



FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

TRABAJO DE SUFICIENCIA PROFESIONAL

**"MITIGACIÓN DE DESBORDES PRODUCIDOS POR
EL RÍO INGEÑO PARA EVITAR INUNDACIONES
UTILIZANDO GAVIONES EN LA REGIÓN
AMAZONAS"**

PRESENTADO POR EL BACHILLER
VICTOR MANUEL ARANA MENDOZA

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE
INGENIERO CIVIL

LIMA – PERÚ

2019

DEDICATORIA

A Dios:

Por haberme permitido llegar hasta este punto de mi vida y llenarme de salud y sabiduría para poder conseguir mis objetivos.

A mis Padres:

Por haberme brindado su apoyo incondicional, sus ejemplos de perseverancia y constancia, motivación a lo largo de toda mi vida y sobre todo en mi formación profesional.

AGRADECIMIENTO

Agradezco a Dios por bendecirme para llegar hasta donde he llegado.

A mis amados padres, a mis hermanos, así como también a las personas que han formado parte de mi vida profesional; a las que agradezco por su amistad, consejos, apoyo, ánimo y compañía en todo momento de mi vida.

RESUMEN

El presente proyecto tiene por objeto elaborar el diseño de la infraestructura con gaviones para una defensa ribereña, como una solución ante la constante crecida del río Ingeño. Este fenómeno natural producido se denomina inundación, y con ello pasa a convertirse en un desastre natural debido a la ausencia de obras de protección, como el caso de una defensa ribereña.

El proyecto titulado “Mitigación de desbordes producidos por el río Ingenio para evitar inundaciones utilizando gaviones en la región Amazonas”, en su contenido presenta estudio de mecánica de suelos y topográfico, en base a ello se desarrollaron los cálculos hidráulicos, y con ello las dimensiones del muro de gaviones y la verificación de la estabilidad de éste garantizando su funcionalidad y su vida útil.

Considerando los estudios y cálculos ya realizados se definió que la estructura de gaviones debe tener una altura de $H = 3.0$ m, con la base de $B = 2.5$ m, y un colchón reno de 3.0 m en la base por la flexibilidad y adecuación al terreno que presenta para evitar la socavación para un tiempo de retorno de 10 años, para un caudal de diseño de $Q = 75.66$ m³/s (obtenido de SENANHI).

El proyecto se encuentra en ejecución, pero siempre están presente los errores, para lo cual se realizó un nuevo cálculo hidráulico y con ello el cálculo de las estructuras (muro de gaviones), en el cual tuve participación constante y fue la base para realizar el presente proyecto.

PALABRA CLAVE: Defensas ribereñas, gaviones, diseño, cálculos hidráulicos.

ABSTRACT

The purpose of this project is to prepare the design of the infrastructure with gabions for a river defense, as a solution to the constant flooding of the Ingeño river. This natural phenomenon is called flooding, and with it becomes a natural disaster due to the absence of protection works, such as the case of a riverbank defense.

The project entitled "Mitigation of overflows produced by the river Ingenio to avoid floods using gabions in the Amazon region", in its content presents study of soil mechanics and topography, based on this hydraulic calculations were developed, and with it the dimensions of the gabion wall, and the verification of the stability of it, guaranteeing its functionality and its useful life.

Considering the studies and calculations already carried out, it was defined that the gabion structure should have a height of $H = 3.0$ m, with the base of $B = 2.5$ m, and a reindeer mattress of 3.0 m in the base for the flexibility and adaptation to the ground that presents to avoid scour for a return time of 10 years, for a design flow rate of $Q = 75.66$ m³ / s (obtained from SENANHI).

The project is in execution, but errors are always present, for which a new hydraulic calculation was carried out and with it the calculation of the structures (gabion wall), in which I participated constant and was the basis for carrying out the present project.

KEY WORD: Riparian defenses, gabions, design, hydraulic calculations.

INTRODUCCIÓN

El presente trabajo está conformado por 3 capítulos siguientes:

Capítulo I: Se describe el planteamiento del problema así como los objetivos. Los aspectos generales del proyecto (ubicación, las vías de acceso, la comunicación, la topografía, el clima, las actividades predominantes, la salud), de la zona de estudio. Del mismo modo el tipo de proyecto a realizar.

Capítulo II: En este capítulo se presentan los antecedentes, la definición de términos (cuencas hidrográficas, parámetros hidrológicos, hidráulica fluvial, las inundaciones).

Así como la descripción de las defensas ribereñas con gaviones.

Capítulo III: En este capítulo se desarrolló el proyecto, se describen los estudios de mecánica de suelos, se realiza el cálculo hidráulico para dos tramos del río Ingeño km 0+000 al 0+250 y del km 0+250 al 600 (ancho estable, tirante hidráulico, velocidad, régimen del caudal del río, altura de la estructura, borde libre y la profundidad de socavación. Del mismo modo el diseño del muro de gaviones y la comprobación de la estabilidad del muro. Se realizan las especificaciones técnicas para la construcción del muro de gaviones, el presupuesto, el plazo de ejecución de obra y el estudio de impacto ambiental.

Conclusiones y Recomendaciones: se presenta las conclusiones y recomendaciones y luego las referencias bibliográficas.

Finalizando con los anexos, memoria de cálculo, presupuesto, planilla de metrados, costos unitarios, relación de insumos, cronograma de ejecución de obra, ensayo de abrasión de los ángeles y el certificado de calidad expedido por Maccaferri.

ÍNDICE

DEDICATORIA	ii
AGRADECIMIENTO	iii
RESUMEN	iv
ABSTRACT.....	v
INTRODUCCIÓN	vi
ÍNDICE.....	vii
ÍNDICE DE TABLAS	x
ÍNDICE DE FIGURAS.....	xiii
CAPÍTULO I	14
FORMULACIÓN DEL PROBLEMA.....	14
OBJETIVOS	14
I.- GENERALIDADES DEL PROYECTO	15
1.1.- UBICACIÓN DEL PROYECTO	15
1.2.- VÍAS DE ACCESO	18
1.3.- COMUNICACIÓN	18
1.4.- TOPOGRAFÍA Y SUELOS	18
1.5.- CLIMA.....	18
1.6.- ACTIVIDADES PREDOMINANTES	19
1.6.1.- Económicas	19
1.6.2.- Salud.....	19
1.6.3.- Vivienda	20

1.7.- TIPO DE PROYECTO	20
CAPÍTULO II.....	21
II.- MARCO TEÓRICO	21
2.1.- ANTECEDENTES	21
2.1.1 A Nivel local:.....	22
2.1.2 A Nivel nacional:.....	22
2.1.3 A Nivel internacional:	22
2.2.- DEFINICIÓN DE TÉRMINOS	23
2.2.1.- Cuenca Hidrográfica	23
2.2.2.- Parámetros Hidrológicos	25
2.2.3.- Hidráulica fluvial.....	26
2.2.4.- Inundación.....	36
2.2.4.3.- Protección contra inundaciones.....	39
2.2.5.- Defensas ribereñas.....	40
CAPÍTULO III.....	46
III.- DESARROLLO DEL PROYECTO	46
3.1.- DIAGNÓSTICO	46
3.2.- META FÍSICA.....	47
3.3.- TRAMOS A PROTEGER	47
3.4.- ESTUDIOS BÁSICOS	48
3.4.1.- Mecánica de suelos.....	48
3.4.2.- Características geológicas del área del proyecto	48
3.4.3.- Reconocimiento del terreno	48

3.4.4.- Datos facilitados por SENAMHI	51
3.5.- CÁLCULOS HIDRÁULICOS	52
3.5.1.- Tramo I del km 0 + 000 al km 0+250	54
3.5.2.- Tramo II del km 0 + 250 al km 0+600	64
3.6.- DISEÑO DEL MURO DE GAVIONES	74
3.6.1.- Geometría del muro.....	75
3.7.- ESPECIFICACIONES TÉCNICAS	80
3.7.1.- Gaviones.....	80
3.8.- PRESUPUESTO DEL PROYECTO	88
3.9.- PLAZO DE EJECUCIÓN DEL PROYECTO.....	89
3.10.- ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL.....	89
3.10.1- Descripción de los posibles impactos ambientales	89
3.10.2- Estrategia de manejo ambiental.....	93
3.10.3- Etapa de cierre de ejecución de obra y etapa de abandono.	94
3.11.- PARTICIPACIÓN EN OBRA (ROL Y FUNCIONES).....	97
3.12.- TRAMOS EJECUTADOS EN OBRA (PLANOS).....	101
CONCLUSIONES	103
RECOMENDACIONES.....	105
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	106
ANEXOS	108

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Coeficiente de rugosidad.	29
Tabla 2. Factor de orilla.	30
Tabla 3. Factor de fondo.	30
Tabla 4. Factor de fondo.	31
Tabla 5. Condiciones geotécnicas.....	31
Tabla 6. Valores de Ks para cauces naturales.....	32
Tabla 7. Coeficientes de contracción.	34
Tabla 8. Suelos no cohesivos.	35
Tabla 9. Suelos cohesivos.	36
Tabla 10. Tramos para realizar el proyecto.	48
Tabla 11. Datos de calicatas realizadas.....	50
Tabla 12. Datos de la cuenca.	52
Tabla 13. Ancho estable del río.	54
Tabla 14. Ancho estable del río.	54
Tabla 15. Ancho estable del río.	55
Tabla 16. Ancho estable del río.	55
Tabla 17. Ancho estable del río.	56
Tabla 18. Ancho estable del río adoptado.....	56
Tabla 19. Tirante hidráulico.....	57
Tabla 20. Velocidad del río.....	57
Tabla 21. Régimen del río.....	58
Tabla 22. Borde libre.	58
Tabla 23. Fórmulas se suelos cohesivos y no cohesivos.	59
Tabla 24. Determinación del Dm.....	60

Tabla 25. Clasificación de suelos según el tamaño de las partículas.	60
Tabla 26. Selección de x para suelos no cohesivos.	61
Tabla 27. Determinación del coeficiente de contracción.	62
Tabla 28. Valores para el coeficiente B	62
Tabla 29. Se determina el valor de σ	63
Tabla 30. Se determina el tirante de socavación.	63
Tabla 31. Profundidad de socavación.	63
Tabla 32. Ancho estable del río.	64
Tabla 33. Ancho estable del río.	64
Tabla 34. Ancho estable del río.	65
Tabla 35. Ancho estable del río.	65
Tabla 36. Ancho estable del río.	66
Tabla 37. Ancho estable del río adoptado.	66
Tabla 38. Tirante hidráulico.	67
Tabla 39. Velocidad del río.	67
Tabla 40. Régimen del río.	67
Tabla 41. Borde libre.	68
Tabla 42. Fórmulas de suelos cohesivos y no cohesivos.	68
Tabla 43. Determinación del D_m	69
Tabla 44. Clasificación de los suelos según el tamaño de las partículas.	70
Tabla 45. Selección de x para suelos no cohesivos.	71
Tabla 46. Determinación del coeficiente de contracción.	72
Tabla 47. Valores para el coeficiente B	72
Tabla 48. Se determina el valor de σ	73
Tabla 49. Se determina el tirante de socavación.	73

Tabla 50. Profundidad de socavación.	73
Tabla 51. Diseño del colchón reno.	75
Tabla 52. Cálculo del muro de gaviones.....	78
Tabla 53. Presupuesto del proyecto.	88

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Ubicación a nivel nacional.	16
Figura 2. Ubicación a nivel departamental.	16
Figura 3. Ubicación a nivel provincial.....	17
Figura 4. Ubicación del proyecto.....	17
Figura 5. Muro de gaviones.	42
Figura 6. Muro de gaviones sección típica.	42
Figura 7. Gavión tipo caja.....	43
Figura 8. Gavión tipo colchón reno.	44
Figura 9. Río sin protección.....	46
Figura 10. Diseño del muro de gaviones.	74
Figura 11. Dimensionamiento del muro de gaviones.	78
Figura 12. Armado de caja de gaviones.....	98
Figura 13. Nivelación para el muro de gaviones.	98
Figura 14. Atirantado de caja del gavión.	99
Figura 15. Vista general de los gaviones.	99
Figura 16. Encofrado del muro de gaviones.	100
Figura 17. Armado y colocación del colchón reno.	100
Figura 18. Tramo ejecutado 01.	101
Figura 19. Tramo ejecutado 02.	102

CAPÍTULO I

FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

¿En qué medida se mitigarán los desbordes producidos por el río Ingenio para evitar inundaciones utilizando gaviones en la Región Amazonas?

OBJETIVOS

GENERAL

- Proponer el análisis y diseño de defensa ribereña con gaviones en el centro poblado Puente Santo tomas Región Amazonas, para mitigar los desbordes del río Ingeño y evitar las inundaciones.

ESPECIFICOS

- Elaborar los estudios de topografía y mecánica de suelos en el lugar de estudio.
- Realizar el cálculo hidráulico del río Ingeño.
- Identificar el proceso constructivo de los gaviones.

I.- GENERALIDADES DEL PROYECTO

1.1.- UBICACIÓN DEL PROYECTO

El presente proyecto denominado "MITIGACIÓN DE DESBORDES PRODUCIDOS POR EL RÍO INGEÑO PARA EVITAR INUNDACIONES UTILIZANDO GAVIONES EN LA REGIÓN AMAZONAS" tiene la siguiente ubicación:

Se encuentra ubicada según se indica:

Política

Localidad : Puente Santo Tomás

Distrito : Santo Tomás

Provincia : Luya

Región : Amazonas

Altitud : 1980 msnm

Ubicación geográfica



Figura 1. Ubicación a nivel nacional.
Fuente: Elaboración propia.



Figura 2. Ubicación a nivel departamental.
Fuente: Elaboración propia.



Figura 3. Ubicación a nivel provincial.
Fuente: Elaboración propia.

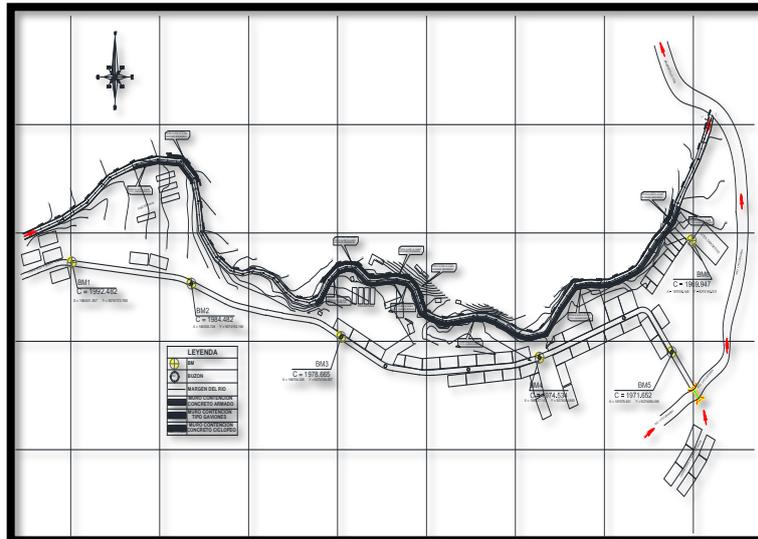


Figura 4. Ubicación del proyecto.
Fuente: Elaboración propia.

1.2.- VÍAS DE ACCESO

La Localidad de Puente Santo Tomás se encuentra ubicado en el Distrito de Santo Tomas, la accesibilidad se da por la vía vecinal – Trocha, en dirección de la Capital del Distrito Santo Tomás al centro poblado, el cual tiene un tiempo de 160 minutos a una distancia aproximada de 70.00 km.

1.3.- COMUNICACIÓN

El distrito de Santo Tomás cuenta con el servicio de Telefonía Móvil Movistar, proveniente de la ciudad de Chachapoyas.

1.4.- TOPOGRAFÍA Y SUELOS

La topografía de la localidad es poco accidentada y presenta pequeñas ondulaciones, su ubicación la confiere una fisiografía principalmente montañosa, con valles que generan mosaicos.

1.5.- CLIMA

Las condiciones climáticas predominante durante el año es normalmente, cálido húmedo. Se produce gran intensidad de lluvia, en los meses de enero, febrero y marzo, varía de acuerdo a las estaciones del año, las variaciones de acuerdo a los meses fluctúa entre 1,500 a 2,500 mm durante los meses de enero a marzo. El clima es cálido, húmedo, durante todos los meses del año, teniendo una temperatura máxima de 26°C a 33°C y por las noches con temperatura mínima de 12°C a 19°C y precipitaciones que oscilan 30.00 a 80.00 mm.

