

**UNIVERSIDAD PERUANA LOS ANDES**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA**  
**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL**



**TESIS**

**PROTECCIÓN CONTRA SOCAVACIONES EN LOS  
DADOS DEL PUENTE KIRAHUANERO DE LA CC.NN.  
KIRAHUANERO - PROVINCIA DE ATALAYA –  
UCAYALI**

**PRESENTADO POR:**

**Bach. CASTRO MONTES POLH MC GODFREY**

**Línea de Investigación Institucional:**

**Nuevas Tecnologías y Procesos**

**PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:**

**INGENIERO CIVIL**

**HUANCAYO – PERU**

**2022**

## **CONTRATAPA**

---

**ING. RANDO PORRAS OLARTE**  
**ASESOR**

## **DEDICATORIA**

El presente trabajo de investigación lo dedico principalmente a mi madre que se fue hace poco y está a lado de nuestro divino creador, quien estaría muy orgullosa viendo al Ingeniero Civil que siempre quiso que sea.

## **HOJA DE CONFORMIDAD DE JURADOS**

---

**DR RUBEN DARIO TAPIA SILGUERA  
PRESIDENTE**

---

**JURADO**

---

**JURADO**

---

**JURADO**

---

**MG. LEONEL UNTIVEROS PEÑALOZA  
SECRETARIO GENERAL**

# ÍNDICE

CONTRATAPA.....	2
DEDICATORIA.....	4
ÍNDICE.....	6
ÍNDICE DE TABLAS .....	9
ÍNDICE DE FIGURAS .....	10
RESUMEN .....	11
ABSTRACT .....	12
INTRODUCCIÓN .....	13
CAPITULO I.....	15
EL PROBLEMA DE LA INVESTIGACIÓN .....	15
1.1. Planteamiento del problema .....	15
1.2. Formulación y sistematización del problema .....	16
1.2.1. Problema general .....	16
1.2.2. Problemas específicos .....	16
1.3. Justificación .....	16
1.3.1. Práctica .....	16
1.3.2. Teórica .....	16
1.3.3. Metodológica .....	17
1.4. Delimitaciones .....	17
1.4.1. Espacial.....	17
1.4.2. Temporal .....	19
1.4.3. Económica.....	19
1.5. Limitaciones.....	19
1.6. Objetivos.....	19
1.6.1. Objetivo general .....	19
1.6.2. Objetivos específicos.....	19
CAPITULO II .....	20
MARCO TEÓRICO .....	20
2.1. Antecedentes.....	20
2.1.1. Internacionales .....	20
2.1.2. Nacionales.....	21

2.2. Marco conceptual .....	23
2.2.1. Teorías de la Investigación.....	23
2.2.1.1 Erosión .....	23
2.2.1.2 Defensas ribereñas .....	25
2.2.1.3 Gaviones .....	25
2.2.1.4 Diseño de muros gaviones .....	32
2.3. Definición de términos .....	35
2.4. Hipótesis.....	38
2.4.1. Hipótesis general.....	38
2.4.2. Hipótesis específicos.....	38
2.5. Variables.....	39
2.5.1. Definición conceptual de la variable .....	39
2.5.2. Definición operacional de la variable .....	39
2.5.3. Operacionalización de la Variable .....	39
CAPÍTULO III .....	41
METODOLOGÍA .....	41
3.1. Método de investigación .....	41
3.2. Tipo de Investigación.....	41
3.3. Nivel de investigación .....	41
3.4. Diseño de investigación.....	41
3.5. Población y muestra .....	42
3.5.1. Población.....	42
3.5.2. Muestra .....	42
3.6. Técnicas e instrumentos de recolección de datos .....	42
3.7. Procesamiento de la información.....	43
3.8. Técnicas y análisis de datos.....	43
CAPÍTULO IV.....	44
RESULTADOS.....	44
4.1. Presentación de resultados específicos .....	44
CAPÍTULO V.....	79
DISCUSIÓN DE RESULTADOS .....	79
5.1. Discusión de resultados específicos.....	79
CONCLUSIONES .....	81

