidad en el espacio entre el enrocado y material base estabilidad del terraplén, así como la probabilidad de movimiento de la roca:</p>
ESTABILIDAD DEL TERRAPLEN																																													
Fuerza Resistente (Kg/m)		ANALISIS DE ESTABILIDAD																																											
$R = W \cdot Tag\ \phi$																																													
W = Peso del Terraplen		R																																											
Area Dique (m^2)	16.91	22,852.18																																											
Peso Especifico del material (Kg / m^3)	1930.00																																												
W =	32,636.30																																												
Angulo de friccion interna en grados(tipo de material de rio)																																													
ϕ	35																																												
Tag ϕ	0.70	R > P ===== EL DIQUE ES ESTABLE A LA PRESION DEL AGUA																																											
Presion del Agua (Kg/m^2)																																													
P = $P_w \cdot t^2/2$																																													
P_w	1000.00																																												
Tirante	1,312.20																																												
t	1.62																																												

Cálculo de la roca

**CALCULO DEL DIAMETRO DE ROCA RIO CHICAMA
FORMULA DE MAYNORD
Caudal : Q = 1134.84 m3/seg**

Sección Hidráulica	Altura Hidráulica (m)	Velocidad en el Centro del Cauze (m/s)	Coficiente C ₁	Coficiente por Ubicación de roca C ₂	F = C ₂ V / (g y) ^{0.5}	d ₅₀ = t C ₁ F ³
Rio Chicama	1.62	3.47	0.32	1.25	1.09	0.67

D₅₀ = 0.67 m

D₁₀₀ = 1.33 m

CALCULO DEL DIAMETRO DE ROCA

$$W = \frac{0.011314 \gamma_s \gamma V^6}{\left(\frac{\gamma_s - \gamma}{\gamma}\right) \sin^3(\phi - \theta)}$$

$D_s = \left(\frac{6^3 W}{\pi \gamma_s}\right)^{1/3}$

γ_s = Peso específico de las partículas, Kg/cm³, Tr/m³
 γ = Peso específico del fluido, Kg/cm³, Tr/m³
 V = Velocidad media, m/s
 ϕ = Angulo de reposo del material
 θ = Angulo del talud respecto a la horizontal
 W = Peso, Kg
 D_s = Diámetro de volumen esférico equivalente, m
 γ_s = Peso específico de la roca, lb / ft³

Sección Hidráulica	γ_s Tr/m ³	γ Tr/m ³	Velocidad Media (m/s)	ϕ (°)	Talud (°)	W (Peso)			γ_s lb/ft ³	D _s (Pies)	D _s (m)
						kg	Tr	lb			
Rio Chicama	2.68	1.00	3.47	45.00°	2.00	991.45	6.991	2182.77	167.807	2.922	0.891

Porcentaje	Diámetro de la roca, m	
100	<=	D _{calculado} = 0.89
50	>	D ₅₀ = 0.53
80	>	D ₈₀ = 0.36

D_{calculado} = 0.89 m

**CALCULO DEL DIAMETRO DE ROCA RIO CHICAMA
FÓRMULA DE LA CALIFORNIA DIVISIÓN OF HIGHWAYS**

$d_{50} = \frac{b}{\Delta} * \frac{V^2}{2g} * \frac{1}{f}$

$\Delta = \frac{\gamma_s - \gamma}{\gamma}$

$f = \sqrt{1 - \frac{\sin^2 \theta}{\sin^2 \phi}}$

b = factor para condiciones de mucha turbulencia, piedras redondas, y sin que permita movimiento de piedra, se adopta un valor b = 1.4
 Δ = Densidad Relativa del material
 γ_s = Densidad de la roca
 γ = Densidad del agua
 V = Velocidad media, m/s
 g = Aceleración Gravedad : 9.81
 f = Factor de talud
 θ = Angulo del Talud
 ϕ = Angulo de Fricción Interna del material.