1.6.- ACTIVIDADES PREDOMINANTES

1.6.1.- Económicas

Los pobladores de esta zona son de condición pobre, se dedican a las labores del campo, en este caso la agricultura lo que constituye su principal fuente de ingreso a mayor escala, destinándolo para la comercialización, la gran mayoría saca sus productos a vender hacia los centros de expendio y en menor escala para su autoconsumo por lo tanto se puede apreciar que todo el movimiento económico depende de la rentabilidad que puede tener el agricultor. En pequeña escala se dedican a la apicultura en un 10%, y ganadería en un 8%. Siendo la actividad económica predominante la “agricultura”, que representa el 80% de la PEA (Población económicamente Activa) con cultivos que principalmente están representados por la siembra de café, plátano y rocoto, entre otros. Estos productos son temporales, produciendo una o dos veces al año. Los productores tienen que enfrentar la variación de precio que se dan en los mercados externos, sin que se establezca un precio constante. Así mismo el factor transporte que se da en la zona, incide en el costo final de los productos general.

1.6.2.- Salud

Las enfermedades más frecuentes son las infecciones respiratorias agudas, principalmente en niños; ocupando el primer orden, debido a los cambios de temperaturas que existen en la zona y en segundo orden las enfermedades diarreicas y parasitarias y TBC, debido a la inadecuada higiene. El personal que labora en el establecimiento es un obstetra, una enfermera y un Técnico en Enfermería, periódicamente asiste un odontólogo.

1.6.3.- Vivienda

La construcción de sus viviendas en un 90% es de material de adobe y un 10% de madera.

En cuanto al material de los techos de sus viviendas, predomina el material de calamina en un 100% de las viviendas en total.

El piso de sus viviendas el 95% es de piso de tierra y un 5% de madera. En general la gran mayoría de las viviendas tienen el mismo prototipo de construcción, con techos inclinados de cobertura de calamina.

El 90% de los pobladores utilizan como combustible la leña para cocinar. Y el 10% utiliza el gas como combustible para cocinar.

1.7.- TIPO DE PROYECTO

Infraestructura hidráulica, que en el campo de la ingeniería civil el elemento dominante tiene que ver con el agua, estas obras constituyen un conjunto de estructuras construidas con el objetivo de controlar el agua cualquiera sea su origen, con fines de aprovechamiento o defensa.

Para este caso se plantea la construcción de un muro de gaviones de 120 metros líneas, en la margen izquierda del río Ingeño, el muro será de 3 metros de altura, y adicionalmente llevará el colchón reno.

CAPÍTULO II

II.- MARCO TEÓRICO

2.1.- ANTECEDENTES

Siendo conocidos que los ríos de la sierra, incluido el río Ingeño, transporta gran cantidad de sedimentos tanto en suspensión como por arrastre, de esta forma presenta erosión activa, provocando inundaciones en grandes áreas de terreno, afectando de esta forma a la agricultura, las edificaciones aledañas al río, y las piscigranjas construidas, con ello generando en la población del Puente de Santo Tomás provincia de Luya Región Amazonas, pánico y zozobra debido a las crecidas intempestivas de dicho río.

Se asocia a ello el Fenómeno del Niño que afecta a todo el norte del Perú, no está demás mencionar a los más catastróficos que se registraron en 1925, 1982, 1983, 1997 y 1998, se le atribuye las precipitaciones extremas y las inundaciones acompañadas también de los cambios climáticos y los procesos naturales meteorológicos.

Los pobladores del centro poblado del Puente de Santo Tomás, en numerosas oportunidades debido a las lluvias intensas que suelen darse en el periodo noviembre – abril de todos los años, por sus propios medios tratan de mitigar el desborde del río, pero la fuerza de éste es implacable. De esta forma se ven afectadas, sus áreas de cultivo, sus edificaciones y sobre todo está en riesgo la integridad de las personas. Debido a los constantes embates a los que se han visto expuestos, han solicitado apoyo a las autoridades distritales, provinciales y regionales, encontrando apoyo transitorio, el cual consistía en descolmatar el río. Si bien es cierto esta actividad atenúa el problema pero solo era momentáneo, lo que genera pánico en la población debido al gran caudal que acarrea en el periodo de lluvias.

2.1.1 A Nivel local:

- Expediente Técnico: “MEJORAMIENTO DEL SERVICIO DE PROTECCIÓN Y CONTROL DE INUNDACIONES EN LA ZONA URBANA DE LA LOCALIDAD DE CHURUJA, DISTRITO DE CHURUJA, PROVINCIA DE BONGARÁ Y REGIÓN AMAZONAS. Actualmente la obra ya se ejecutó y también ya está liquidada.
- Expediente Técnico: “CREACIÓN DEL SERVICIO DE PROTECCIÓN FRENTE A INUNDACIONES DE LOS RÍOS MOLINO Y VENTILLA EN LA LOCALIDAD DE MOLINOPAMPA, DISTRITO DE MOLINOPAMPA – PROVINCIA DE CHACHAPOYAS – REGIÓN AMAZONAS”

2.1.2 A Nivel nacional:

- Expediente Técnico: CONSTRUCCIÓN DEFENSA RIBEREÑA CHAIPARÁ, DISTRITO DE LA MERCED, PROVINCIA DE CHURCAMPÁ, DEPARTAMENTO DE HUANCÁVELICA-2010. En dicho proyecto detalla la construcción de 970 metros líneas de muro de gavión.
- Expediente Técnico: CONSTRUCCIÓN DE DIQUES Y ESPIGONES EN ENROCADO Y GAVIONES EN ENCAUZAMIENTO EN EL SECTOR POTRERO – RIO ZAÑA, EN EL DISTRITO DE OYOTUN, PROVINCIA DE CHICLAYO Y DEPARTAMENTO DE LAMBAYEQUE.

2.1.3 A Nivel internacional:

- Obra ejecutada: Construcción de defensas ribereñas en Brasil, con muro de gavión.
- Obra ejecutada: Construcción de defensas ribereñas en Guayaquil-Ecuador, con muro de gavión.

2.2.- DEFINICIÓN DE TÉRMINOS

2.2.1.- Cuenca Hidrográfica

Desde el punto de vista hidrológico, una cuenca hidrográfica es definida como el área geográfica natural o unidad de terreno delimitada por una divisoria topográfica (Divortium Aquarum), que capta precipitaciones y drena el agua de escorrentía hacia un colector común, denominado río principal. **(Absalón Vásquez. 1997).**

2.2.2.1.- Elementos de la cuenca

Divisoria de aguas

La divisoria de aguas es una línea que delimita la cuenca hidrográfica. Una divisoria de aguas marca el límite entre una cuenca hidrográfica y las cuencas vecinas.

El río principal

Es un sistema de flujo de agua y sedimentos que controlan la función biológica de la tierra. Son los corredores activos más importantes que tiene la naturaleza y dependen de estos para el equilibrio de la vida. **(Allen Bateman. 2007, p.04).**

Es una corriente de agua que fluye con continuidad. Posee un caudal determinado y desembocado en el mar, en un lago o en otro río, en cuyo caso se denomina afluente. La parte final de un río es su desembocadura. **(Rocha. 1998).**

Para poder controlar el nivel máximo dentro de la llanura de inundación se deben colocar protecciones, entre las alternativas de obras de defensas ribereñas, estas pueden ser enrocados, muros de concreto ciclópeo, muro de concreto armado y gaviones.

2.2.2.2.- Partes de la cuenca

Cuenca Alta

Corresponde a la zona donde nace el río, el cual se desplaza por una gran pendiente.

Cuenca media

Es la parte de la cuenca en la cual medidamente hay un equilibrio entre el material sólido que llega traído por la corriente y el material que sale. Visiblemente no hay erosión.

Cuenca baja

Es la parte de la cuenca en la cual el material extraído de la parte alta se deposita en lo que se llama cono de deyección.

2.2.2.3.- Tipos de cuencas hidrográficas

Existen tres tipos de cuencas:

Exorreicas

Drenan sus aguas al mar o al océano.

Endorreicas

Desembocan en lagos, lagunas o salares que no tiene comunicación, salida fluvial al mar.

Arreicas

Las aguas se evaporan o se filtran en el terreno antes de encauzarse en una red de drenaje.

2.2.2.- Parámetros Hidrológicos

2.2.2.1- Parámetros de forma de la cuenca

Se trata de cuantificar las características de la cuenca por medio de índices o coeficientes, las cuales relacionan al movimiento del agua y las respuestas de la cuenca a tal movimiento.

2.2.2.2.- Parámetros de relieve de la cuenca

El relieve posee una incidencia más fuerte sobre la escorrentía que la forma, dado que a una mayor pendiente corresponderá un menor tiempo de concentración de las aguas en la red de drenaje y afluentes al curso principal. Es así como a una mayor pendiente corresponderá una menor duración de concentración de las aguas de escorrentía en la red de drenaje y afluentes al curso principal.

2.2.2.3.- Precipitaciones

Como precipitación se conocen todas las formas de humedad que caen a la tierra, provenientes de las nubes, como agua, nieve y hielo. **(García V. 1990).**

La precipitación se define como el fenómeno físico de la caída de aguas de las nubes en forma líquida o sólida. **(Villón. 2002).**

2.2.2.4.- Caudales

El volumen de agua que descarga el río por unidad de tiempo se denomina caudal (m^3/s). **(Allen Bateman. 2007)**

2.2.2.5.- Máximas Avenidas

Máxima avenida es el caudal que haya superado a todos los demás observados durante un periodo de tiempo dado denominado periodo de retorno (T). Por lo general las máximas avenidas se producen cuando el agua proveniente de todos los puntos de la cuenca ha fluido hasta una determinada sección. El periodo de tiempo requerido para esto se denomina tiempo de concentración. (**Allen Bateman. 2007**).

2.2.3.- Hidráulica fluvial

Parte de la hidráulica que estudia el comportamiento natural de los ríos, haciendo referencia a los caudales, las velocidades del flujo, la capacidad de transporte de sedimentos, además del planteamiento de técnicas para el diseño de obras de protección contra los ataques a las márgenes debido a la erosión y las variaciones del fondo causadas por la socavación. (**Florez. 2015**).

Los ríos son elementos naturales que captan las aguas de una cuenca y la transportan, en régimen a superficie libre, hasta su desembocadura. La hidráulica fluvial estudia la intervención del hombre sobre los ríos, ya sea para la adecuación al sistema de aprovechamiento de recursos hídricos.

2.2.3.1- Geometría del río

Para lograr este procedimiento se tiene que realizar el levantamiento topográfico, para poder pre dimensionar el río.

2.2.3.2- Rugosidad del río

Cuando se habla de rugosidad del cauce del río se hace referencia a la resistencia del flujo que ofrece al cauce y necesariamente se tiene que hablar de un coeficiente de rugosidad.

Se han propuesto varias expresiones para calcular la velocidad media del flujo uniforme turbulento, dentro de las cuales la más aceptada es la ecuación de Manning, no solo por su simplicidad, sino también porque los resultados que se obtiene son satisfactorios a nivel práctico:

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

Donde:

V = Velocidad media del flujo (m/s).

n = Coeficiente de rugosidad de Manning.

R = Radio hidráulico (m).

S = Pendiente de la línea de energía.

El mayor problema en el uso de la ecuación de Manning radica en la estimación del coeficiente de rugosidad n. el coeficiente de Manning depende de muchos factores tales como la rugosidad superficial del canal, la sedimentación, vegetación existente, irregularidades del canal y socavación que pueda producirse, obstrucciones, cambios de estación ,etc.

2.2.3.2.1- Método Cowan.

Reconociendo varios factores primarios que afectan el coeficiente de rugosidad, Cowan desarrolló un procedimiento para la evaluación de n .

El valor de n puede ser calculado:

$$n = (n_0 + n_1 + n_2 + n_3 + n_4) n_5$$

n_0 = Valor básico de n para un canal recto y uniforme de material dado.

n_1 = Se determina para corregir el efecto por irregularidades de la superficie.

n_2 = Se considera las variaciones en la forma y tamaño de la sección transversal del canal.

n_3 = Se considera el efecto de obstrucción u obstáculos al flujo.

n_4 = Depende de la vegetación.

n_5 = Depende de la sinuosidad longitudinal del canal.

CONDICIONES DEL CANAL			VALORES
Material	Tierra	n0	0.020
	Roca		0.025
	Grava fina		0.024
	Grava gruesa		0.028
Grado de Irregularidad	Ligero	n1	0.000
	Menor		0.005
	Moderado		0.010
	Severo		0.020
Variaciones en la sección transversal del canal	Gradual	n2	0.000
	Ocasional		0.005
	Frecuente		0.010-0.015
Efecto relativo de Obstáculos	Despreciable	n3	0.000
	Menor		0.010-0.015
	Apreciable		0.020-0.030
	Severo		0.040-0.060
Vegetación	Baja	n4	0.005-0.010
	Media		0.010-0.025
	Alta		0.025-0.050
	Muy alta		0.050-0.100
Grado de sinuosidad	Menor	n5	1.000
	Apreciable		1.150
	Severo		1.300

Tabla 1. Coeficiente de rugosidad.
Fuente: Libro de mecánica de fluidos II.

2.2.3.3- Ancho estable del río

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

El ancho estable del río es aquel que se encuentra en equilibrio dinámico, no presentando tendencia a la erosión ni a la sedimentación.

2.2.3.3.1 Ancho estable (Según BLENCH)

$$B = 1.81 * \left(Q * \frac{F_b}{F_s}\right)^{1/2}$$

Donde:

B = Ancho de encauzamiento del río en (m).

Q = Caudal máximo de diseño (m³/s).

Fs = Factor de orilla.

Fb = Factor de fondo.

FACTOR DE ORILLA	
Fs	Tipo de material
0.10	Material suelto en el cauce
0.20	Material ligeramente cohesivo
0.30	Material cohesivo

Tabla 2. Factor de orilla.

Fuente: Libro de mecánica de fluidos II.

FACTOR DE FONDO	
Fb	Tipo de material
1.20	Material grueso
0.80	Material fino

Tabla 3. Factor de fondo.

Fuente: Libro de mecánica de fluidos II.

2.2.3.3.2 Ancho estable (Según ALTUNIN)

$$B = a * \frac{Q^{1/2}}{S^{1/5}}$$

Donde:

B = Ancho de encauzamiento del río en (m)

Q = Caudal máximo de diseño (m³/s).

S = Pendiente del cauce del río (m/m).

a = Parámetro que caracteriza el cauce del río.

FACTOR DE FONDO	
a	Tipo de material
0.50	Zona de alta montaña con cauce rocoso.
0.75	Zona de montaña con cauce de cantos rodados y guijarros con corriente rápida.
1.00	Zona intermedia, cauce formado por arena gruesa, media y fina, corriente tranquila.
1.10	Zona de planicie, río caudaloso.
1.30	Zona de planicie, río un poco caudaloso.

Tabla 4. Factor de fondo.
Fuente: Libro de mecánica de fluidos II.

2.2.3.3.3 Ancho estable (Según SIMONS – HENDERSON)

Inicialmente esta fórmula experimental fue dada por Simons y Albertson, posteriormente fue modificada por Henderson en 1966.

$$B = k_1 * (Q)^{0.5}$$

Según las condiciones geotécnicas del río, varía el factor de k_1

CONDICIONES GEOTÉCNICAS	K1
Fondo y orillas de arena	5.7
Fondo de arena y orillas de material no cohesivo	4.2
Fondo y orillas de material cohesivo	3.6
Fondo y orillas de grava	2.9
Fondo de arena y orillas de material cohesivo	2.8

Tabla 5. Condiciones geotécnicas
Fuente: Libro de mecánica de fluidos II

2.2.3.3.4 Ancho estable (Según PETIT)

$$B = 2.45 * (Q)^{1/2}$$

Donde:

Q = Caudal máximo de diseño (m^3/s).

2.2.3.4- Tirante Hidráulico

Se aplicará el método de Manning – Strickler:

$$t = \frac{Q}{(k_s * b * S^{0.5})^{3/5}}$$

Donde:

t = Tirante.

Ks = Coeficiente de rugosidad.