RECOMENDACIONES .....	82
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	83
ANEXOS .....	84



## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 – Variables de investigación.....	39
Tabla 2 – Operacionalización de las variables.....	40
Tabla 3 – Consideraciones mecánicas del muro gavión.....	54
Tabla 4 – Consideraciones geométricas del muro gavión.....	54
Tabla 5 – Análisis de falla del muro gavión.....	55
Tabla 6 – Características geométricas y propiedades mecánicas del terreno.	55
Tabla 7 – Análisis del muro gavión. ....	56
Tabla 8 – Detalle de cálculo del muro gavión.....	58
Tabla 9 – Consideraciones mecánicas del muro gavión.....	59
Tabla 10 – Consideraciones geométricas del muro gavión.....	59
Tabla 11 – Análisis de falla del muro gavión.....	60
Tabla 12 – Características geométricas y propiedades mecánicas del terreno. .....	60
Tabla 13 – Análisis del muro gavión. ....	61
Tabla 14 – Detalle de cálculo del muro gavión.....	63
Tabla 15 – Consideraciones mecánicas del muro gavión.....	64
Tabla 16 – Consideraciones geométricas del muro gavión.....	64
Tabla 17 – Análisis de falla del muro gavión.....	65
Tabla 18 – Características geométricas y propiedades mecánicas del terreno. .....	65
Tabla 19 – Análisis del muro gavión. ....	66
Tabla 20 – Detalle de cálculo del muro gavión.....	68
Tabla 21 – Consideraciones mecánicas del muro gavión.....	69
Tabla 22 – Consideraciones geométricas del muro gavión.....	69
Tabla 23 – Análisis de falla del muro gavión.....	70
Tabla 24 – Características geométricas y propiedades mecánicas del terreno. .....	70
Tabla 25 – Análisis del muro gavión. ....	71
Tabla 26 – Detalle de cálculo del muro gavión.....	73
Tabla 27 – Hoja de resumen de metrados. ....	74
Tabla 28 – Costo unitario por partida. ....	76
Tabla 29 – Presupuesto del muro gavión.....	78

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1- Ubicación geográfica de la zona de investigación. ....	17
Figura 2- Localización de la zona de intervención de la investigación. ....	17
Figura 3- Situación del puente kirahuanero. ....	18
Figura 4- Recubrimiento del alambre de la malla de gaviones.....	27
Figura 5- Flexibilidad de los muros de gaviones. ....	28
Figura 6- Permeabilidad de los muros de gaviones. ....	28
Figura 7- Gavión tipo caja. ....	30
Figura 8- Gavión tipo saco. ....	31
Figura 9- Gavión tipo colchón. ....	32
Figura 10- Diagrama de fuerzas.....	33
Figura 11- Diagrama de fuerzas verificación al volcamiento.....	34
Figura 12- Diagrama de fuerzas de las tensiones transmitidas al terreno. ....	35
Figura 13- Entorno del pirkasoft. ....	53
Figura 14- Resultados de análisis del muro de gavión.....	57
Figura 15- Resultados de análisis del muro de gavión.....	62
Figura 16- Resultados de análisis del muro de gavión.....	67
Figura 17- Resultados de análisis del muro de gavión.....	72

## RESUMEN

La investigación tuvo como problema general: ¿Cuál será la propuesta técnica para la protección contra socavaciones en los dados del puente Kirahuanero de la CC.NN. Kirahuanero – Provincia de Atalaya - Ucayali?, el objetivo general fue: Elaborar una propuesta técnica adecuada para la protección contra socavaciones en los dados del puente Kirahuanero de la CC.NN. Kirahuanero – Provincia de Atalaya - Ucayali, y la hipótesis general fue: La propuesta técnica de diseño de gaviones será una medida de protección contra socavaciones en los dados del puente Kirahuanero de la CC.NN Kirahuanero – Provincia de Atalaya – Ucayali.