Sección Hidráulica	γ_s Tr/m ³	γ Tr/m ³	Velocidad Media (m/s)	ϕ (°)	Talud (°)	Δ	f	d ₅₀ (m)
Rio Chicama	2.63	1.00	3.47	38.00°	2.00	2.657°	1.63	0.687

Porcentaje	Diámetro de la roca, m	
100	<=	D _{calculado} = 0.77
50	>	D ₅₀ = 0.46
80	>	D ₈₀ = 0.31

D₅₀ = 0.77 m

IV. DISCUSIÓN.

Con la presente investigación se pretende proponer el Diseño estructural - hidráulico para la construcción de una defensa ribereña en el río Chicama a la altura del puente San Paolo hasta los baños Chimú por existir un alto riesgo de inundaciones que en la zona y por las pérdidas que se producen que impactan de manera negativa en la economía de los pobladores, en la agricultura y la ganadería; en el transporte se produce la obstrucción de caminos y trozas carrozables; en salud por las enfermedades y epidemias que estas producen; siendo que la consecuencia resulta en el atraso y desarrollo de las comunidades cercanas al río. El caudal de diseño considerado para el río Chicama Tramo Puente San Polo – Baños Chimú, según el Programa RIVER, es de 2.78.36 m³/Seg. Las características de baja pendiente del río Chicama en la zona del proyecto unida al hecho de que el cauce presenta márgenes demasiado explanados lo que hace propenso a sufrir problemas de inundaciones en épocas de avenidas máximas llegando a tener en periodos de retornos de 50 años hasta 1500m³/s de caudal, con una socavación de 2.00 m, Precipitaciones de máximas en 24 horas 77.60 mm. Según los resultados de la investigación se seleccionó la opción de diques con revestimiento de enrocado por las características de Hidráulica fluvial del río Chicama, ya que reúne las características adecuadas y resulta la más apropiada comparada con la defensa de gaviones y muro de concreto, en un menor costo, pues existen existentes en la zona que pueden ser utilizados y el mantenimiento que este implica; asimos es el más común en zonas rurales.

V. CONCLUSIONES

En la presente investigación:

- Se propuso el diseño estructural - hidráulico que se debe considerar para realizar la defensa ribereña del Rio Chicama, Tramo Puente San Polo – Baños Chimú, encontrando que técnicamente es mejor el uso de gaviones como estructuras de defensa ribereña.
- Se elaboró el análisis hidrológico del rio Chicama. Ver Figura 24: Programa RIVER. Pág 142.
- Se llevó a cabo el Análisis de la topografía y la mecánica de Suelos del tramo Puente San Polo – Baños Chimú.
- Se determinó el proceso de diseño de defensa ribereña con revestimiento de enrocado. Ver resultados RIVER Cálculos hidráulicos – Diques laterales. Pág. 181.
- Se ha realizado una comparación técnica entre el uso de gaviones y geoceldas como estructuras de defensa ribereña. De acuerdo a la Tabla 26, Pág. 177, se determinó que es mejor el uso de gaviones.
- Se ha llevado a cabo el diseño de estructuras consideradas las adecuadas como diques y enrocados, que permitan darle mayor seguridad al Tramo Puente San Polo – Baños Chimú. Ver resultados RIVER Dimensionamiento de defensa. Pág. 182, 183.