Q = Caudal de diseño.

b = Ancho estable del río.

s = Pendiente promedio del tramo del río.

VALORES DE Ks PARA CAUCES NATURALES	Ks
Cauces con fondo sólido sin irregularidades.	40
Cauces de río con acarreo irregular.	33-35
Cauces de río sin vegetación.	30-35
Cauces naturales con derrubio e irregularidades.	30
Cauces de río con fuerte transporte de acarreo.	28
Torrentes con piedras de tamaño de una cabeza.	25-28
Torrentes con derrubio grueso y acarreo móvil.	19-22

Tabla 6. Valores de Ks para cauces naturales.

Fuente: Libro de mecánica de fluidos II.

2.2.3.5- Socavación

La socavación que se produce en un río puede ser calculada con exactitud, solo estimada, muchos factores intervienen en la ocurrencia de este fenómeno tales como:

- el caudal

- tamaño y conformación del material del cauce.
- cantidad de transporte de sólidos.

La socavación es aquella que se produce a todo lo ancho del cauce cuando ocurre una crecida debido al efecto hidráulico de un estrechamiento de la sección, la degradación del fondo del cauce se detiene cuando alcanzan nuevas condiciones de equilibrio por disminución de la velocidad, a causa del aumento de la sección transversal debido al proceso de erosión.

Cálculo de la profundidad de socavación en suelos cohesivos: Método Lischtvan Ledediev.

	$\frac{\alpha H_0^{5/3}}{0.60\beta \gamma_d^{1.18}}$	$1/(1+x)$
Hs =		

Cálculo de la profundidad de socavación en suelos no cohesivos: Método Lischtvan Ledediev.

	$\frac{\alpha H_0^{5/3}}{0.68\beta d_m^{0.28}}$	$1/(1+x)$
Hs =		

Donde:

$$\alpha = Qd / (Hm^{5/3} * Be\mu)$$

Qd = Caudal de diseño (m³/s).

Be = Ancho efectivo.

μ = Coeficiente de contracción $(1-0.387(Vm/Be))$.

Hm = Profundidad media de la sección Área/ Be .

x = Exponente variable que depende del diámetro del materia. dm = diámetro medio (mm).

COEFICIENTE DE CONTRACCIÓN “ μ ”

Vo (m/s)	Distancia o luz entre pilas, estribos u obstáculos a la corriente												
	10	13	16	18	21	25	30	42	52	63	106	124	200
< 1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
1.00	0.96	0.97	0.98	0.98	0.99	0.99	0.99	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
1.50	0.94	0.96	0.97	0.97	0.97	0.98	0.99	0.99	0.99	0.99	1.00	1.00	1.00
2.00	0.93	0.94	0.95	0.96	0.97	0.97	0.98	0.98	0.99	0.99	0.99	0.99	1.00
2.50	0.90	0.93	0.94	0.95	0.96	0.96	0.97	0.98	0.98	0.99	0.99	0.99	1.00
3.00	0.89	0.91	0.93	0.94	0.95	0.96	0.96	0.97	0.98	0.98	0.99	0.99	0.99
3.50	0.87	0.90	0.92	0.93	0.94	0.95	0.96	0.97	0.98	0.98	0.99	0.99	0.99
≥ 4.00	0.85	0.89	0.91	0.92	0.93	0.94	0.95	0.96	0.97	0.98	0.99	0.99	0.99

Tabla 7. Coeficientes de contracción.
Fuente: Libro de mecánica de fluidos II.

SUELOS NO COHESIVOS	
dm (mm)	x
0.05	0.43
0.15	0.42
0.50	0.41
1.00	0.40
1.50	0.39
2.50	0.38
4.00	0.37
6.00	0.36
8.00	0.35
10.00	0.34
15.00	0.33
20.00	0.32
25.00	0.31
40.00	0.30
60.00	0.29
90.00	0.28
140.00	0.27
190.00	0.26
250.00	0.25
310.00	0.24
370.00	0.23
450.00	0.22
570.00	0.21
750.00	0.20
1000.00	0.19

Tabla 8. Suelos no cohesivos.

Fuente: Libro de Introducción a la hidráulica fluvial.

SUELOS COHESIVOS	
P. ESPECIFICO γ_d (Tn/m ³)	x
0.80	0.52
0.83	0.51
0.86	0.50
0.88	0.49
0.90	0.48
0.93	0.47
0.96	0.46
0.98	0.45
1.00	0.44
1.04	0.43
1.08	0.42
1.12	0.41
1.16	0.40
1.20	0.39
1.24	0.38
1.28	0.37
1.34	0.36
1.40	0.35
1.46	0.34
1.52	0.33
1.58	0.32
1.64	0.31
1.71	0.30
1.80	0.29
1.89	0.28
2.00	0.27

Tabla 9. Suelos cohesivos.
Fuente: Libro de Introducción a la hidráulica fluvial.

2.2.4.- Inundación

Es un evento que se da debido a la precipitación, oleaje, marea de tormenta, o falla de alguna estructura hidráulica, provoca un incremento en el nivel de la superficie libre del agua de los ríos o el mar mismo, generando una invasión o penetración de agua en sitios donde usualmente no la hay, generando daños a la población, agricultura, ganadería e infraestructura. (Velásquez, T. 2006).

2.2.4.1.- Causas de las inundaciones

Causas naturales

Meteorológicas

Lluvias provocadas por fenómenos meteorológicos como los huracanes, ciclones y frentes fríos.

No meteorológicas

Incremento inusual del nivel del río en la desembocadura por mares altas.

Maremotos o Tsunamis

Invasión del mar, deshielo.

Causas no naturales (antrópicas)

Rotura de presas

Cuando se rompe una presa toda el agua almacenada en el embalse es liberada bruscamente y se forman grandes inundaciones muy peligrosas.

Actividad humanas

Los efectos de las inundaciones se ven agravados por algunas actividades humanas como por ejemplo:

Al asfaltar cada vez mayores superficies se impermeabiliza el suelo, lo que impide que el agua se desborde por la tierra y facilita que las aguas lleguen a los cauces de los ríos a través de desagües y cunetas.

Cauces de ríos saturados de basura u obstruidos con troncos y otros desechos.

La degradación del medio ambiente, la deforestación y algunas técnicas empleadas para el uso de la tierra.

Causas Mixtas

Es la combinación de las causas naturales y no naturales por ejemplo:

Se produce una inundación por la rotura de una obra hidráulica, por causas meteorológicas.

2.2.4.2.- Tipos de inundaciones

Según el origen:

Pluviales (por exceso de lluvia)

Ocurren cuando el agua de lluvia satura la capacidad del terreno y no puede ser drenada, acumulándose por horas o días sobre el terreno

Fluviales (por desbordamiento de ríos)

Se le atribuye en primera instancia al excedente de agua, igual que la sequía se atribuye el efecto contrario, la carencia de recursos hídricos.

Por el tiempo de duración

Inundaciones muy rápidas producidas por lluvias de intensidad muy fuerte (superiores a 180 mm/h), pero muy cortas (menos de una hora).

Las inundaciones producidas por lluvias de intensidad muy fuerte o moderada (superior a 60 mm/h) y duración inferior a 72 horas.

2.2.4.3.- Protección contra inundaciones

El control de inundaciones es una combinación de medidas estructurales y no estructurales que permiten a las poblaciones que viven cerca de los ríos minimizar sus pérdidas y mantener una convivencia armónica con el río.

Se pueden dividir:

Medidas estructurales

Son aquellas obras de ingeniería construidas a fin de reducir o evitar los posibles impactos de las inundaciones controlando el flujo del agua. Las medidas estructurales para la reducción de riesgo incluye estructuras de ingeniería como defensa ribereñas (espigones, muros de contención, diques, reservorios, gaviones, etc.) y medidas complementarias o alternativas más naturales y sostenibles como amortiguadoras naturales.

Medidas no estructurales

Todas las modificaciones que no supongan una construcción física y que utilizan el conocimiento, prácticas o acuerdos existentes para reducir el riesgo y sus impactos son consideradas no estructurales.

Entre las medidas no estructurales se incluyen:

- ✓ Políticas y planeamiento urbano.
- ✓ Códigos de construcción.
- ✓ Legislación sobre el ordenamiento territorial.
- ✓ Sistema de alerta temprana.
- ✓ Seguros e indemnizaciones.

Las medidas no estructurales, junto a las estructurales, pueden minimizar significativamente los desastres con un costo menor. El costo de protección de un área inundable por medidas estructurales, en general, es superior a aquel correspondiente a las medidas no estructurales.

2.2.5.- Defensas ribereñas

Son estructuras construidas para proteger de las crecidas de los ríos las áreas aledañas a estos cursos de agua, contra los procesos de erosión de sus márgenes producto de la excesiva velocidad del agua, que tiende a arrastrar el material ribereño y la socavación que ejerce el río. (Velásquez, T. 2006).

La principal función es la protección contra las inundaciones, ello incluye tanto los medios estructurales como los medios no estructurales, que dan protección o reducen los riesgos de inundación.

Para realizar un proyecto de este tipo es fundamental contar con una serie de datos e información preliminar que permita tener una visión general y de esa forma diagnosticar el problema que se quiere solucionar: datos hidrológicos, topográficos y geomorfológicos, de la misma forma antecedentes sobre inundaciones, daños, pérdidas materiales entre otros.

Tener en cuenta que las obras aparte de ser eficientes tienen que ser económicas, para lo cual se considera los siguientes factores:

- Costo de la construcción.
- Costo de mantenimiento.
- Durabilidad de las obras.

Además las obras de defensa ribereña estarán sometidas a diversos efectos, esto de acuerdo a las condiciones hidráulicas y la naturaleza del terreno de fundación, así se tiene:

- Estabilidad.
- Posibilidad de socavación.
- Empuje de tierra detrás de la estructura.
- Deformabilidad.

Las funciones de las defensas ribereñas son:

- Protección contra las inundaciones o desbordamiento a consecuencia de la máxima avenida del río.
- Protección de las riberas contra la erosión.
- Recuperación de áreas inundables dentro de la faja marginal.

2.2.5.1.- Tipo de defensa ribereña planteada en el proyecto

2.2.5.1.1.- Muro de Gaviones

El gavión consiste en una caja de forma prismática rectangular de enrejado metálico de malla hexagonal de doble torsión, elaborado con alambre galvanizado reforzado Galfan. Los gaviones se rellenan con piedra de cantera o cualquier material similar que pueda obtener el entorno próximo a la obra. (Maccaferri. 2015).



Figura 5. Muro de gaviones.
Fuente: Elaboración propia.

Las especificaciones técnicas de los materiales deben adecuarse a las realidades de cada zona, pues existen elementos muy importantes a considerar en el diseño como: características topográficas, hidráulicas y químicas, la pendiente del cauce, los materiales de arrastre y en suspensión, etc.

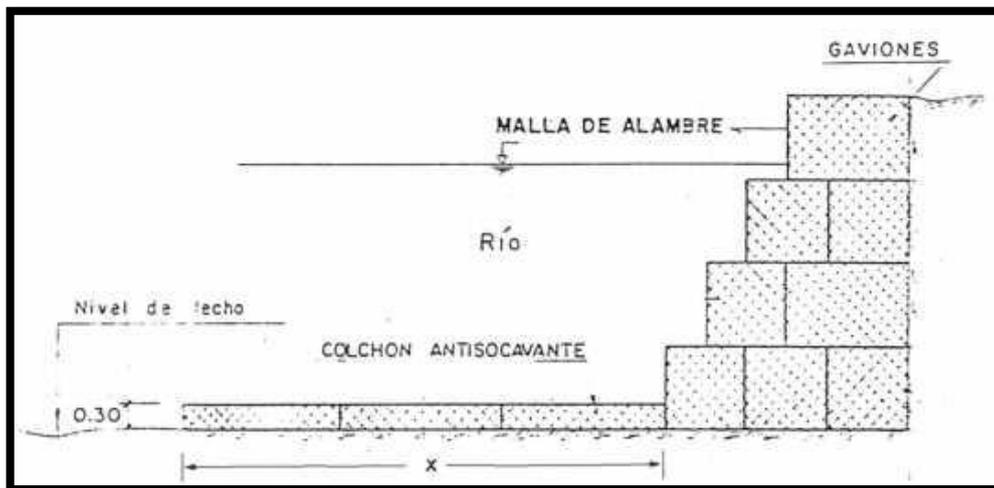


Figura 6. Muro de gaviones sección típica.
Fuente: Manual técnico de obras de contención. Maccaferri.

Los gaviones son aplicados cuando el flujo es sub crítico, cuando el material rocoso de gran tamaño escasea, cuando la pendiente de la ribera es muy empinada. Se debe evitar que el material de relleno contenga óxido de fierro, gran alcalinidad o compuestos salinos para proteger el material del alambre de posibles problemas que se puedan originar en el futuro.

2.5.1.1.1- Tipos de gaviones

Gavión tipo caja

Los gaviones caja son elementos prismáticos rectangulares de malla hexagonal de doble torsión que se produce a partir del alambre de acero con bajo contenido de carbono de diámetro 2.4 mm, recubierto con una aleación de galfan (de acuerdo a la norma ASTM 856-98), con una protección adicional de un revestimiento de polímero.

Los gaviones caja se dividen en células mediante diafragmas instalados en cada metro. Su altura varía entre 0.50 m – 1.00 m.

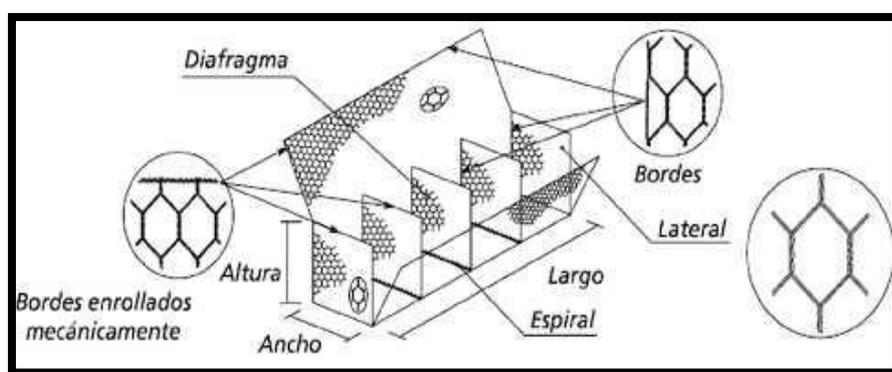


Figura 7. Gavión tipo caja.

Fuente: Manual técnico de obras de contención. Maccaferri.

Cada gavión debe ser dividido por diafragmas, conformando celdas cuyo largo no deberá ser superior a una vez y medio del ancho del gavión, esta separación es de un metro. Los diafragmas están unidos a la malla de la base, y deben ser atados a las paredes verticales del gavión.

Gavión tipo colchón reno

Un colchón reno está dividido por diafragmas lado a lado para formar una capa sobre la orilla del canal o ribera. La profundidad suele ser mucho menor a su ancho o largo, por lo que forman estructuras flexibles, usadas para el revestimiento tanto de márgenes como de cauce. Suele estar formado por dos elementos: base y tapa, lo que puede derivar en un llenado in situ o en cantera para ser colocado luego por medios mecánicos.

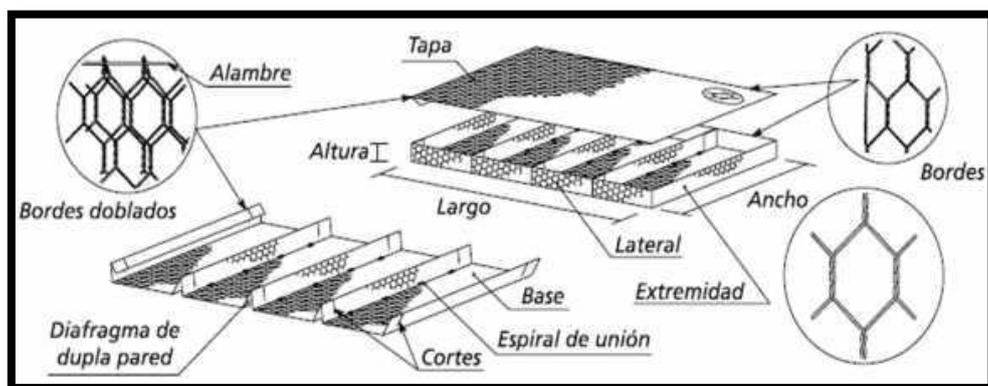


Figura 8. Gavión tipo colchón reno.