El presente trabajo se aplicó el método de investigación científica, tipo de investigación aplicada, de nivel de investigación descriptivo – explicativo y el diseño de investigación no experimental de corte transversal. La población correspondió a la CC.NN. Kirahuanero de la Provincia de Atalaya en la Región Ucayali, se tomó como muestra el lugar donde se ubica el puente Kirahuanero.

La conclusión general fue: Con el diseño del sistema de muros gaviones se logra la protección total de los dados del puente kirahuanero contra las socavaciones, alcanzando la eficiencia al 100% de la operación de los muros gaviones, con ello se consigue el control de las socavaciones de los dados del puente.

**Palabras claves:** Socavaciones, Gaviones, Puentes, Dados.

## ABSTRACT

The general problem of the investigation was: What will be the technical proposal for the protection against undermining in the dice of the Kirahuanero bridge of the CC.NN. Kirahuanero - Atalaya Province - Ucayali ?, the general objective was: To elaborate an adequate technical proposal for the protection against undermining in the data of the Kirahuanero bridge of the CC.NN. Kirahuanero - Atalaya Province - Ucayali, and the general hypothesis was: The technical proposal for the design of gabions will be a protection measure against undermining in the dice of the Kirahuanero bridge of the Kirahuanero National Park - Atalaya Province - Ucayali.

The present work was applied the scientific research method, type of applied research, the research level descriptive - explanatory and the research design was non-experimental, cross-sectional. The population corresponded to the CC.NN. Kirahuanero of the Atalaya Province in the Ucayali Region, the place where the Kirahuanero bridge is located was taken as a sample.

The general conclusion was: With the design of the gabion wall system, the total protection of the Kirahuanero bridge dice against undermining is achieved, reaching 100% efficiency of the operation of the gabion walls, thereby achieving control of the undercuts of the bridge dice.

**Keywords:** Undermines, Gabions, Bridges, Dice.

## INTRODUCCIÓN

El presente trabajo investigativo se desarrolló en plena aplicación al Reglamento de Grados y Títulos de la Facultad de la Universidad Peruana Los Andes; se elaboró con mucho beneplácito la investigación titulado “Protección contra socavaciones en los dados del puente kirahuanero de la CC.NN. Kirahuanero provincia de Atalaya - Ucayali”; investigación que establece como propósito fundamental: Elaborar una propuesta técnica adecuada para la protección contra socavaciones en los dados del puente Kirahuanero de la CC.NN. Kirahuanero – Provincia de Atalaya - Ucayali..

Se define defensa ribereña a aquellas edificaciones de protección construidas para prever los daños ocasionados por las crecidas máximas de los ríos las áreas aledañas a estos cursos de agua durante la época de lluvias.

Esta investigación de tipología aplicada, considera el nivel descriptivo - explicativo; como diseño de investigación no experimental de corte transversal, y como técnicas de recopilación de data a las fuentes documentales, registros teniendo como instrumentos a las fichas técnicas. Como técnica para el análisis de datos se aplicó la estadística descriptiva el cual nos permitió conocer los resultados.

El trabajo desarrollado y presentado se justifica en razón de que no existen trabajos investigativos rigurosos en relación con el tema tratado, considerando que las recomendaciones buscaran mejorar la utilización de los gaviones para la protección contra socavaciones de los dados de los puentes, razón por el que se hace un planteamiento de diseño de muros gaviones, a fin de dar a conocer aquellos factores influyentes en el correcto funcionamiento de los gaviones, tomando para el caso de la investigación como referente el puente Kirahuanero de la CC.NN. Kirahuanero, Provincia de Atalaya, Departamento de Ucayali.

Con el diseño de los muros gaviones, se tiene una propuesta de control de socavaciones de los dados del puente, para ello es fundamental la implementación los estudios de ingeniería, elaborar el planteamiento hidráulico

de los muros gaviones, así como desarrollar su viabilidad como proyecto a nivel de ejecución mediante el cálculo del costo de construcción.

Para el entendimiento del tema investigado, la tesis se encuentra dividido mediante capítulos, explicándose cada capítulo de una manera directa y concreta en relación al tema investigado.