VI. RECOMENDACIONES

- Se recomienda usar el programa River, para el modelamiento del cauce, porque compone un instrumento ventajoso en el modelamiento de los ríos y encontrar las respectivas áreas de inundación. Asimismo, proporciona parámetros confiables de diseño diseñar de defensas ribereñas para de esa manera encontrar su respectiva ubicación y longitud.
- Se recomienda a las autoridades llevar a cabo el desarrollo del proyecto de la construcción de la defensa ribereña y fomentar campañas informativas y de sensibilización de la población con peligro de inundaciones identificadas, dando orientaciones y brindando el apoyo necesario.
- A los futuros tesisistas considerar proyectos de esta naturaleza para lograr el desarrollo de la población.
- A los Ingenieros y docentes de las diferentes casas de estudios fomentar proyectos de defensa ribereña sobre todo cuando sabemos que nuestras riberas están expuestas ante la presencia de un fenómeno natural.
- Para el diseño estructural – hidráulico de una defensa ribereña, se recomienda reunir información de campo confiable y verificar la zona donde se proyecta la ejecución, también seguir charlas y capacitaciones que brinda el SENAMHI, INDECI, Ministerio de agricultura (ANA) y otras entidades para entender mejor la magnitud de desastre; las consecuencias que las inundaciones producen y así diseñar profesionalmente la defensa ribereña.



- Se recomienda al SENAMHI que las estaciones meteorológicas sean automáticas para tener datos más precisos y así evitar los datos faltantes para tener un mejor análisis con datos completos.
- Para los diseñadores, se recomienda la capacitación de programas que son de mucha utilidad para el diseño de la defensa ribereña como programa River, Hydroesta, H-canales, Hec ras y otros que son de mucha ayuda para comprender y analizar las ecuaciones y fórmulas que estas utilizan, y así saber introducir adecuadamente los datos necesarios que estos nos pida para tener resultados precisos y no cometer errores en el diseño y en los cálculos, también utilizar otros programas de simulación para comparar los resultados y tener una mejor idea de la proporción del daño que puede causar el desborde de un río.

VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Achic Chata, J. (2004). Diseño de defensa ribereña para la urbanización Sol de Huampaní - margen derecha del río Rímac. Universidad Nacional de Ingeniería. Lima, Perú.
- Alfaro, T. (2010). Tratamiento de cauce del río para el control de inundaciones en la cuenca Chicama. Ministerio de agricultura. Perú.
- Aguilar, J. (2016). Comparación técnica entre el uso de gaviones y geoceldas como estructuras de defensa ribereña; Pontifica Universidad Católica del Perú, Lima, Perú.
- Alvaro, L, & Henríquez, F. (2016). Diseño hidráulico y estructural de defensa ribereña del rio Chicama tramo puente Punta Moreno – Pampas de Jaguey aplicando el programa River; Universidad Privada Antenor Orrego, Trujillo, Perú.
- Carrie, J. (2010). Manual de manejo de cuencas. Canadá.
- Comunicaciones, M. D. (2008). Manual de hidrología, hidráulica y drenaje. Ministerio de Transportes y Comunicaciones, Lima, Perú.
- Díaz, D. (2014). Evaluación del nivel hidráulico de la defensa ribereña de la quebrada Magllanal ante una máxima avenida en el sector oeste de la ciudad de Jaén- Cajamarca; Universidad Nacional de Cajamarca, Perú.
- Escuder Et. Al. (2010). Riesgo residual y análisis de vulnerabilidad. Universidad Politécnica de Valencia. España.
- Flores, O. (2015). Propuesta y análisis de diseño de defensas ribereñas en el rio Ilave zona rural C.P. Santa Rosa de Huayllata-Ilave; Universidad Nacional del Altiplano, Puno, Perú.