Fuente: Manual técnico de obras de contención. Maccaferri.

Dimensiones típicas de los gaviones:

- Tipo A: 5.0x1.0x1.0 m.
- Tipo B: 5.0x1.5x1.0 m.
- Tipo C: 5.0x1.0x0.3 m.

Son importantes elementos de soporte y protección cuando se localiza en lecho de ríos:

- Conservación de suelos.
- Control de ríos.
- Muros de contención.

Acelera el estado de equilibrio de los ríos, evita erosiones, protegiendo valles y poblaciones contra inundaciones.

- Apoyo y protección de puentes

En los estribos de los puentes se usan los gaviones caja, el colchón reno y el saco logrando una gran resistencia a las cargas previstas.

CAPÍTULO III

III.- DESARROLLO DEL PROYECTO

3.1.- DIAGNÓSTICO

El proyecto de “Mitigación de desbordes producidos por el río Ingeño para evitar inundaciones utilizando gaviones en la región Amazonas”, se desarrolla exactamente en la localidad del Puente de Santo Tomás, distrito de Santo Tomás, provincia de Luya, región Amazonas, el cual busca recuperar y proteger terrenos agrícolas, salvaguardar la integridad de las personas y proteger las viviendas.



Figura 9. Río sin protección.
Fuente: Elaboración propia.

Cuando se inició la ejecución del proyecto se hizo el replanteo encontrándose ciertas incompatibilidades, los cálculos hidráulicos no se encontraban bien hechos, y con ello se identificó que las estructuras destinadas para proteger a los beneficiarios no eran suficientes. Es por ello que se realizaron nuevamente los cálculos hidráulicos y con ello el de las

estructuras, todo ello con fines de mejorar el proyecto y dar las garantías que están estipuladas en el reglamento de la ley de contrataciones del estado.

3.2.- META FÍSICA

Muros de contención tipo Gavión.

Tramo 01: Lado izquierdo tipo A, B y C

- Progresiva de inicio: 0+180.
- Progresiva final: 0+220.
- Longitud: 40 metros.
- Altura de diseño: 3 metros.
- Base del muro: 2.50
- Base del colchón reno: 3.00 metros.

Tramo 02: Lado izquierdo tipo A, B y C

- Progresiva de inicio: 0+440.
- Progresiva final: 0+520.
- Longitud: 80 metros.
- Altura de diseño: 3 metros.
- Base del muro: 2.50
- Base del colchón reno: 3.00 metros.

3.3.- TRAMOS A PROTEGER

El tramo a proteger en estudio se encuentra a lo largo del río Ingeño, en la localidad del Puente de Santo Tomás, el mismo que se ve afectado por los desbordes del río.

TRAMO	PROGRESIVA	COOR. X	COOR. Y	MURO
TRAMO N°01	0+180	186,527.22	9,274,261.99	MURO GAVIONES
TRAMO N°02	0+440	186,687.30	9,274,261.99	MURO GAVIONES

Tabla 10. Tramos para realizar el proyecto.

Fuente: Elaboración propia.

3.4.- ESTUDIOS BÁSICOS

3.4.1.- Mecánica de suelos

El estudio de mecánica de suelos documenta los trabajos de campo y de gabinete, realizados con la finalidad de establecer las características geológicas, el perfil estratigráfico, propiedades físico mecánicas de suelos y la capacidad portante del terreno de fundación, para la construcción de un muro de gaviones.

3.4.2.- Características geológicas del área del proyecto

El área del proyecto se caracteriza, desde el punto de vista geológico, por la presencia de depósitos fluvio aluviales del río Ingeño, estos depósitos están conformados por gravas sub redondeadas a redondeadas de roca caliza y menor proporción de roca arenisca, englobados en una matriz areno limosa, presenta bolonería heterométrica de mediano tamaño de mediano tamaño.

3.4.3.- Reconocimiento del terreno

Las investigaciones de campo consistieron en una serie de actividades, dentro de las cuales está la de realizar un reconocimiento de toda el área, para determinar las características geológicas de los terrenos, eventual presencia de fenómenos de inestabilidad, construcción de calicatas, muestreo y registro geológico de calicatas.

3.4.3.1.- Construcción de calicatas y registro geotécnico

Se han construido 03 calicatas, en el tramo del río donde se construirá la defensa ribereña, con una profundidad máximo de 2.50 metros. Estas calicatas han permitido realizar el correspondiente mapeo geológico y geotécnico que comprende realizar el registro litológico de los diferentes suelos encontrados, granulometría, contenido de humedad, presencia del nivel freático, consistencia o compacidad, grado de dureza y meteorización de los fragmentos de roca o bolonería encontrados. La descripción de los suelos se ha realizado bajo la Norma Técnica Peruana NTP 339 – 150 – Descripción Visual Manual. De cada estrato u horizonte de suelo encontrado, se han obtenido muestras alteradas para su ensayo de propiedades mecánicas, tales como su ángulo de fricción interna y cohesión, se han obtenido muestras alteradas en bolsas de plástico de cantidades suficientes, las cuales han sido adecuadamente rotuladas y enviadas al laboratorio de mecánica de suelos.

3.4.3.2.- Ensayos de laboratorio y resultados de laboratorio.

Los ensayos de mecánica de suelos, se han realizado de acuerdo a las Normas Técnicas Peruanas, así se han elaborado ensayos para determinar las propiedades de los suelos, de la misma forma para determinar sus parámetros de resistencia (ángulo de fricción interna y cohesión). En el siguiente cuadro se detallan las principales propiedades de los suelos de acuerdo a los ensayos de laboratorio.

CALICATA	C - 1	C - 2	C - 3
Prof. de calicata (m)	2.50	2.00	2.00
Prof. muestra (m)	0.60 - 2.50	0.40 - 2.00	0.00 - 2.00
Clasificación SUCS	GP-GC	GP-GM	GW-GM
Límite líquido	20.30	N.P	N.P
Límite plástico	13.90	N.P	
Índice de plasticidad	6.40	N.P	N.P
% de humedad	13.80	22.00	23.00
Densidad natural de masa (Grs/cm ³)	2.07	2.07	2.05
Densidad seca (Gr/cm ³)	1.68	1.70	1.67
Densidad saturada (Grs/cm ³)	2.07	2.08	2.05
Densidad sumergida (Gr/cm ³)	1.07	1.08	1.05
Peso específico de los suelos	2.73	2.72	2.71
Relación de vacíos	0.63	0.60	0.62
Cohesión (kg/cm ²)	-	-	1.43
Ángulo de fricción interna	27.9°	28.7°	27.8°

Tabla 11. Datos de calicatas realizadas.
Fuente: Estudio de mecánica de suelos.

3.4.3.3.- Perfil estratigráfico

Se encuentra en el estudio de mecánica de suelos perteneciente a la sección de anexos en las páginas 16, 17 y 18, correspondientes a las calicatas número 1, calicata número 2 y calicata número 3.

3.4.3.5.- Análisis de la cimentación

Se calcula la capacidad portante admisible, del terreno de cimentación de las zapatas del muro en voladizo, sobre la base del tipo de suelo de fundación, sus parámetros de resistencia, la geometría de la cimentación y la profundidad de desplante.

3.4.3.7.- Capacidad portante

Las teorías matemáticas que se han formulado para determinar la capacidad portante admisible, tienen como punto de partida la solución de Prandtl al problema de la cimentación de un sólido rígido en un medio continuo, semi infinito, homogéneo e isótropo, bajo las condiciones de deformación plana (Juárez, B. 1996). Hay que subrayar que este tipo de materiales son idealizados, porque en la naturaleza es raro encontrar un suelo homogéneo isótropo.

3.4.3.9.- Cálculo del asentamiento

El tipo de asentamiento que puede presentarse en el terreno de fundación es el asentamiento elástico o denominado también asentamiento inmediato, que se verifica en suelos friccionantes, tales como arenas y gravas, suelos con buena permeabilidad, el suelo se reacomoda conforme recibe la carga de cimentación.

3.4.4.- Datos facilitados por SENAMHI

El estudio tiene como punto principal la determinación del caudal máximo de avenida del río Ingeño para un periodo de recurrencia el cual debe ser compatible con la vida útil esperada de la estructura. Enseguida con este valor más los resultados de análisis de laboratorio de mecánica de suelos obtenidos de muestras del perfil estratigráfico del área de fundación y las características hidráulicas correspondientes se obtendrá la profundidad máxima de socavación del río, socavación que servirá para determinar la profundidad del muro de contención y el diseño de los gaviones y de esa forma evitar nuevos desbordes. Además de permitir conocer el tirante hidráulico máximo que se producirán en la sección donde se ubica el tramo a proteger dentro del curso del río Ingeño.

3.4.4.1.- Información básica

Para la ejecución del estudio hidrológico se recurrió a la información meteorológica de las precipitaciones, porque el río Ingeño en la zona de estudio o próximas a la zona no cuenta con estaciones que registren los caudales que pasan por la localidad del Puente Santo Tomás, por lo tanto se tiene que calcular.

La información pluviométrica necesaria fue obtenida de la estación climatológica del SENAMHI de la estación Chachapoyas.

Los datos o registros de precipitación a utilizarse son los máximos en 24 horas, cuyos valores se muestran en el presente informe, que tal como puede apreciarse han sido observados desde el año 1996 hasta el mes de agosto del año 2015.

3.5.- CÁLCULOS HIDRÁULICOS

Hidrográficamente la cuenca de estudio pertenece a la vertiente del Atlántico, cuenca del Utcubamba, tiene como cuenca mayor la cuenca del río Marañón.

Descripción de la cuenca principal:

Cuenca	Área (Km ²)	Long. (Km)	Pendiente (%)
Río Ingeño	81.76	12.57	8.00

Tabla 12. Datos de la cuenca.
Fuente: Estudio hidrológico.

Datos obtenidos del replanteo y de la verificación en campo:

- El ancho del río en promedio es de 7.5 metros.
- El tirante de agua en estiaje en promedio es de 0.40 m.

- cauce pedregoso y gravas mal conservadas y bordes con abundante vegetación con presencia de arcillas.

- Se han definido tramos y estos son sus pendientes.

Tramo I km 0+000 al km 0+250, con una pendiente de $S = 2.1196 \%$.

Tramo II km 0+250 al km 0+600, con una pendiente de $S = 2.3069 \%$.

- Valor de n en corrientes naturales con características sinuosas, de poco tirante, pedregosas con algo de hierbas y paredes mal conservadas.

$$n = 0.050 \quad \rightarrow \quad K = 1 / n = 1 / 0.050 = 20$$

Con los datos obtenidos en campo y siguiendo la metodología del Manual River en diseños de defensas ribereñas recomendado por la dirección de estudios de proyectos hidráulicos multisectoriales de la administración Agua – ANA, se realizaron los cálculos hidráulicos en los tres tramos definidos.

Cabe resaltar que se utilizará el dato del caudal máximo proporcionado por el informe del estudio el cual indica que el caudal máximo $Q_{max} = 75.66 \text{ m}^3/\text{s}$, para un periodo de retorno $Tr = 10$ años, utilizando el método empírico de Wolfgang Trau – Raúl Gutiérrez. (Página 32 del informe hidrológico).

$$Q_{max} = (C1 + C2) \times \log(T) \times A^m \times A^n$$

Para el desarrollo del proyecto y para el cálculo hidráulico se han definido dos tramos de estudio, el tramo I y el tramo II, también se ha tenido en cuenta la visita de campo respectiva para relacionar los datos obtenidos en gabinete con los datos obtenidos en el lugar del proyecto, de esta forma tener los datos más confiables y verídicos, para con ello realizar el diseño del muro con los gaviones, y también realizar el análisis de los gaviones para garantizar la vida útil

del proyecto y la eficiencia de estos para mitigar los desbordes, y de esa forma evitar las inundaciones.

3.5.1.- Tramo I del km 0 + 000 al km 0+250

3.5.1.1- Ancho estable del tramo I

Por el método de Simons y Henderson.

MÉTODO DE SIMONS Y HENDERSON		
$B = K_1 Q^{1/2}$		
Condiciones de Fondo de río	K_1	B (m)
Fondo y orillas de grava	2.9	25.22

Tabla 13. Ancho estable del río.
Fuente: Elaboración propia.

Por el método de la recomendación práctica.

RECOMENDACIÓN PRÁCTICA	
Q (m3/s)	Ancho estable (b)
3000	200
2400	190
1500	120
1000	100
500	70

Tabla 14. Ancho estable del río.
Fuente: Manual river- ANA.

Por el método de Altunin Manning.

MÉTODO DE ALTUNIN - MANNING		
$B = (Q^{1/2}/S^{1/5}) (n K^{5/3})^{3/(3+5m)}$		
Valores rugosidad de Manning (n)		B (m)
Descripción	n	7.94
Cauces naturales con derrubio e irregularidades = 0.033	0.033	
Coeficiente Material del Cauce		
Descripción	K	
Material de cauce muy resistente a 4 = 3	3	
Coeficiente de Tipo de Río		
Descripción	m	
Para ríos de montaña	0.5	

Tabla 15. Ancho estable del río.
Fuente: Elaboración propia.

Por el método de Pettis.

MÉTODO DE PETTIS
$B = 4.44 Q^{0.5}$
B (m)
38.62

Tabla 16. Ancho estable del río.
Fuente: Elaboración propia.

Por el método de Blench.

MÉTODO DE BLENCH		
$B = 1.81(Q F_b/F_s)^{1/2}$		
Factores		B (m)
Factor de Fondo	F_b	54.54
Material Grueso	1.2	
Factor de Orilla	F_s	
Materiales sueltos	0.1	

Tabla 17. Ancho estable del río.
Fuente: Elaboración propia.

De todos los métodos aplicados anteriormente se tiene un resumen y la opción más idónea:

MÉTODO	B (m)
MÉTODO DE SIMONS Y HENDERSON	25.22
MÉTODO DE PETTIS	38.62
MÉTODO DE ALTUNIN - MANNING	7.94
MÉTODO DE BLENCH	54.54
RECOMENDACIÓN PRÁCTICA	70.00
=====> PROMEDIO B :	39.26
=====> SE ADOPTA B :	7.80

Tabla 18. Ancho estable del río adoptado.
Fuente: Elaboración propia.

Se elige este ancho por adaptarse a la zona de estudio y por las condiciones el río.

3.5.1.2- Cálculo del tirante del tramo I (Manning – Strickler)

CÁLCULO DEL TIRANTE MÉTODO DE MANNING - STRICKLER $t = ((Q / (Ks * B * S^{1/2}))^{3/5}$ Valores para Ks para Cauces Naturales (Inversa de n)		t (m)
Descripción	Ks	2.06
Torrentes con derrubio grueso y acarreo móvil = 19 - 22	20	
Caudal de Diseño (m³/seg)		
Q = 75.66		
Ancho Estable - Plantilla (m)		
B = 7.80		
Pendiente del Tramo de estudio		
S = 0.02120		

Tabla 19. Tirante hidráulico.
Fuente: Elaboración propia.

3.5.1.3- Cálculo de la velocidad tramo I (Manning)

Fórmula de Manning : Velocidad Media (m/s) >>>>> $V = R^{2/3} * S^{1/2} / n$			
Radio Hidráulico >>> R = A / P >>>>>>>		R :	Pendiente de Fondo >>> S
Tirante medio (y)	Talud de Borde (Z)	1.35	S = 0.02120
y = 2.06	Z = 0.5		Coficiente de Rugosidad de Manning
Ancho de Equilibrio (B)			Descripción
B = 7.80			Torrentes con derrubio grueso y acarreo móvil = 0.045 - 0.050
Área (m2)	Perímetro (m)		n
A = 13.95	P = 10.35		0.050
>>>>>>>		V = 3.56	m/seg

Tabla 20. Velocidad del río.
Fuente: Elaboración propia.

3.5.1.4- Régimen del caudal del río tramo I (Número de Froude)

Velocidad media de la corriente (m/s)	Aceleración de la Gravedad	Profundidad Hidráulica Media = Área Mojada / Ancho Superficial:		Froude (F)
V = 3.56	g = 9.81	y = A / B >>>	y = 1.79	0.85

Tabla 21. Régimen del río.
Fuente: Elaboración propia.