En el capítulo I, se describe el planteamiento del problema, formulación y sistematización del problema, la justificación, las delimitaciones, limitaciones y los objetivos de la investigación.

En el capítulo II, se describe la zona del proyecto, se redacta los antecedentes (internacionales y nacionales), el marco conceptual, la definición de términos, el planteamiento de las hipótesis y la identificación de variables de la investigación.

En el capítulo III, se redacta la metodología aplicada, describiéndose el método, tipo, nivel, diseño, población y muestra, técnicas e instrumentos de recolección de datos, procesamiento de la información y técnicas de análisis de datos de la investigación.

En el capítulo IV, se plasma los resultados obtenidos sobre el diseño de los muros gaviones.

En el capítulo V, se da la discusión de los resultados obtenidos sobre el diseño de los muros gaviones, y poder formular las respectivas conclusiones y recomendaciones a la investigación desarrollada, y finalmente redactar las referencias bibliográficas utilizadas en el desarrollo de la investigación.

En la parte final de la investigación, se anexan la documentación que sustenta el desarrollo de la investigación.

Bach. Castro Montes Polh Mc Godfrey

# CAPITULO I

## EL PROBLEMA DE LA INVESTIGACIÓN

### 1.1. Planteamiento del problema

Los puentes tienen importancia en el transporte vial, estos se presentan como punto de conexión entre las estructuras de comunicación que cruzan ríos, estos a su vez deben asegurar estabilidad frente a la acción dinámica de los ríos para esto se debe realizar un estudio minucioso, el cual consiste en la ubicación de la estructura vial y el cálculo de las profundidades de socavación producidas en la interacción de los ríos con la subestructura del puente.

El fenómeno de la socavación es la causa hidráulica más frecuente de fallo, esta a su vez es la combinación de distintos procesos, unos a largo plazo y otros transitorios (avenidas), este fenómeno hoy en día es tomado como línea de investigación debido a la importancia que conlleva su estudio.

El fenómeno de socavación en estribos de puentes es semejante en cuanto al sistema de vórtices y a las propiedades del régimen de agua clara y de lecho vivo, sin embargo, la máxima erosión en estribos se produce en la cara de aguas arriba.

Uno de los factores relevantes que influyen en la socavación es la morfología fluvial o fluviomorfología, este estudia las formas fluviales y el mecanismo mediante el cual un río ha llegado a ellas, a partir de ello se puede inferir el comportamiento futuro del río.

Por ello, la presente investigación busca plantear la protección contra la socavación en los dados del puente Kirahuanero de la CC.NN. Kirahuanero – Provincia de Atalaya - Ucayali.

## **1.2. Formulación y sistematización del problema**

Ante esta disposición se plantea la siguiente interrogante como problema general:

### **1.2.1. Problema general**

¿Cuál será la propuesta técnica para la protección contra socavaciones en los dados del puente Kirahuanero de la CC.NN. Kirahuanero – Provincia de Atalaya - Ucayali?

### **1.2.2. Problemas específicos**

a) ¿Cuáles serán los estudios previos a realizar para la protección contra socavaciones en los dados del puente Kirahuanero de la CC.NN. Kirahuanero – Provincia de Atalaya – Ucayali?

b) ¿Cuál será la metodología de diseño para la protección contra socavaciones en los dados del puente Kirahuanero de la CC.NN. Kirahuanero – Provincia de Atalaya – Ucayali?

c) ¿Cuáles serán los costos de construcción para la protección contra socavaciones en los dados del puente Kirahuanero de la CC.NN. Kirahuanero – Provincia de Atalaya – Ucayali?

## **1.3. Justificación**

### **1.3.1. Práctica**

En el presente trabajo de investigación, en base a los resultados encontrados se anhela solucionar los obstáculos en la socavación los dados del puente Kirahuanero a consecuencia de la crecida de las aguas pluviales en época de avenidas, Por ende, como se describe, la contribución del presente estudio, se justifica socialmente con el fin de evitar problemas posteriores en el entorno social.