- Franco, F. (2015). Diseño de dique defensa ribereña distrito de La Punta. Universidad Cesar Vallejo. Lima, Perú.
- García, Et. Al. (2011). Laboratorio de biología y geología. Editorial Club Universitario. Lima, Perú.
- Hernández, J. (2016). Estudio de encauzamiento y defensas ribereñas en el río Chancay-Lambayeque sector centro poblado “Rinconazo”- Tuman; Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo, Lambayeque, Perú.
- Muñoz Aguilar, J. y Torres Abanto L. (2016). Estudio geotécnico y diseño de estructuras de contención para defensa ribereña ante el latente fenómeno natural de el niño, del río Alto Chicama tramo El Molino distrito de Cascas provincia de Gran Chimú – departamento La Libertad. Universidad Antenor Orrego. Trujillo. Perú.
- Navarro, R. & Rojas, M. (2016). Estudio hidrológico, hidráulico y defensa ribereña del puente Monsefú – Eten; Universidad Señor de Sipán, Lambayeque, Perú.
- Otiniano, D. & Cielo, J. (2016). Diseño hidráulico y estructural de la defensa ribereña del río Nepeña, sector Puente Huambacho –distrito de Nepeña – Santa-Ancash; Universidad Nacional del Santa, Chimbote, Perú.
- Pérez, G. (2017). Artículo diseño hidráulico de canales. Lima, Perú.
- Quispe, J. (2016). Diseño de defensa ribereña para la central Chimay – río Tulumayo; Universidad Nacional de Ingeniería, Lima, Perú.
- Rocha, F. (1998). Introducción a la hidráulica de los ríos. Primera edición. Lima, Perú.

Tello, Et. Al. (2016). eEtudio hidrológico y diseño hidráulico de obras de captación y conducción para la implementación de un nuevo sistema de riego en una tierra de cultivo para palta en el distrito de Luricocha de la provincia de Huanta – departamento de Ayacucho. Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas. Perú.

Tito, Y. (2017). Modelamiento hidráulico del rio cañete sector puente Socsi - altura puente colgante (9 km), con fines de diseño de defensas ribereñas; Universidad Nacional Agraria la Molina, Lima, Perú.

Waripoma, r. (2015). Estudio hidrológico hidráulico de la defensa ribereña de la comunidad de Vilcanchos Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga. Ayacucho, Perú.

VIII. ANEXOS

ANEXO 1: Guía de observación

Ficha de Reconocimiento

1. Definición del Área de Estudio

1.1 Definición de Límites:

1.1.1 Ubicación:

RIO CHICAMA – PROVINCIA GRAN CHIMU

1.1.2 Instituciones Gubernamentales, No Gubernamentales y Privadas (Señalar con SI ó NO según corresponda)

Instituciones en La Zona	Cuenta con departamentos De Apoyo	Organiza a la Población	Se puede contar con Esta Institución en Caso de Inundación
Región Agraria	NO	NO	NO
ATDR – INRENA	SI	SI	SI
Junta de Usuarios	SI	SI	SI
ONGs	NO	NO	NO
PRONAMACHS	SI	SI	SI
INDECI	SI	NO	SI
Ministerio de Salud	SI	SI	SI
Ministerio de Transporte	NO	NO	SI
Ministerio de Telecomunicaciones	NO	NO	NO
Policía Nacional	SI	NO	SI
Instituciones Religiosas	SI	SI	SI

1.1.3 Patrimonio Cultural (Marque con X según corresponda) :

Ruinas Incaicas Iglesias Coloniales Andenes
 Parque Nacional Otros

1.2 Características Generales del área de estudio (Marque con X según corresponda):

1.2.1 Zona:

Urbana Rural Ambas Área Agrícola

1.2.2 Condición socioeconómica de la población Califique: 5 = Muy Bueno, 4 = Bueno, 3 = Regular, 2 = Malo) :

Descripción	Calificación
Buena	
Regular	
Mala	2

1.3 ÁREA URBANA:

1.3.1 Tipo de viviendas:

Descripción	No. de Viviendas	Exposición	Fragilidad	Resiliencia Ind-organ.	Resiliencia Nuevas Alt.
Material Noble	20	SI	NO		
Adobe o Quincha	250	SI	SI		
Esteras	15	SI	SI		
Total de Viviendas	285				

Señalar en EXPOSICION: Alta, Media o Baja. FRAGILIDAD: Alta, Media o Baja. RESILIENCIA: Capacidades individuales y Organizacionales y Puesta en práctica de nuevas alternativas de desarrollo: Alta o Baja.