De este cálculo se determina que el tipo de flujo: Flujo Sub crítico, flujo ideal para la construcción de gaviones.

3.5.1.5- Cálculo del borde libre y la altura de la estructura.

Bordo Libre (BL) = ϕe					ALTURA DE MURO (H_b)	
Caudal máximo m^3/s		ϕ	ϕ	$e = V^2/2g$	BL	$H_M = y + BL$
3000.00	4000.00	2	1.1	0.64	0.71	y : Tirante de diseño (m)
2000.00	3000.00	1.7				y = 2.06
1000.00	2000.00	1.4				>>>>> $H_M = 2.77$
500.00	1000.00	1.2				Por Procesos Constructivos
100.00	500.00	1.1				>>>>> $H_M = 3.00$

Tabla 22. Borde libre.
Fuente: Elaboración propia.

El borde libre que se obtiene es de 0.71, y la altura de la estructura adoptada es 3.00 metros considerando el margen de seguridad para garantizar la estructura.

3.5.1.6- Cálculo de la profundidad de socavación

Para realizar el cálculo de la profundidad de socavación se emplean dos fórmulas:

MÉTODO DE LL. LIST VAN LEVEDIEV	
Suelos Granulares - No Cohesivos	
$t_s = ((\alpha t^{5/3}) / (0.68 D_m^{0.28} \beta))^{1/(x+1)}$(1)
Suelos Cohesivos	
$t_s = ((\alpha t^{5/3}) / (0.60 \gamma_s^{1.18} \beta))^{1/(x+1)}$(2)

Tabla 23. Fórmulas se suelos cohesivos y no cohesivos.
Fuente: Elaboración propia.

Donde:

t_s = Tirante después de producirse la socavación (m)

t = Tirante sin socavación (m)

t = 2.06 m

D_m = Diámetro Medio de las partículas (mm)

D_m = 35.64 mm

γ_s = Peso Específico suelo (Kg/m³)

μ = Coeficiente de Contracción

a = Coeficiente = $Q / (tm^{5/3} B \mu)$

Para saber qué fórmula usar lo primero que se realiza es determinar qué tipo de suelo se tiene, basado en el estudio de suelos. Se usan los diámetros de los tamices y los porcentajes que pasan para determinar D_m .

UBICACIÓN	CALICATA N°	CLASIFICACIÓN SUCS	D ₁₀ (mm)	D ₁₆ (mm)	D ₃₀ (mm)	D ₅₀ (mm)	D ₆₀ (mm)	D ₈₄ (mm)	D _m (mm)
RÍO INGEÑO	1	GP-GC	0.14	1.87	24.01	42.27	47.29	62.79	35.6433

Tabla 24. Determinación del D_m.

Fuente: Elaboración propia.

Obteniendo el resultado de D_m, se determina el tipo de suelo con ayuda de la siguiente tabla:

CLASIFICACIÓN SEGÚN EL TAMAÑO DE PARTÍCULAS			
Tamaño (mm)			Tipo de material
4000	-	2000	Canto rodado muy grande
2000	-	1000	Canto rodado grande
1000	-	500	Canto rodado medio
500	-	250	Canto rodado pequeño
250	-	130	Cascajo grande
130	-	64	Cascajo pequeño
64	-	32	Grava muy gruesa
32	-	16	Grava gruesa
16	-	8	Grava media
8	-	4	Grava fina
4	-	2	Grava muy fina
2	-	1	Arena muy gruesa
1	-	0.500	Arena gruesa
0.500	-	0.250	Arena media
0.250	-	0.125	Arena fina
0.125	-	0.062	Arena muy fina
0.062	-	0.031	Limo grueso
0.031	-	0.016	Limo medio
0.016	-	0.008	Limo fino
0.008	-	0.004	Limo muy fino
0.004	-	0.002	Arcilla gruesa
0.002	-	0.001	Arcilla media
0.001	-	0.0005	Arcilla fina
0.0005	-	0.00024	Arcilla muy fina

Tabla 25. Clasificación de suelos según el tamaño de las partículas.

Fuente: Unión Geofísica Americana (AGU).

Entonces se clasifica los suelos como: Grava muy gruesa perteneciente a los SUELOS NO COHESIVOS.

Luego halla el valor de x:

SELECCIÓN DE x EN SUELOS COHESIVOS (Tn/m ³) o SUELOS NO COHESIVOS (mm)					
Peso específico Tn/m ³	X	1/(X +1)	D (mm)	X	1/(X +1)
0.80	0.52	0.66	0.05	0.43	0.70
0.83	0.51	0.66	0.15	0.42	0.70
0.86	0.50	0.67	0.50	0.41	0.71
0.88	0.49	0.67	1.00	0.40	0.71
0.90	0.48	0.68	1.50	0.39	0.72
0.93	0.47	0.68	2.50	0.38	0.72
0.96	0.46	0.68	4.00	0.37	0.73
0.98	0.45	0.69	6.00	0.36	0.74
1.00	0.44	0.69	8.00	0.35	0.74
1.04	0.43	0.70	10.00	0.34	0.75
1.08	0.42	0.70	15.00	0.33	0.75
1.12	0.41	0.71	20.00	0.32	0.76
1.16	0.40	0.71	25.00	0.31	0.76
1.20	0.39	0.72	40.00	0.30	0.77
1.24	0.38	0.72	60.00	0.29	0.78
1.28	0.37	0.73	90.00	0.28	0.78
1.34	0.36	0.74	140.00	0.27	0.79
1.40	0.35	0.74	190.00	0.26	0.79
1.46	0.34	0.75	250.00	0.25	0.80
1.52	0.33	0.75	310.00	0.24	0.81
1.58	0.32	0.76	370.00	0.23	0.81
1.64	0.31	0.76	450.00	0.22	0.82
1.71	0.30	0.77	570.00	0.21	0.83
1.80	0.29	0.78	750.00	0.20	0.83
1.89	0.28	0.78	1,000.00	0.19	0.84
2.00	0.27	0.79			
Ps (T/m ³)			D _m (mm)		
-	X	1/(X +1) =	35.64	X	1/(X +1) =
				0.3029	0.77

Tabla 26. Selección de x para suelos no cohesivos.
Fuente: Elaboración propia.

Se encuentra el coeficiente de contracción:

Coeficiente de Contracción, μ							
Velocidad (m/s)	Longitud libre entre los estribos						
	10 m.	13 m.	16 m.	18 m.	21 m.	25 m.	30 m.
<1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
1	0.96	0.97	0.98	0.98	0.99	0.99	0.99
1.5	0.94	0.96	0.97	0.97	0.97	0.98	0.99
2	0.93	0.94	0.95	0.96	0.97	0.97	0.98
2.5	0.90	0.93	0.94	0.95	0.96	0.96	0.97
3	0.89	0.91	0.93	0.94	0.95	0.96	0.96
3.5	0.87	0.90	0.92	0.93	0.94	0.95	0.96
>4.00	0.85	0.89	0.91	0.92	0.93	0.94	0.95

Tabla 27. Determinación del coeficiente de contracción.

Fuente: Elaboración propia.

Donde el valor de $\mu = 0.85$

Valores para el coeficiente de β :

Tabla : Valores del Coeficiente β		
Periodo de Retorno (Años)	Probabilidad de Retorno (%)	Coeficiente β
	0.00	0.77
2.00	50.00	0.82
5.00	20.00	0.86
10.00	10.00	0.90
20.00	5.00	0.94
50.00	2.00	0.97
100.00	1.00	1.00
300.00	0.33	1.03
500.00	0.20	1.05
1,000.00	0.10	1.07
Periodo de Retorno (Años) =====>		10.00
$\beta =$		0.90

Tabla 28. Valores para el coeficiente B.

Fuente: Elaboración propia.

Luego se encuentra el valor de α , con los datos que se tienen:

Tirante medio (t_m) = A/B	Q (Caudal de Diseño)	Coefficiente de Contracción (μ) Tabla N° 01	Ancho Estable	α
$t_m = 2.06$	75.66	$\mu = 0.85$	$B = 7.80$	3.42

Tabla 29. Se determina el valor de σ .

Fuente: Elaboración propia.

Ahora se aplica la fórmula para la profundidad de socavación para suelos no cohesivos:

X : Exponente que depende de : D_m para suelos Granulares No Cohesivos y γ_s para suelos cohesivos.		Coeficiente por Tiempo de Retorno : β	TIRANTE DE SOCAVACIÓN SUELOS GRANULARES - NO COHESIVOS
X	$1/x+1$		$t_s = ((\alpha t^{5/3}) / (0.68 D_m^{0.28} \beta))^{1/(x+1)}$
$x = 0.30$	0.77	$\beta = 0.90$	$t_s = 4.38 \text{ m}$

Tabla 30. Se determina el tirante de socavación.

Fuente: Elaboración propia.

Por lo tanto:

PROFUNDIDAD DE SOCAVACIÓN (H_s)	
H_s	= $t_s - t$
H_s	= 2.32 m

Tabla 31. Profundidad de socavación.

Fuente: Elaboración propia.

Se concluye que la profundidad de socavación es de 2.32 metros. Con esos datos realizamos el diseño para la defensa ribereña que para este caso serán gaviones.

3.5.2- Tramo II del km 0 + 250 al km 0+600

3.5.2.1- Ancho estable del tramo II

Por el método de Simons y Henderson.

MÉTODO DE SIMONS Y HENDERSON		
$B = K_1 Q^{1/2}$		
Condiciones de Fondo de río	K_1	B (m)
Fondo y orillas de grava	2.9	25.22

Tabla 32. Ancho estable del río.
Fuente: Elaboración propia.

Por el método de la recomendación práctica.

RECOMENDACIÓN PRÁCTICA	
Q (m3/s)	Ancho estable (b)
3000	200
2400	190
1500	120
1000	100
500	70

Tabla 33. Ancho estable del río.
Fuente: Manual river- ANA.

Por el método de Altunin Manning.

MÉTODO DE ALTUNIN - MANNING		
$B = (Q^{1/2}/S^{1/5}) (n K^{5/3})^{3/(3+5m)}$		
Valores rugosidad de Manning (n)		B (m)
Descripción	n	
Cauces naturales con derrubio e irregularidades = 0.033	0.033	
Coeficiente Material del Cauce		
Descripción	K	
Material de cauce muy resistente = 3 a 4	3	
Coeficiente de Tipo de Río		
Descripción	m	
Para ríos de montaña	0.5	

Tabla 34. Ancho estable del río.

Fuente: Elaboración propia.

Por el método de Pettis.

MÉTODO DE PETTIS
$B = 4.44 Q^{0.5}$
B (m)
38.62

Tabla 35. Ancho estable del río.

Fuente: Elaboración propia.

Por el método de Blench.

MÉTODO DE BLENCH		
$B = 1.81(Q F_b/F_s)^{1/2}$		
Factores		B (m)
Factor de Fondo	F_b	54.54
Material Grueso	1.2	
Factor de Orilla	F_s	
Materiales sueltos	0.1	

Tabla 36. Ancho estable del río.
Fuente: Elaboración propia.

De todos los métodos aplicados anteriormente se tiene un resumen y la opción más idónea:

MÉTODO	B (m)
MÉTODO DE SIMONS Y HENDERSON	25.22
MÉTODO DE PETTIS	38.62
MÉTODO DE ALTUNIN - MANNING	7.81
MÉTODO DE BLENCH	54.54
RECOMENDACIÓN PRÁCTICA	70.00
=====> PROMEDIO B :	39.24
=====> SE ADOPTA B :	7.80

Tabla 37. Ancho estable del río adoptado.
Fuente: Elaboración propia.

Se elige este ancho por adaptarse a la zona de estudio y por las condiciones el río.

3.5.2.2- Cálculo del tirante del tramo II (Manning – Strickler)

CÁLCULO DEL TIRANTE MÉTODO DE MANNING - STRICKLER $t = ((Q / (Ks * B * S^{1/2}))^{3/5}$			t (m)
Valores para Ks para Cauces Naturales (Inversa de n)			
Descripción	Ks		2.01
Torrentes con derrubio grueso y acarreo móvil = 19 - 22	20		
Caudal de Diseño (m³/seg)			
Q = 75.66			
Ancho Estable - Plantilla (m)			
B = 7.80			
Pendiente del Tramo de estudio			
S = 0.02307			

Tabla 38. Tirante hidráulico.
Fuente: Elaboración propia.

3.5.2.3- Cálculo de la velocidad tramo II (Manning)

Fórmula de Manning : Velocidad Media (m/s) >>>>> $V = R^{2/3} * S^{1/2} / n$			
Radio Hidráulico >>> $R = A / P$ >>>>>>>		R :	Pendiente de Fondo >>> S
Tirante medio (y)	Talud de Borde (Z)	1.33	S = 0.02307
y = 2.01	Z = 0.5		Coefficiente de Rugosidad de Manning
Ancho de Equilibrio (B)			Descripción
B = 7.80			Torrentes con derrubio grueso y acarreo móvil = 0.045 - 0.050
Área (m2)	Perímetro (m)		n = 0.050
A = 13.66	P = 10.28		
>>>>>>>		V = 3.67	m/seg

Tabla 39. Velocidad del río.
Fuente: Elaboración propia.

3.5.2.4- Régimen del caudal del río tramo II (Número de Froude)

Velocidad media de la corriente (m/s)	Aceleración de la Gravedad	Profundidad Hidráulica Media = Área Mojada / Ancho Superficial:	Froude (F)
V = 3.67	g = 9.81	y = A / B >>> y = 1.75	0.89

Tabla 40. Régimen del río.
Fuente: Elaboración propia.

De este cálculo se determina el tipo de flujo: Flujo Sub crítico, flujo ideal para la construcción de gaviones.

3.5.2.5- Cálculo del borde libre y la altura de la estructura del tramo II

Bordo Libre (BL) = ζe					ALTURA DE MURO (H_b)	
Caudal máximo m^3/s		ζ	ζ	$e = V^2/2g$	BL	$H_M = y + BL$
3000.00	4000.00	2	1.1	0.69	0.76	y : Tirante de diseño (m)
2000.00	3000.00	1.7				$y =$ 2.01
1000.00	2000.00	1.4				>>>>> $H_M =$ 2.77
500.00	1000.00	1.2				Por Procesos Constructivos
100.00	500.00	1.1				>>>>> $H_M =$ 3.00

Tabla 41. Borde libre.
Fuente: Elaboración propia.

El borde libre que se obtiene es de 0.76 y la altura de la estructura adoptada es 3.00 metros considerando el margen de seguridad para garantizar la estructura.

3.6.2.6- Cálculo de la profundidad de socavación (método de Ll. List Van Levediev)

Para realizar el cálculo de la profundidad de socavación existen dos fórmulas:

MÉTODO DE LL. LIST VAN LEVEDIEV	
Suelos Granulares - No Cohesivos	
$t_s = ((\alpha t^{5/3}) / (0.68 D_m^{0.28} \beta))^{1/(x+1)}$(1)	
Suelos Cohesivos	
$t_s = ((\alpha t^{5/3}) / (0.60 \gamma_s^{1.18} \beta))^{1/(x+1)}$(2)	

Tabla 42. Fórmulas de suelos cohesivos y no cohesivos.
Fuente: Elaboración propia.

Donde:

t_s = Tirante después de producirse la socavación (m)

t = Tirante sin socavación (m)

$t = 2.06$ m

D_m = Diámetro Medio de las partículas (mm)

$D_m = 17.18$ mm

g_s = Peso Específico suelo (Kg/m³)

μ = Coeficiente de Contracción

a = Coeficiente = $Q / (t m^{5/3} B \mu)$

Para saber qué fórmula usar lo primero que se realiza es determinar qué tipo de suelo se tiene en base a un estudio de suelos para determinarlo. Se usan los diámetros de los tamices y los porcentajes que pasan para determinar D_m .

UBICACIÓN	CALICATA N°	CLASIFICACIÓN SUCS	D_{10} (mm)	D_{16} (mm)	D_{30} (mm)	D_{50} (mm)	D_{60} (mm)	D_{84} (mm)	D_m (mm)
RÍO INGEÑO	2	GP-GM	0.17	0.27	1.07	10.95	18.03	40.33	17.18

Tabla 43. Determinación del D_m .

Fuente: Elaboración propia.