### **1.3.2. Teórica**

El proyecto propuesto se justifica porque se elige la mejor solución técnica como alternativa que asegura la protección de los



datos del puente contra la socavación que pueda sufrir, todo ello en relación a la norma vigente, con el fin de alcanzar con los objetivos y en merced de la población del CC.NN de Kirahuanero

### 1.3.3. Metodológica

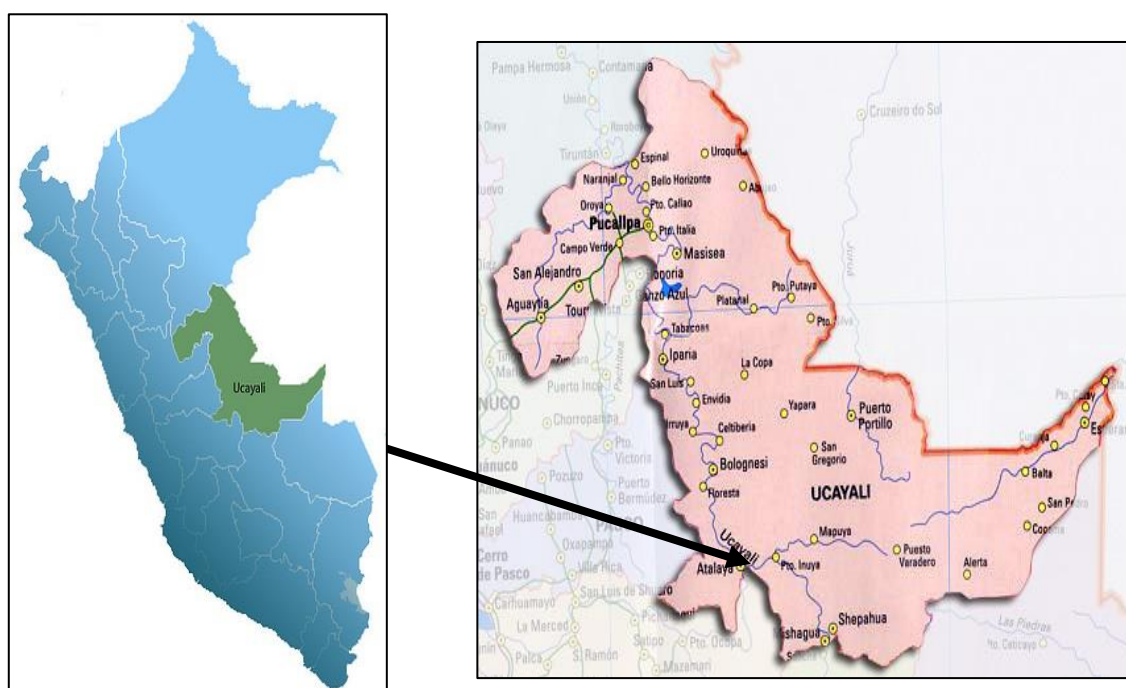
El Método de recolección y procesamiento de datos para el siguiente estudio son: tablas, cuadros, libros y software, que luego del estudio pueden ser utilizados como base para otros estudios de similares características.