1.3.2 ¿Existen vías de acceso? (Marque X según corresponda):

Descripción	SI / NO	Estado		Exposición	Fragilidad	Resiliencia Ind-organ.	Resiliencia Nuevas Alt.
		Buena	Mala				
Carretera							
Trocha	X		X	X	X	X	
Camino							

1.3.3 Medios de transporte (Califique: 5 = Hay servicio, 4 = Mediano servicio, 3 = Poco servicio):

Descripción	Calificación
Transporte Privado	3
Transporte Público	

1.3.4 ¿Existen puestos de Salud? (Marque con X según corresponda)

Descripción	SI	NO	Cuantos
Posta	X		3
Hospital			
Clínica			
Ninguna			

1.3.5 Infraestructura de Agua potable y alcantarillado (Marque con X según corresponda) :

Descripción	Existe	
	SI	NO
Agua y Desagüe		
Solo Agua	X	
Solo Desagüe		
Ninguna		

1.3.6 Infraestructura de Educación (Marque con X según corresponda) :

Descripción	SI	NO	Cuantos
Escuela	X		5
Instituto			
Universidad			
Ninguna			

1.3.7 Infraestructura de Servicio Eléctrico (Marque con X según corresponda) :

Descripción	SI	NO
Cuenta con luz 24 hrs	X	
Cuenta con luz 12 hrs		
Cuenta con luz 6 hrs		
No cuenta con luz		

1.3.8 Cuenta con Infraestructura de Cultura y Recreación (Describe):

NO CUENTA EN LA ZONAS

1.3.9 Cuenta con Infraestructura de Servicio de Telecomunicación (Describe):

SI CUENTA

1.3.10 Cuenta con Infraestructura de Servicio Telefónico e Internet (Describe):

NO CUENTA

1.4 **ÁREA RURAL:**

1.4.1 Tipo de viviendas:

Descripción	No. de Viviendas	Exposición	Fragilidad	Resiliencia Ind-organ.	Resiliencia Nuevas Alt.
Material Noble					
Adobe o Quincha	X	X	X	X	
Esteras					
Total de Viviendas					

Señalar en EXPOSICION: Alta, Media o Baja. FRAGILIDAD: Alta, Media o Baja.
RESILIENCIA: Capacidades individuales y Organizacionales y Puesta en práctica de nuevas alternativas de desarrollo: Alta o Baja.

1.4.2 ¿Existen vías de acceso? (Marque X según corresponda):

Descripción	SI / NO	Estado		Exposición	Fragilidad	Resiliencia Ind-organ.	Resiliencia Nuevas Alt.
		Buena	Mala				
Carretera							
Trocha	NO		X	X		X	
Camino							

Señalar en EXPOSICION: Alta, Media o Baja. FRAGILIDAD: Alta, Media o Baja.
RESILIENCIA: Capacidades individuales y Organizacionales y Puesta en práctica de nuevas alternativas de desarrollo: Alta o Baja.

1.4.3 Medios de transporte: (Califique: 5 = Hay servicio, 4 = Mediano servicio, 3 = Poco servicio):

Descripción	Calificación
Transporte Privado	3
Transporte Público	

1.4.4 ¿Existen puestos de Salud? ¿Marque con X según corresponda)

Descripción	SI	NO	Cuantos
Posta	X		1
Hospital			
Clínica			
Ninguna			

1.4.5 Infraestructura de Agua potable y alcantarillado (Marque con X según corresponda):

Descripción	Existe	
	SI	NO
Agua y Desagüe		
Solo Agua	X	
Solo Desagüe		
Ninguna		

1.4.6 Infraestructura de Educación (Marque con X según corresponda):

Descripción	SI	NO	Cuantos
Escuela	X		2
Instituto			
Universidad			
Ninguna			

1.4.7 Infraestructura de Servicio Eléctrico (Marque con X según corresponda):

Descripción	SI	NO
Cuenta con luz 24 hrs	X	
Cuenta con luz 12 hrs		
Cuenta con luz 6 hrs		
No cuenta con luz		