Obteniendo el resultado de D_m , se determina el tipo de suelo con ayuda de la siguiente tabla:

CLASIFICACIÓN SEGÚN EL TAMAÑO DE PARTÍCULAS			
Tamaño (mm)			Tipo de material
4000	-	2000	Canto rodado muy grande
2000	-	1000	Canto rodado grande
1000	-	500	Canto rodado medio
500	-	250	Canto rodado pequeño
250	-	130	Cascajo grande
130	-	64	Cascajo pequeño
64	-	32	Grava muy gruesa
32	-	16	Grava gruesa
16	-	8	Grava media
8	-	4	Grava fina
4	-	2	Grave muy fina
2	-	1	Arena muy gruesa
1	-	0.500	Arena gruesa
0.500	-	0.250	Arena media
0.250	-	0.125	Arena fina
0.125	-	0.062	Arena muy fina
0.062	-	0.031	Limo grueso
0.031	-	0.016	Limo medio
0.016	-	0.008	Limo fino
0.008	-	0.004	Limo muy fino
0.004	-	0.002	Arcilla gruesa
0.002	-	0.001	Arcilla media
0.001	-	0.0005	Arcilla fina
0.0005	-	0.00024	Arcilla muy fina

Tabla 44. Clasificación de los suelos según el tamaño de las partículas.
Fuente: Unión Geofísica Americana (AGU).

Entonces se clasifica los suelos como: Grava gruesa perteneciente a los
SUELOS NO COHESIVOS.

Luego halla el valor de x:

SELECCIÓN DE x EN SUELOS COHESIVOS (Tn/m ³) o SUELOS NO COHESIVOS (mm)					
Peso específico Tn/m ³	X	1/(X +1)	D (mm)	X	1/(X +1)
0.80	0.52	0.66	0.05	0.43	0.70
0.83	0.51	0.66	0.15	0.42	0.70
0.86	0.50	0.67	0.50	0.41	0.71
0.88	0.49	0.67	1.00	0.40	0.71
0.90	0.48	0.68	1.50	0.39	0.72
0.93	0.47	0.68	2.50	0.38	0.72
0.96	0.46	0.68	4.00	0.37	0.73
0.98	0.45	0.69	6.00	0.36	0.74
1.00	0.44	0.69	8.00	0.35	0.74
1.04	0.43	0.70	10.00	0.34	0.75
1.08	0.42	0.70	15.00	0.33	0.75
1.12	0.41	0.71	20.00	0.32	0.76
1.16	0.40	0.71	25.00	0.31	0.76
1.20	0.39	0.72	40.00	0.30	0.77
1.24	0.38	0.72	60.00	0.29	0.78
1.28	0.37	0.73	90.00	0.28	0.78
1.34	0.36	0.74	140.00	0.27	0.79
1.40	0.35	0.74	190.00	0.26	0.79
1.46	0.34	0.75	250.00	0.25	0.80
1.52	0.33	0.75	310.00	0.24	0.81
1.58	0.32	0.76	370.00	0.23	0.81
1.64	0.31	0.76	450.00	0.22	0.82
1.71	0.30	0.77	570.00	0.21	0.83
1.80	0.29	0.78	750.00	0.20	0.83
1.89	0.28	0.78	1,000.00	0.19	0.84
2.00	0.27	0.79			
Ps (T/m³)			D_m (mm)		
-	X	1/(X +1) =	17.18	X	1/(X +1) =
				0.3256	0.75

Tabla 45. Selección de x para suelos no cohesivos.
Fuente: Elaboración propia.

Se encuentra el coeficiente de contracción:

Coeficiente de Contracción, μ							
Velocidad (m/s)	Longitud libre entre los estribos						
	10 m.	13 m.	16 m.	18 m.	21 m.	25 m.	30 m.
<1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
1	0.96	0.97	0.98	0.98	0.99	0.99	0.99
1.5	0.94	0.96	0.97	0.97	0.97	0.98	0.99
2	0.93	0.94	0.95	0.96	0.97	0.97	0.98
2.5	0.90	0.93	0.94	0.95	0.96	0.96	0.97
3	0.89	0.91	0.93	0.94	0.95	0.96	0.96
3.5	0.87	0.90	0.92	0.93	0.94	0.95	0.96
>4.00	0.85	0.89	0.91	0.92	0.93	0.94	0.95

Tabla 46. Determinación del coeficiente de contracción.
Fuente: Elaboración propia.

Donde el valor de $\mu = 0.85$

Se encuentran valores para el coeficiente de β :

Tabla : Valores del Coeficiente β		
Periodo de Retorno (Años)	Probabilidad de Retorno (%)	Coeficiente β
	0.00	0.77
2.00	50.00	0.82
5.00	20.00	0.86
10.00	10.00	0.90
20.00	5.00	0.94
50.00	2.00	0.97
100.00	1.00	1.00
300.00	0.33	1.03
500.00	0.20	1.05
1,000.00	0.10	1.07
Periodo de Retorno (Años) =====>		10.00
$\beta =$		0.90

Tabla 47. Valores para el coeficiente B.
Fuente: Elaboración propia.

Luego se encuentra el valor de α , con los datos que ya se tienen:

Tirante medio (t_m) = A/B	Q (Caudal de Diseño)	Coefficiente de Contracción (μ)	Ancho Estable	α
$t_m = 2.01$	75.66	$\mu = 0.85$	B = 7.80	3.56

Tabla 48. Se determina el valor de σ .

Fuente: Elaboración propia.

Ahora se aplica la fórmula para la profundidad de socavación para suelos no cohesivos:

X : Exponente que depende de : D_m para suelos Granulares No Cohesivos y γ_s para suelos cohesivos.		Coeficiente por Tiempo de Retorno : β	TIRANTE DE SOCAVACIÓN SUELOS GRANULARES - NO COHESIVOS
X	$1/x+1$		$t_s = ((\alpha t^{5/3}) / (0.68 D_m^{0.28} \beta))^{1/(x+1)}$
$x = 0.33$	0.75	$\beta = 0.90$	$t_s = 4.98 \text{ m}$

Tabla 49. Se determina el tirante de socavación.

Fuente: Elaboración propia.

Por lo tanto decimos:

PROFUNDIDAD DE SOCAVACIÓN (H_s)	
$H_s =$	$t_s - t$
$H_s =$	2.97 m

Tabla 50. Profundidad de socavación.

Fuente: Elaboración propia.

Se concluye que la profundidad de socavación es de 2.97 m con esos datos se realiza el diseño para la defensa ribereña, que para este caso serán gaviones.

3.6.- DISEÑO DEL MURO DE GAVIONES

Con los cálculos hidráulicos obtenidos, se procede a realizar el diseño del muro de gaviones, teniendo en cuenta las dimensiones comerciales que se pueden encontrar en el mercado, para su correcto funcionamiento.

Como primer punto analizan los datos obtenidos del cálculo hidráulico; el régimen del caudal del río, es menor a 1, eso indica que es un flujo sub crítico, ideal para la construcción de muro de gaviones. Otro dato importante es la velocidad del flujo, para este caso es menor a 4m/s, es un indicador que los gaviones tendrán un buen funcionamiento.

Las características hidráulicas del río son ideales, ahora se tiene que dimensionar los gaviones, en base a la altura, para ello se tiene el siguiente concepto: la base es mayor o igual que la altura dividida entre dos, de ahí se opta por la base de nuestro muro que será de 2.50 metros.

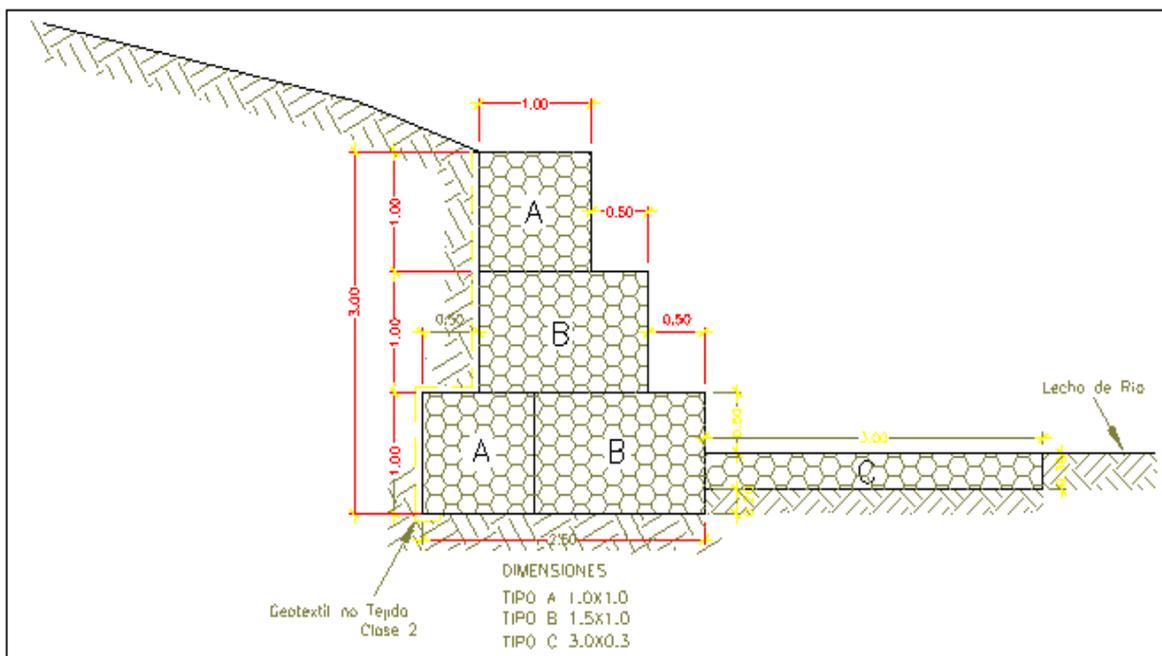


Figura 10. Diseño del muro de gaviones.
Fuente: Elaboración propia.

3.6.1.- Geometría del muro

El muro de gaviones será de tres niveles, que se describen a continuación:

Primer nivel : Gavión tipo A (5.0 x 1.0 x 1.0)

Gavión tipo B (5.0 x 1.5 x 1.0)

Segundo nivel : Gavión tipo B (5.0 x 1.5 x 1.0)

Tercer nivel : Gavión tipo A (5.0 x 1.0 x 1.0)

Adicionalmente se está colocando el colchón reno para evitar la socavación del río, cuyas medidas son:

Colchón reno (2.0 x 3.0 x 0.3).

Se están considerando 3 metros de ancho del colchón reno, conociendo la socavación del río. Para determinar el ancho del colchón reno se utiliza la siguiente fórmula.

$$L \geq 1.5 \text{ a } 2.0 \text{ profundidad máxima erosión}$$

Tabla 51. Diseño del colchón reno.

Fuente: Informativo CIP Lambayeque. 2009.

3.6.2.- Parámetros básicos:

3.6.2.1.- Del muro:

Altura del muro	H	. =	3.00	m.
Ancho de la base	B	. =	2.50	m.
Sección longitudinal del muro	AM	. =	5.00	m ²
Peso específico de la estructura de gaviones	γ_g	. =	2.70	Ton/m ³

3.6.2.2.- Del terreno:

Sección longitudinal unitaria del suelo	AT	.=	1.00	m ²
Ángulo de fricción	ϕ	.=	28.13	°
Ángulo del talud sobre la corona del muro	ϵ	.=	0	°
Ángulo sobre el párametro int. y la horizontal	α	.=	0	°
Peso Específico del suelo	γ_s	.=	2.07	Ton/m ³ . = 2.07 grs/cm ³
Capacidad admisible del suelo	σ_s	.=	15.10	Ton/m ² . = 1.51 kg/cm ²
	β	.=	90	°
	δ	.=	ϕ	
	δ	.=	28.13	°

Se determina el valor de Ka:

$$K_a = \frac{\text{sen}^2(\beta + \phi)}{\text{sen}^2\beta * \text{sen}(\beta - \delta) * [1 + (\text{sen}(\phi + \delta) * \text{sen}(\phi - \epsilon)) / (\text{sen}(\beta - \delta) * \text{sen}(\beta + \epsilon))]^{1/2}]^2}$$

$$K_a = 1.02$$

3.6.2.3.- Fuerzas:

$$P_a . = (\gamma_s * H^2 * K_a) / 2 \quad (\text{Empuje del Terreno})$$

$$P_a . = \mathbf{9.51 \quad \text{Ton.}}$$

$$d . = H / (3 - 3 \text{ Sen}\alpha) \quad (\text{Aplicado a una altura } d)$$

$$d . = \mathbf{1.00 \quad \text{m}}$$

Componentes horizontales y verticales de Pa:

$$P_h . = P_a \text{ Cos}(\delta - \alpha)$$

$$P_v . = P_a \text{ Sen}(\delta - \alpha)$$

$$P_h . = 9.51 \text{ Cos}(28.13^\circ - 0^\circ)$$

$$P_v . = 9.51 \text{ Sen}(28.13^\circ - 0^\circ)$$

$$P_h . = \mathbf{8.389 \quad \text{Ton}}$$

$$P_v . = \mathbf{4.485 \quad \text{Ton}}$$

Peso unitario del gavión.

$$W_{\text{gavión}} \quad . = \quad AM * \gamma_g$$

$$W_{\text{gavión}} \quad . = \quad \mathbf{13.50 \text{ Ton/m}}$$

Peso unitario del suelo.

$$W_{\text{suelo}} \quad . = \quad AT * \gamma_s$$

$$W_{\text{suelo}} \quad . = \quad \mathbf{2.07 \text{ Ton/m}}$$

Peso unitario total

$$W_{\text{total}} \quad . = \quad W_g + W_s$$

$$W_{\text{total}} \quad . = \quad \mathbf{15.57 \text{ Ton/m}}$$

Sumatoria de fuerzas en la base

$$N \quad . = \quad (W + Pv) \text{ Cos } \alpha + Ph \text{ Sen } \alpha$$

$$N \quad . = \quad (15.57 + 4.48) * \text{Cos } (0^\circ) + 8.39 \text{ Sen } (0^\circ)$$

$$N \quad . = \quad \mathbf{20.05 \text{ Ton}}$$

Fuerza en el sentido del plano de deslizamiento

$$T \quad . = \quad Ph \text{ Cos } \alpha - (W + Pv) \text{ Sen } \alpha$$

$$T \quad . = \quad 8.39 * \text{Cos } (0^\circ) - (15.57 + 4.48) \text{ Sen } (0^\circ)$$

$$T \quad . = \quad \mathbf{8.39 \text{ Ton}}$$

Coefficiente de fricción entre la base del muro y el suelo.

$$\mu \quad . = \quad \text{Tan } (\phi)$$

$$\mu \quad . = \quad \text{Tan } (28.13)$$

$$\mu \quad . = \quad \mathbf{0.535}$$

Centro de gravedad.

$$Cg = \frac{\sum A_i * b_i}{AT}$$

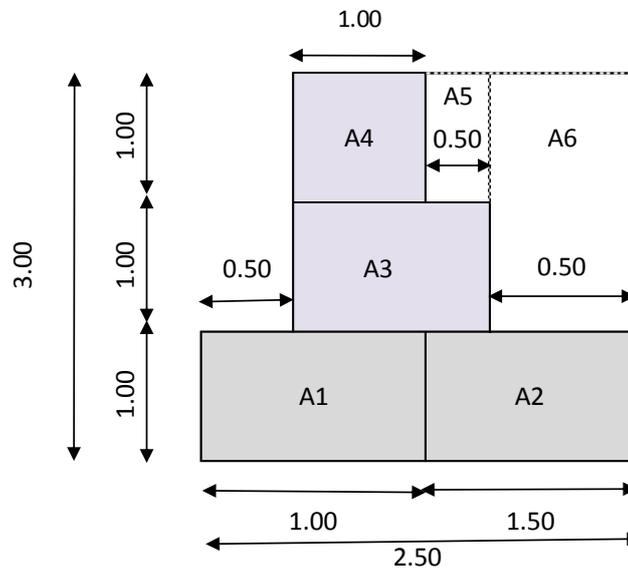


Figura 11. Dimensionamiento del muro de gaviones.
Fuente: Elaboración propia

	ÁREA	b	A _i * b _i
A1	1.00	0.50	0.50
A2	1.50	1.75	2.63
A3	1.50	0.75	1.13
A4	1.00	0.50	0.50
A5	0.50	1.25	0.63
A6	1.00	1.75	1.75
Σ A_i	6.50	Σ A_i * b_i	7.13

Tabla 52. Cálculo del muro de gaviones.
Fuente: Elaboración propia

$$C_g = \frac{7.13}{6.50} = 1.10 \text{ m.}$$

3.6.2.4.- Comprobación de la estabilidad del muro

3.6.2.4.1.- Volcamiento

Momento de volcamiento

$$M_{vol.} = Ph * d$$

$$M_{vol.} = 8.3886 \text{ Ton.m.}$$

Momento resistente

$$M_r = W * C_g + P_v * B$$

$$M_r = 28.2790 \text{ Ton.m.}$$

Factor de seguridad al volcamiento

$$f_{sv} = \frac{M_r}{M_{vol.}} \geq 1.5$$

$$f_{sv} = 3.37 \geq 1.5 \quad \text{OK!!! No falla por volteo}$$

Deslizamiento

$$f_{sd} = \frac{N}{T} * \mu \geq 1.5$$

$$f_{sd} = 4.47 \geq 1.5 \quad \text{OK!!! No falla por deslizamiento}$$

Comprobación al trabajo del suelo

$$e = \frac{B}{2} - \frac{(M_r - M_{vol.})}{N}$$

$$e = 0.258 \text{ m.}$$

Cálculo de esfuerzos máximos y mínimos

$$\sigma_1 = N/B * (1 - (6 * e / B))$$

$$\sigma_1 = 3.051 \text{ Ton/m}^2 \quad \text{Ok.}$$

$$\sigma_2 = N/B * (1 + (6 * e / B))$$

$$\sigma_2 = 12.99 \text{ Ton/m}^2 \quad \text{Ok.}$$

3.7.- ESPECIFICACIONES TÉCNICAS

3.7.1.- Gaviones

3.7.1.1.- Gavión tipo caja A (1.0 x 1.0) m y B (1.5 x 1.0) m.