1.4.8 Cuenta con Infraestructura de Cultura y Recreación (Describe):

NO CUENTA

1.4.9 Cuenta con Infraestructura de Servicio de Telecomunicación (Describe):

SI CUENTA

1.4.10 Cuenta con Infraestructura de Servicio Telefónico e Internet (Describe):

NO CUENTA

1.5 AREA AGRICOLA:

1.5.1 ¿Qué clase de tierra de cultivo hay:

Cultivo de caña de azúcar.

Cultivo de arroz.

Cultivo de maíz.

Cultivo de uva.

- Se cuenta con titulo de propiedad en la zona: **NO**

- Grado de fertilidad del terreno: **BUENO**

- Tipo de cultivo(s) por campaña: **SI**

- Tipo de riego utilizado: **CONVENCIONAL**

- Existe infraestructura de riego (Marque con X si existe):

Bocatoma: Estado: _____ Caudal Captado (m3/s): _____

Canal: Estado: MALO Longitud (Km) 30 Caudal de Conducción (m3/s): 350

Drenes: Estado: _____ Longitud (Km) _____ Caudal de conducción (m3/s): _____

Reservorio: Estado: _____ Vol. Almacenamiento(m3) _____ altura Presa o Muro(m): _____

Otros: Estado: _____ Longitud (Km) _____ Caudal de conducción (m3/s): _____

Descripción	SI / NO	Estado		Exposición	Fragilidad	Resiliencia Ind-organ.	Resiliencia Nuevas Alt.
		Buena	Mala				
Bocatoma							
Canales	SI		X	X	X	X	
Reservorios							

Señalar en EXPOSICION: Alta, Media o Baja. FRAGILIDAD: Alta, Media o Baja.
RESILIENCIA: Capacidades individuales y Organizacionales y Puesta en práctica de nuevas alternativas de desarrollo: Alta o Baja.

- Existen defensas ribereñas (Marque con X si existe) :

Muros de Contención: Estado: _____ Longitud (Km):
 Gaviones: Estado: _____ Longitud (Km):
 Otros: Estado: MALO Longitud (Km): 3

¿Los productos se venden en el mercado o a intermediarios? (Describa proceso de comercialización)

- **MERCADO LOCAL.**
- **MERCADO NACIONAL**
- ¿Qué tipo de animales se cría y con qué fines? (Describa)
 - **AVES DE CORRAL.**
 - **OVINOS.**
 - **VACUNOS.**
 - **GANADERIA.**

- Se produce alguna clase de productos (Marque con X):

Descripción	SI	NO	TIPO
Industriales			
Agroindustriales			
Artesanales			
Orfebrería			
Otros		x	

- ¿Los productos producidos es para el consumo o para la comercialización? (Describa)

NO SE PRODUCE

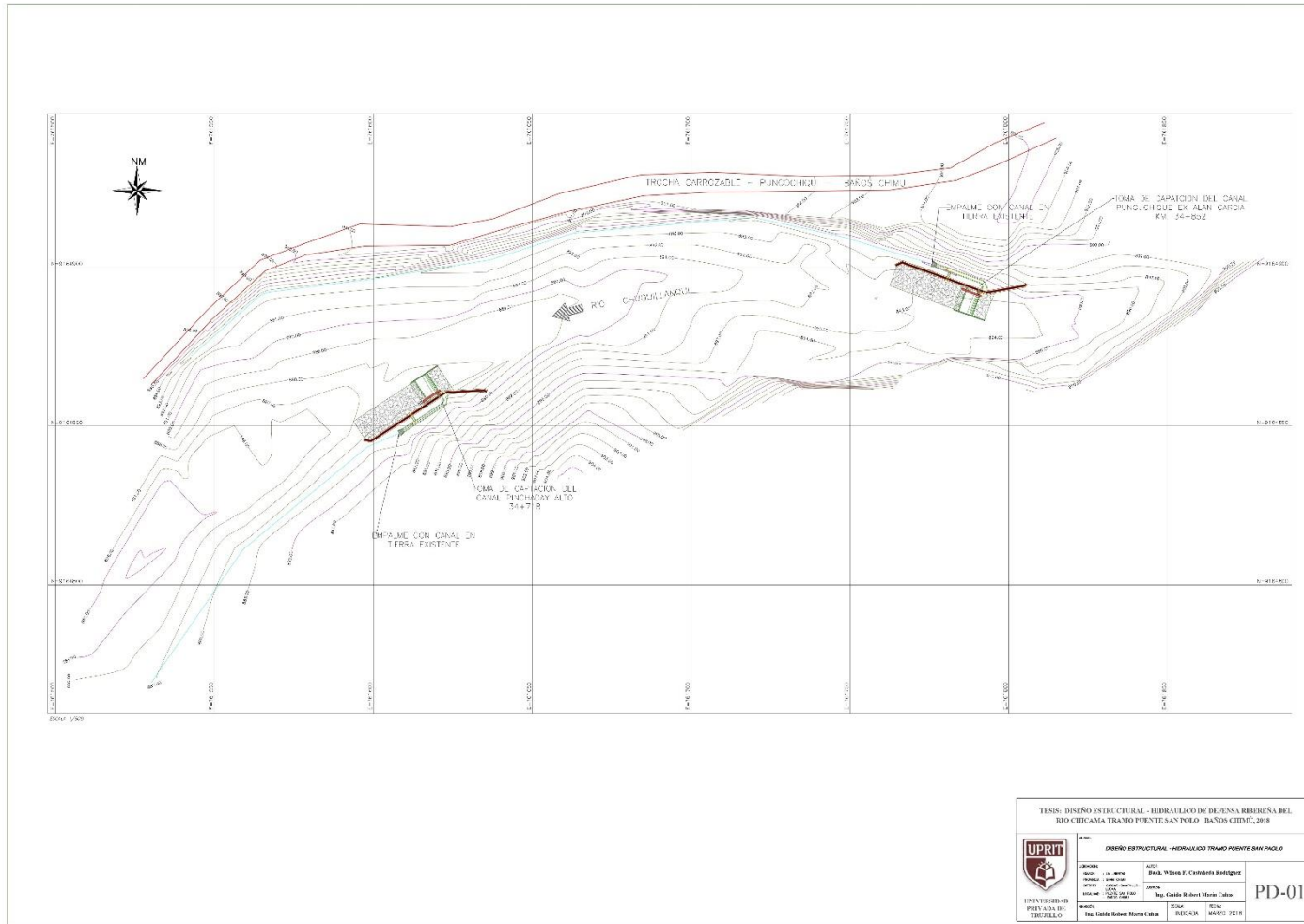
1.6 Mapa del área de estudio:

1.6.1 Entre que ciudad o población se encuentra el área de estudio:

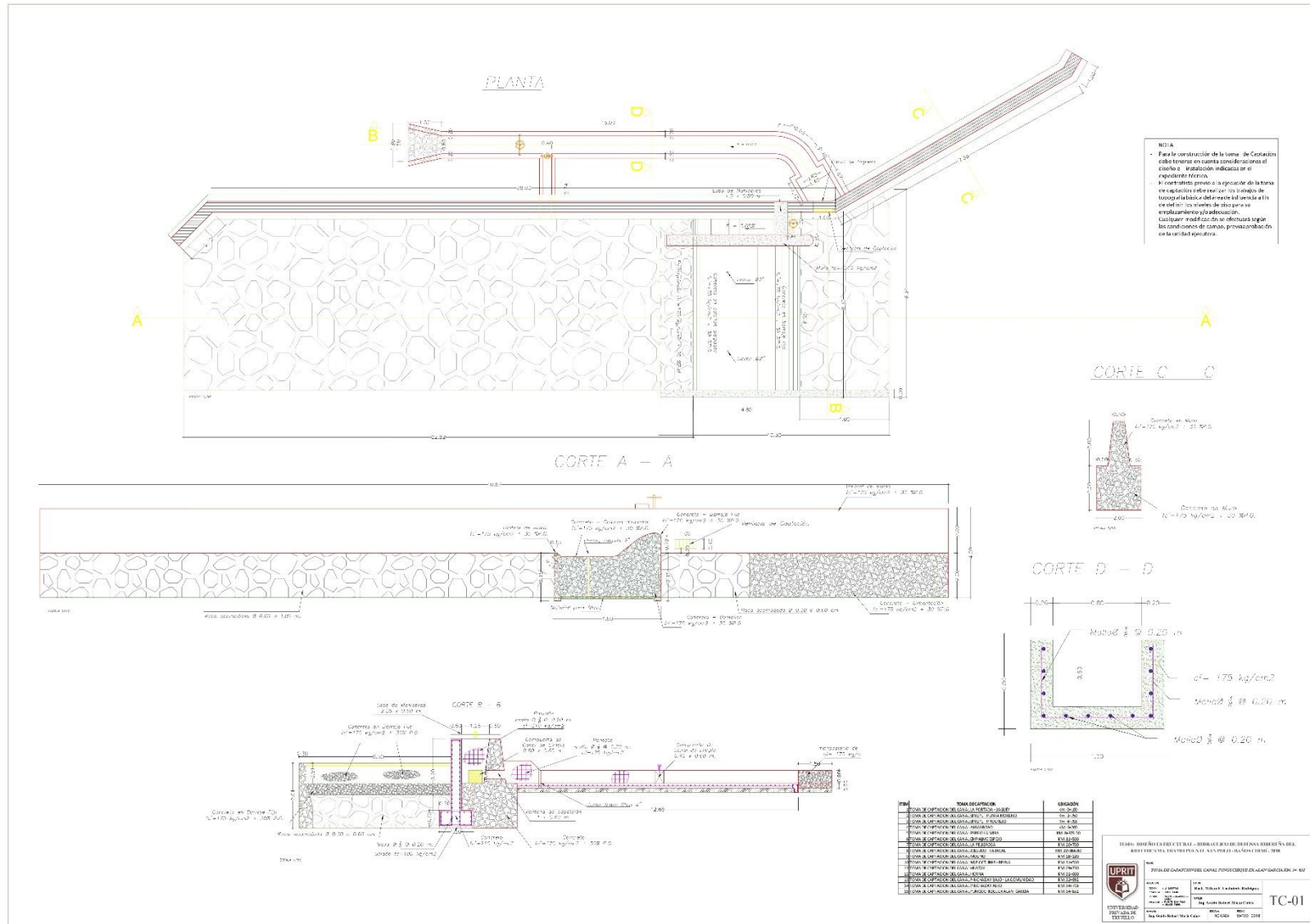
¿Cómo se ubicación la población?

Descripción	No. de Pobladores
Cerca de la rivera del río	582
Lejos de la rivera del río	
En la rivera del río	
Total de Pobladores	

ANEXO 2: Planos de diseño estructural – hidráulico de defensa ribereña del río Chicama tramo puente San Polo.



DISEÑO ESTRUCTURAL – HIDRAULICO DE DEFENSA RIBEREÑA DEL RIO CHICAMA TRAMO PUENTE SAN POLO – BAÑOS CHIMÚ, 2018



DISEÑO ESTRUCTURAL – HIDRAULICO DE DEFENSA RIBEREÑA DEL RIO CHICAMA TRAMO PUENTE SAN POLO – BAÑOS CHIMÚ, 2018