Descripción:

Este ítem se refiere a todas las obras ejecutadas con Gaviones caja fuerte, las que se realizarán de acuerdo a las presentes especificaciones con los requisitos indicados en los planos.

Materiales:

El Gavión Caja Fuerte es un elemento de forma prismática rectangular, constituido por piedras confinadas exteriormente por una red de alambre de acero protegido de zinc 5Al MM (ASTM 856M-98).

Red metálica:

Las características indispensables que deberá tener el tipo de red a utilizar son las siguientes:

- No ser fácil de destejer o desmallar.

- Poseer una elevada resistencia mecánica y contra fenómenos de corrosión.
- Facilidad de colocación.

La red será de malla hexagonal a doble torsión, obtenida entrelazando los alambres por tres medios giros.

El alambre usado en la fabricación de las mallas y para las operaciones de amarre y atirantamiento durante la colocación en obra, deberá ser de acero dulce recocido con carga de rotura media de 38 a 48 Kg/mm² y la elongación no deberá ser menor que el 12%.

La especificación final para los Gaviones Caja será la siguiente:

Abertura de la malla : 8 x 10 cm

Diámetro de alambre de base, diafragmas, una lateral: 2.40 mm

Diámetro de alambre de la pared frontal y una lateral: 2.40 mm

Diámetro del alambre de borde : 2.40 mm y 2.40 mm
(plastificado)

Diámetro del alambre de amarre : 2.20 mm

Recubrimiento del alambre : Zn – 5 Al – MM (ASTM
A856M-98)

Piedra:

La piedra será de buena calidad, densa, tenaz, durable, sana, sin defectos que afecten su estructura, libre de grietas y sustancias extrañas adheridas e incrustaciones cuya posterior alteración pudiera afectar la estabilidad de la obra.

El tamaño de la piedra deberá ser lo más regular posible y tal que sus medidas estén comprendidas entre la mayor dimensión de la abertura de la malla y 2 veces dicho valor. Podrá aceptarse como máximo el 5% del volumen de la celda del gavión con piedras del tamaño menor al indicado. El tamaño de piedra deseable estará entre 6" y 8" para el Gavión Caja.

El material de relleno deberá ser sometido al ensayo en la máquina de los ángeles, según la norma AASHTO T-96, tendrá un desgaste menor al 50%.

Antes de su colocación en obra, la calidad y tamaño de la piedra deberá ser aprobada por el Ingeniero Inspector.

Ejecución:

Antes de proceder a la ejecución de obras con gaviones el Contratista deberá obtener la autorización escrita del Ingeniero Inspector, previa aprobación del tipo de red a utilizar. Cualquier modificación en las dimensiones o en la disposición de los gaviones a utilizar deberá contar con la aprobación del Ingeniero Inspector.

La base donde los gaviones serán colocados deberá ser nivelada hasta obtener un terreno con la pendiente prevista de acuerdo al diseño. Los niveles de excavación deberán ser verificados por el Ingeniero Inspector antes de proceder a la colocación de los gaviones; se constatará que el material de asiento sea el adecuado para soportar las cargas al que estará sometido y si el Inspector lo cree conveniente el armado y colocación de los gaviones se realizará respetando las especificaciones del fabricante de los gaviones.

Cada unidad será desdoblada sobre una superficie rígida y plana, se unirán los alambres superiores de cada una de las aristas unos con otros para dar la forma al

gavión y se procederá a colocar los diafragmas en su posición vertical. Luego se amarrarán las cuatro aristas en contacto y los diafragmas con las paredes laterales.

El relleno de los gaviones será efectuado con la calidad de las piedras que se mencionan en el ítem anterior. El relleno de piedra debe permitir la máxima deformabilidad de la estructura y no exceder el porcentaje de vacíos de las piedras considerado en el diseño.

Después de completar el relleno de los gaviones, se procederá a cerrar el gavión bajando la tapa, la que será cosida firmemente a los bordes de las paredes verticales y a los diafragmas. Se deberá cuidar que el relleno del gavión sea el suficiente, de manera tal que la tapa quede tensada confinando la piedra.

Los gaviones vacíos, colocados arriba de una camada ya terminada, deberán coserse a lo largo de todos los bordes de la base con la tapa del gavión inferior, no es necesario coser los diafragmas de los gaviones superiores con los inferiores.

Certificación del fabricante:

Para asegurar la calidad de la materia prima, los procesos del fabricante y el producto final, se deberá exigir que el proveedor, así como el fabricante de los gaviones a instalarse, posean la Certificación ISO 9001:2000

Los materiales despachados a obra serán acompañados por un Certificado de Calidad original del fabricante.

Unidad de medida

Unidad de medida: UND

Bases de pago

Los pagos se realizarán previa inspección del correcto desarrollo de los trabajos descritos. Una vez realizadas las verificaciones se procederán a valorizar las unidades según el tipo de gaviones ejecutados, para poder así realizar los pagos correspondientes a esta partida.

3.7.1.2.- Gavión tipo C colchón reno (3.0 x 0.3) m.

Descripción:

Este ítem se refiere a todas las obras ejecutadas con Colchones Reno Fuerte, las que se realizarán de acuerdo a las presentes especificaciones con los requisitos indicados en los planos.

Materiales:

El Colchón Reno Fuerte es un elemento de forma prismática rectangular, constituido por piedras confinadas exteriormente por una red de alambre de acero protegido con un recubrimiento de Zinc 5Al MM (ASTM 856M-98).

Red Metálica:

Las características indispensables que deberá tener el tipo de red a utilizar son las siguientes:

- No ser fácil de destejer o desmallar.
- Poseer una elevada resistencia mecánica y contra fenómenos de corrosión.
- Facilidad de colocación.

La red será de malla hexagonal a doble torsión, obtenida entrelazando los alambres por tres medios giros. De esta manera se impedirá que la malla se desteje por rotura accidental de los alambres que la conforman.

La especificación final para los Colchones Reno Fuerte será la siguiente:

Abertura de la malla : 8 x 10 cm

Diámetro de alambre de la base, diafragmas y laterales : 2.40 mm

Diámetro del alambre de la malla de la tapa : 2.40 mm

Diámetro del alambre de borde : 2.40 mm y 2.40 mm (plastificado*)

Diámetro del alambre de amarre : 2.40 mm

Recubrimiento del alambre : Zn – 5 Al – MM (ASTM A856M-98)

El alambre para amarre y atirantamiento se proveerá en cantidad suficiente para asegurar la correcta vinculación entre los colchones, el cierre de las mallas y la colocación del número adecuado de tirantes. La cantidad estimada de alambre es de 6% en relación a su peso.

Ejecución

Antes de proceder a la ejecución de obras con colchones el Contratista deberá obtener la autorización escrita del Ingeniero Inspector, previa aprobación del tipo de red a utilizar. Cualquier modificación en las dimensiones o en la disposición de los colchones a utilizar deberá contar con la aprobación del

Ingeniero Inspector. No podrán aprobarse aquellas modificaciones que afecten la forma o la funcionalidad de la estructura.

La base donde los colchones serán colocados deberá ser nivelada hasta obtener un terreno con la pendiente prevista. Los niveles de excavación deberán ser verificados por el Ingeniero Inspector antes de proceder a la colocación de los colchones; se constatará que el material de asiento sea el adecuado para soportar las cargas a que estará sometido y si el Inspector lo cree conveniente antes de proceder al relleno de los colchones deberá amarrarse cada colchón a los adyacentes a lo largo de las aristas en contacto, tanto horizontal como vertical. El amarre se efectuará utilizando el alambre provisto junto con los colchones y se realizará dando una vuelta simple y una vuelta doble cada 10cm.

En caso de que el talud sea muy inclinado, se deberá fijar los colchones con la ayuda de estacas de madera, las que serán hincadas en el extremo superior de los colchones.

El relleno de los colchones se iniciará a partir de la parte inferior de revestimiento y será efectuado con piedra seleccionada. El relleno debe permitir la máxima deformabilidad de la estructura, dejar el mínimo porcentaje de vacíos, asegurando así un mayor peso.

Después de completar el relleno de los colchones, se procederá a cerrar el colchón colocando la tapa, la que será amarrada firmemente a los bordes superiores de las paredes verticales, a los diafragmas y a los tirantes.

Unidad de medida

Unidad de medida: UND

Bases de pago

Los pagos se realizarán previa inspección del correcto desarrollo de los trabajos descritos. Una vez realizadas las verificaciones se procederán a valorizar las unidades según el tipo de gaviones ejecutados, para poder así realizar los pagos correspondientes a esta partida.

3.7.1.3.- Geo textil.

Se usará un geo textil no tejido agujado, producido con fibras de polipropileno y térmicamente consolidado. Para su correcta colocación se visualizarán los planos. Cabe resaltar que éste servirá para que el material de relleno no se mezcle con los gaviones, para impedir la erosión del gavión y para drenar permitiendo de esta forma la evacuación de agua y aire del suelo.

3.8.- PRESUPUESTO DEL PROYECTO

El monto presupuestal para la ejecución del presente proyecto se detalla en el cuadro siguiente:

Item	Descripción	Parcial S/.
01	DEFENSA RIBEREÑA	
01.01	INSTALACIONES PROVISIONALES	7,087.60
01.02	TRABAJOS PRELIMINARES	5,504.46
01.03	MOVIMIENTO DE TIERRAS	38,940.53
01.04	GAVIONES	146,789.52
01.05	MITIGACIÓN DE IMPACTO AMBIENTAL	1,000.00
	COSTO DIRECTO	199,322.11
	GASTOS GENERALES (7%)	13,952.55
	UTILIDAD (7%)	13,952.55
	SUBTOTAL	227,227.21
	IGV	40,900.90
	TOTAL PRESUPUESTO	268,128.11

Tabla 53. Presupuesto del proyecto.
Fuente: Elaboración propia

SON: S/. 268,128.11 (DOSCIENTOS SESENTA Y OCHO MIL CIENTO VEINTIOCHO CON 11/100 NUEVOS SOLES).

3.9.- PLAZO DE EJECUCIÓN DEL PROYECTO

Para la realización de todos los trabajos comprendidos dentro de este proyecto se ha programado un tiempo de ejecución de 31 días calendarios para el plazo contractual.

3.10.- ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL

3.10.1- Descripción de los posibles impactos ambientales

El propósito de este ítem es la descripción de los impactos ambientales potenciales más importantes que se generarían por la ejecución del proyecto.

3.10.1.1- Etapa de planificación.

En la etapa de planificación se distinguen dos actividades, tales como la Elaboración de Estudios Previos y la información a la población sobre el proyecto y la elaboración del estudio definitivo para la obtención de la certificación ambiental y la contratación para ejecución de obras.

3.10.1.2- Etapa de construcción.

3.10.1.2.1- Impactos al medio físico y biológico.

Alteración en la calidad del Suelo

La alteración se presenta por los aspectos constructivos como excavación y los probables derrames al suelo próximos a la mezcladora y áreas de vaciado de concreto, así mismo en la zona de parqueo de máquinas donde ésta es sometida a mantenimiento, es probable el derrame de combustibles, lubricantes y carburantes que también se pueden producir en el área de trabajo.

Calidad del Aire - Polvo

Durante esta etapa el aire puede ser afectado por partículas de polvo, en las maniobras de movimientos de tierras, excavación, obras civiles, construcción de campamento, traslado de agregados e insumos.

Calidad de Aire

El impacto que se producirá a la calidad del aire, producto de la movilización de maquinaria, vehículos y equipos, es uno de los impactos que pueden ser significativos durante la etapa de construcción, la cual será prevenida y/o mitigada con las actividades de mantenimiento preventivo de vehículos, equipos y maquinarias.

Cobertura Vegetal

Este impacto, será leve, el área del proyecto es básicamente en la ribera del río Ingeño, así mismo las actividades constructivas se limitaran solo al área destinada al proyecto.

Ruido

Se usarán maquinaria pesada y vehículos de transporte los cuales van a generar ruido, el impacto de este será temporal y será minimizado con el uso de dispositivos silenciadores.

Generación de Residuos Sólidos

En su mayor parte los trabajos del proyecto consistirán en la excavación, encofrado y armadura de fierro, vaciado de cimientos, etc. Estos trabajos dejarán pequeña cantidad de desmontes que serán retirados y a lo que deberá tener

atención en su manejo y disposición final a un relleno sanitario autorizado, se tendrán especial cuidado en no afectar las áreas para uso agrícola, ganadero, o lugares donde discurren los torrentes.

Impactos a la Flora.

La vegetación en el área de influencia directa del proyecto está dada generalmente por vegetación natural propia de la zona templada – calurosa. Se realizará la limpieza y desbroce de vegetación solo en el área de intervención del proyecto.

Impactos a la Fauna

La fauna en el área de influencia directa del proyecto se verá afectada durante las actividades de ocupación de la zona, limpieza y desbroce de vegetación, pero cabe aclarar que las actividades constructivas se limitarán al área destinada al proyecto.

3.10.1.2.2- Impactos al medio socio económico.

Salud.

Teniendo en cuenta que en la etapa de construcción del proyecto se producirán impactos muy leves en el medio ambiente, por lo que se evitarán las afectaciones a la salud de los pobladores locales y los trabajadores quienes estarán protegidos con equipos de seguridad.

Seguridad.

La seguridad de los trabajadores podría afectarse por posibles accidentes en el trabajo, como consecuencia de una mala operación o maniobra de algún equipo

o herramientas. Cada uno de los trabajadores contará con equipos de seguridad (cascos, botas, guantes, mamelucos) y tendrán charlas de capacitación sobre seguridad, higiene y medio ambiente.

Educación Ambiental.

La educación se impartirá para los trabajadores y población beneficiaria, en la etapa de construcción y mantenimiento, ello será positivo teniendo en cuenta que el desarrollo del proyecto se cimienta en un proceso de aprendizaje.

Cambio de valor de la Tierra

Es evidente que el cambio de valor de la tierra (los terrenos son de capacidad de uso de pastos.), tendrá un impacto negativo leve puesto que ya han sido afectados anteriormente.

3.10.1.3- Etapa de operación.

Impactos en la Calidad del Aire

Los impactos a la calidad del aire serán nulos porque no se realizará ninguna obra o movimiento de tierras que pueda generar polvos o ruidos.

Impactos al Suelo

En esta etapa de funcionamiento del proyecto tampoco impactará a la calidad del suelo, o disminuirá el área agrícola, los impactos en esta etapa son también nulos.

Impactos en el Agua

El agua no será afectada en esta etapa de funcionamiento del proyecto; sin embargo, durante las actividades de mantenimiento puede verse afectada

durante la limpieza y retiro de residuos sólidos, pero cabe indicar que se supervisarán dichas actividades a fin de prevenir cualquier impacto al agua.

Impactos al Medio Biótico

La flora y fauna silvestre en esta etapa de funcionamiento tampoco serán afectadas, los impactos leves se darán durante la limpieza de defensa ribereña, pero cabe indicar que se supervisarán dichas actividades a fin de prevenir cualquier impacto.

3.10.2- Estrategia de manejo ambiental

La Estrategia de Manejo Ambiental que se propone, permitirá que el Proyecto se integre al medio impulsando el desarrollo socioeconómico local, como una retribución equitativa y justa. Asimismo las medidas técnicas propuestas están conceptual y legalmente apoyadas en los instrumentos técnicos y normativos nacionales e internacionales y están orientadas a potenciar los impactos positivos, mitigar o eliminar los negativos y compensar las pérdidas que se ocasionarían por la ejecución de las obras. La responsabilidad de las actividades está indicada en los cuadros del ítem medidas de prevención/mitigación.

3.10.2.1- Objetivo del plan de manejo ambiental

Los objetivos del Plan de Manejo Ambiental del proyecto son:

- ❖ Lograr la conservación del medio ambiente del área de influencia del proyecto, incluyendo el cuidado y defensa de los recursos naturales, evitando la afectación de los ecosistemas de la zona y de la salud de la población.

- ❖ Proponer un conjunto de medidas de mitigación para mejorar o mantener la calidad ambiental del área de influencia, de tal forma que se eviten o minimicen los impactos ambientales negativos causados por la ejecución del proyecto.

3.10.2.2- Programa de mitigación, prevención y/o corrección.

Las medidas de mitigación y/o correctivas se orientan principalmente a evitar que se originen impactos negativos y que a su vez, estos causen otras alteraciones, las que en conjunto podrían afectar al ambiente de la zona de estudio.

Los objetivos del presente programa están referidos a evitar o mitigar los impactos ambientales negativos a niveles aceptables en el área de influencia del proyecto.

En el presente proyecto se considera al componente aire como el más afectado, por la emisión de material fino, gases de combustión y ruido. Por ejemplo, para mitigar los efectos de los impactos al componente aire se proponen una serie de medidas como el humedecimiento de las áreas de trabajo para evitar la generación de polvo.

3.10.3- Etapa de cierre de ejecución de obra y etapa de abandono.

Actividades de cierre después de la etapa de construcción:

Después de concluidas las actividades de construcción se podrán implementar algunas actividades dirigidas a rehabilitar las áreas afectadas, como es el caso de:

- Re-conformación del talud de los depósitos de desmonte
- Revegetación de áreas

- Desmantelamiento

Actividades de cierre después de la etapa de operación y mantenimiento:

Al culminar la etapa de operaciones y mantenimiento del Proyecto se iniciará con las actividades de cierre final. El objetivo de la rehabilitación final es el de restablecer la configuración paisajística, una vez concluidas las actividades, de manera que se asemeje a las condiciones existentes antes del inicio de las mismas.

Las actividades a ser consideradas como mínimo en el Programa de Cierre son:

Desmantelamiento de las Instalaciones:

- El desmantelamiento comprenderá el retiro de equipos y materiales de las instalaciones de modo que se cumplan los objetivos de cierre.
- Retiro, traslado de todos los componentes químicos o materiales de proceso que se encuentren almacenados.
- Descontaminación y retiro de todos los equipos móviles y fijos.
- Remoción de estructuras.

Desmantelamiento de todas las instalaciones e infraestructuras relacionadas con el Proyecto; de tal manera que se devuelva al área y el entorno su configuración y paisaje.

Demolición, Salvamento y Disposición:

Una vez que las instalaciones hayan sido desmanteladas, se iniciará con las actividades de salvamento de equipos u otros materiales que puedan ser reutilizados. Posteriormente se procederá a demoler las estructuras del sistema. Luego de la demolición de las estructuras se generará escombros, estos serán retirados y dispuestos

en áreas autorizadas y a través de una Empresa Especializada autorizada y registrada por DIGESA.

Establecimiento de la Forma del Terreno y Rehabilitación de Hábitats:

Se rellenará o suavizará el talud de aquellas superficies según lo necesiten y se establecerá una configuración que armonice con el terreno circundante. Con el fin de rehabilitar los terrenos de acuerdo a las condiciones previas, se revegetarán las áreas perturbadas, cuando corresponda.

La re-vegetación de áreas se realizará con el fin de rehabilitar los terrenos de acuerdo a las condiciones previas a la implementación del Proyecto. Se revegetarán todas las áreas perturbadas con la excepción de los caminos (considerando que los caminos a utilizarse durante la operación y mantenimiento son vías de acceso existentes).

Mantenimiento Post-cierre:

Para comprobar la efectividad de los trabajos se realizará el monitoreo post-abandono, que consistirá en la inspección del área después de la implementación del Programa de Abandono de Obra.

Inspecciones de los depósitos de desmonte y de sus taludes, para prever posibles problemas de estabilidad física. Luego, en base a los resultados de las inspecciones, se establecerá un cronograma y procedimientos de mantenimiento, en caso se requiera.

Inspecciones de coberturas.

Inspección de las áreas revegetadas y replantado de las áreas que no estén cumpliendo con los objetivos de cierre.

El plan de abandono y cierre tiene como objetivo establecer el programa de actividades y acciones que la empresa contratista realizará para remediar los impactos operacionales, a fin de restablecer las condiciones del ambiente y los recursos usados durante la ejecución del Proyecto, devolviendo de esta manera las condiciones que tenía el ambiente antes del Proyecto, es decir, consolidar el compromiso de uso sostenible de los recursos naturales en el Proyecto.

3.11.- PARTICIPACIÓN EN OBRA (ROL Y FUNCIONES)

El rol que desempeñe en el proyecto fue de Asistente de Residente de obra y las funciones eran las siguientes:

- ✓ Realizar las valorizaciones mensuales de obra.
- ✓ Hacer los requerimientos de los materiales para la ejecución de la obra.
- ✓ Realizar anotaciones de los trabajos diarios para el cuaderno de obra.
- ✓ Verificar los metrados del expediente, con la ejecución de obra.
- ✓ Controlar que los trabajos se hagan de acuerdo a las especificaciones técnicas, planos, etc.
- ✓ Realizar el valor ganado en obra.
- ✓ Realizar el adicional deductivo vinculado de obra.



Figura 12. Armado de caja de gaviones.
Fuente: Elaboración propia



Figura 13. Nivelación para el muro de gaviones.
Fuente: Elaboración propia



Figura 14. Atirantado de caja del gavión.
Fuente: Elaboración propia



Figura 15. Vista general de los gaviones.
Fuente: Elaboración propia



Figura 16. Encofrado del muro de gaviones.
Fuente: Elaboración propia



Figura 17. Armado y colocación del colchón reno.
Fuente: Elaboración propia

3.12.- TRAMOS EJECUTADOS EN OBRA (PLANOS)

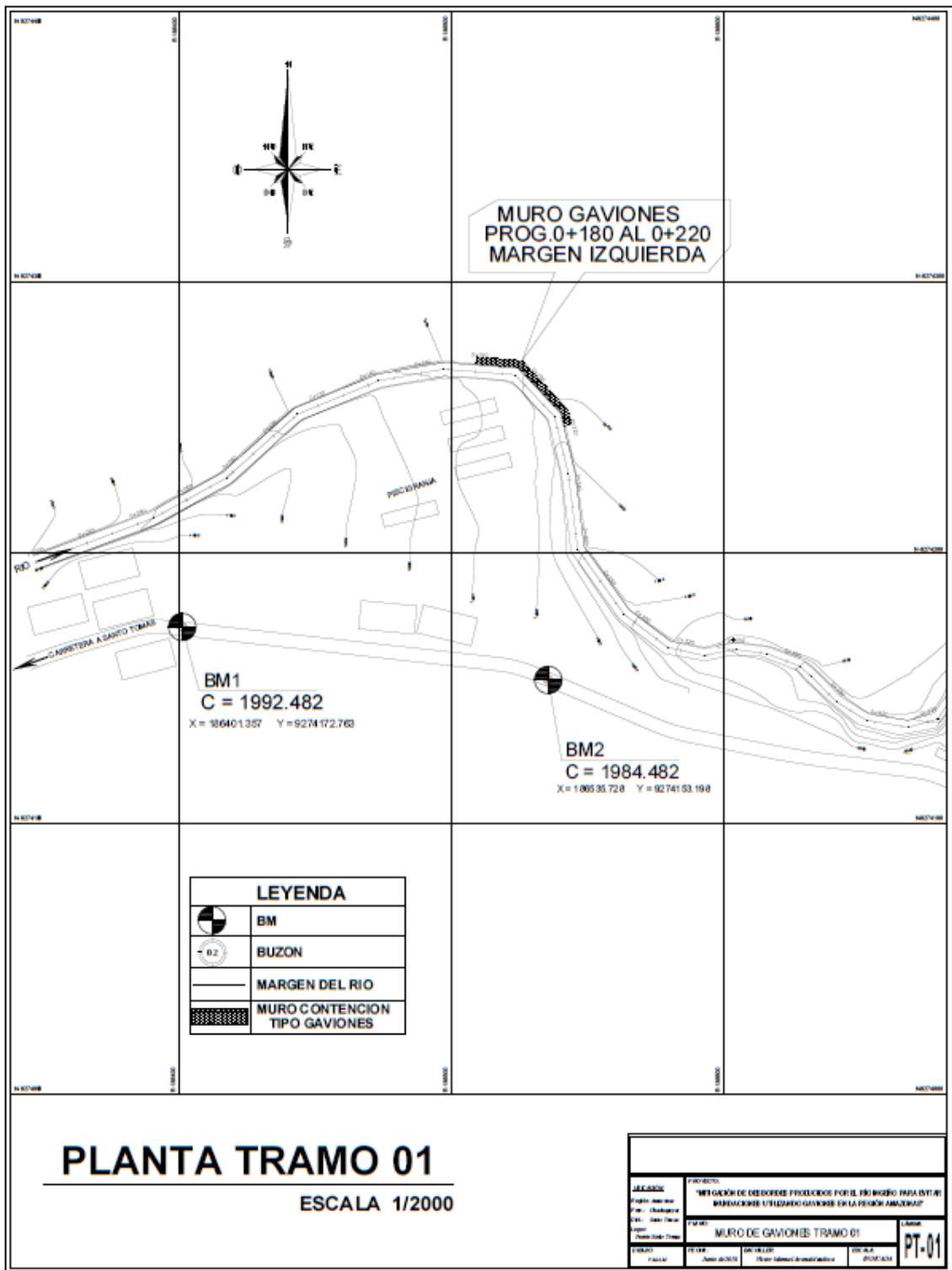


Figura 18. Tramo ejecutado 01.
Fuente: Elaboración propia

CONCLUSIONES

- Se propuso el análisis y diseño de la defensa ribereña con gaviones, como son dimensionamiento del muro (ancho y altura), y la comprobación de la estabilidad de éste, tanto por volteo y deslizamiento, en el centro poblado del Puente de Santo Tomás, región Amazonas, para mitigar los desbordes del río Ingeño y evitar las inundaciones.
- Se elaboraron los estudios de topografía, para representar gráficamente el área de trabajo, y el estudio de mecánica de suelos para determinar las propiedades físicas y mecánicas y la capacidad portante del terreno.
- Se realizó el cálculo hidráulico del río, el cual determinó el ancho estable, tirante hidráulico, velocidad del río, régimen del caudal, el borde libre y la socavación.
- Se identificó el proceso constructivo de los gaviones, partiendo de las especificaciones técnicas, en el cual se detallan los tipos de caja a usar, el material de relleno, la forma correcta del encofrado y la correcta cocida del gavión.
- Se determinó que la construcción de gaviones es la mejor opción para evitar las inundaciones por las características hidráulicas del río Ingeño, determinadas en base al cálculo como son la velocidad de 3.56 m/s en el primer tramo y 3.67 m/s en el segundo tramo y el flujo sub crítico ya que el valor obtenido del número de Froude es menor a 1.
- Por los cálculos hidráulicos obtenidos en el río Ingeño, se concluye que el muro de gaviones debe tener 2.50 metros de ancho, y 3.00 metros de altura, adicionalmente llevar un colchón reno en la base de 3.00 metros de ancho para evitar la socavación del río y de esta forma garantizar y salvaguardar la integridad de las personas, materiales y terrenos agrícolas.

- Las defensas ribereñas con gaviones no necesitan de una cimentación profunda, son flexibles, fáciles de transportar, son resistentes, no necesita de mano de obra calificada, son económicos y constituyen una de las soluciones más aplicadas en el medio hidráulico.

RECOMENDACIONES

Se presentan las siguientes recomendaciones sobre el proyecto y lo investigado con la finalidad de enriquecer y completar el trabajo realizado.

- Se recomienda que para cualquier tipo de defensa ribereña elegida, sea en base a cálculos hidráulicos obtenidos, corroborarlos con la visita de campo respectiva, además verificarlos con las normas y reglamentos existentes.
- Se recomienda para el sistema de gaviones colocar, tanto en la parte inicial y en la parte final, un colchón reno adicional para evitar la socavación y la falla de la estructura (incluirlo en la planilla de los metrados y en el presupuesto para no perjudicar al contratista).
- Se recomienda para el sistema de gaviones realizar la comprobación de la estabilidad de éste, para verificar su comportamiento y así garantizar su funcionalidad y su vida útil.
- Se recomienda fomentar campañas informativas y de sensibilización de la población del Puente de Santo Tomás sobre el peligro de inundaciones, brindando charlas y orientaciones.
- Se recomienda al SENAMHI, incrementar las estaciones meteorológicas y que sean automáticas para tener los datos más precisos y confiables, para el correcto diseño del muro de gaviones.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Empleo de Gaviones en la Construcción y Conservación de Carreteras. Autor. Vaca. R. Tesis De Grado. Universidad Técnica Particular De Loja. Loja- Ecuador, 2000.
- Informativo del Colegio de Ingenieros del Perú – Lambayeque, 2009.
- Ing. Velásquez, T. Guía Metodológica para Proyectos de Protección y/o Control de Inundaciones en Áreas Agrícolas o Urbanas. Lima, Perú, 2006.
- Libro electrónico: Absalón Vásquez. (2017). Manejo de Gestión de Cuencas Hidrográficas. Recuperado el 06 de mayo de <https://civilgeeks.com/2017/07/26/libro-manejo-gestion-cuencas-hidrograficas-absalon-vasquez/>.
- Libro electrónico: Allen Bateman. (2007). Hidrología básica y Aplicada. Recuperado el 06 de mayo de <https://www.upct.es/~minaees/hidrologia.pdf>.
- Maccaferri, Defensas Ribereñas y Obras Transversales, 2010.
- Maccaferri, Diseño de colchones reno, 2015.

- Ministerio de Transportes y Comunicaciones. Manual de Especificaciones Técnicas Generales para Construcción de Carreteras No Pavimentadas de Bajo Volumen de Tránsito. Volumen II, 2008.
- Rocha, A. Erosión en Pilares y Estribos de Puentes. Introducción A La Hidráulica De Obras Viales, 2014.
- Rocha F. Arturo. Introducción a la Hidráulica Fluvial. Universidad Nacional de Ingeniería, Lima – Perú, 1998.
- Rocha F. Arturo. Recursos Hidráulicos – Libro 16; Lima, Editorial CIP Capítulo de Ingeniería Civil, 1993; 376 pp.
- Sviatoslav, Diseño Hidráulico, Editorial de la Escuela Politécnica Nacional, Quito – Ecuador, 1996.
- Terán A. Rubén, Diseño y Construcción de Defensas Ribereñas, Arequipa, Ediciones ESAA Charles Sutton, 1998, 113 pp.
- Universidad Nacional Agraria De La Molina. Manejo y Gestión de Cuencas Hidrográficas, Lima- Perú, 2016.
- Vásquez Villanueva, Absalón, Manejo de Cuencas Alto Andinas, Lima – Perú, 1997.

ANEXOS

- ESTUDIO DE MECÁNICA DE SUELOS.
- METRADOS.
- ANÁLISIS DE COSTOS UNITARIOS.
- PRESUPUESTO.
- PLANOS.
- ENSAYOS DE LOS ÁNGELES.