## 1.4. Delimitaciones

### 1.4.1. Espacial

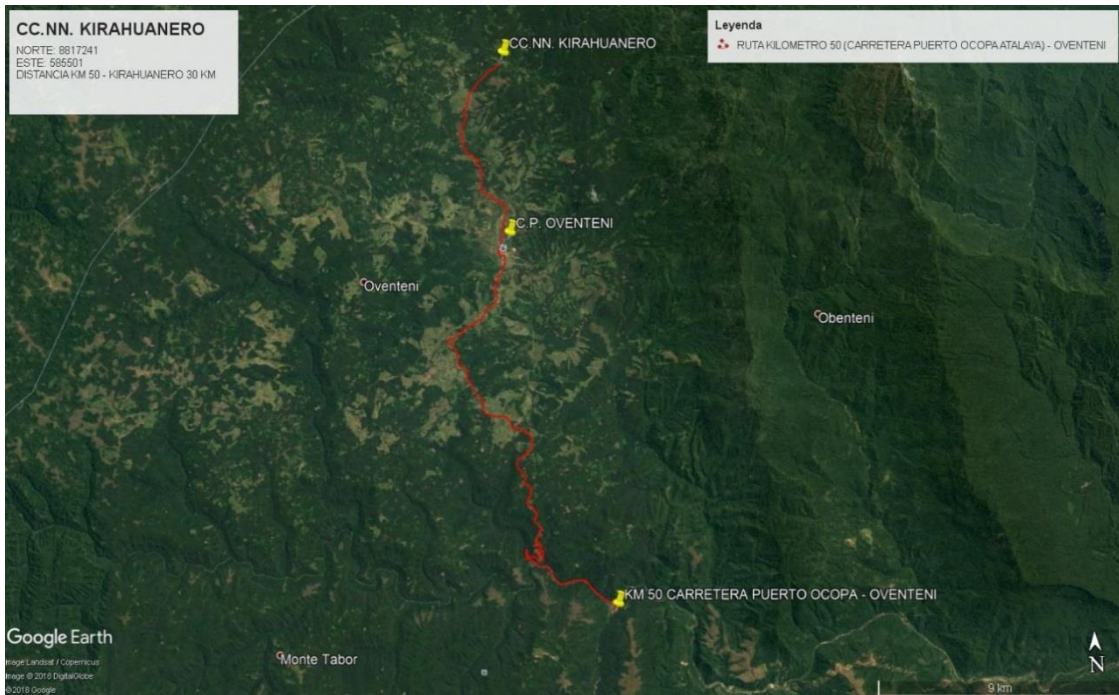
La investigación se realizó en el puente Kirahuanero ubicado en la CC.NN. Kirahuanero de la Provincia de Atalaya en la Región Ucayali.

Figura 1- Ubicación geográfica de la zona de investigación.



Fuente: <https://www.deperu.com/calendario>

Figura 2- Localización de la zona de intervención de la investigación.



Fuente: <https://www.google.com/maps>

**Figura 3- Situación del puente kirahuanero.**



Fuente: Expediente técnico “creación de protección contra socavaciones en los dados del puente kirahuanero de la CC.NN. Kirahuanero en el C.P. Oventeni, distrito de Raimondi, provincia de Atalaya – Ucayali”.

### **1.4.2. Temporal**

El trabajo de investigación se llevó a cabo en 06 meses, iniciando en noviembre del 2020 hasta abril del Año 2021.

### **1.4.3. Económica**

El presupuesto destinado en la elaboración del presente trabajo de investigación, no fue inconveniente económico alguno. El gasto mencionado fue asumido en su totalidad por el investigador de la presente tesis.

## **1.5. Limitaciones**

Básicamente la limitación de la investigación se centró en la no accesibilidad a la información del expediente técnico “creación de protección contra socavaciones en los dados del puente kirahuanero de la CC.NN. Kirahuanero en el C.P. Oventeni, distrito de Raimondi, provincia de Atalaya – Ucayali”.

## **1.6. Objetivos**

### **1.6.1. Objetivo general**

Elaborar una propuesta técnica adecuada para la protección contra socavaciones en los dados del puente Kirahuanero de la CC.NN. Kirahuanero – Provincia de Atalaya - Ucayali.

### **1.6.2. Objetivos específicos**

a) Desarrollar los estudios previos para la protección contra socavaciones en los dados del puente Kirahuanero de la CC.NN. Kirahuanero – Provincia de Atalaya - Ucayali.

b) Aplicar la metodología de diseño para la protección contra socavaciones en los dados del puente Kirahuanero de la CC.NN. Kirahuanero – Provincia de Atalaya - Ucayali.

c) Determinar los costos de construcción para la protección contra socavaciones en los dados del puente Kirahuanero de la CC.NN. Kirahuanero – Provincia de Atalaya - Ucayali.

## CAPITULO II

### MARCO TEÓRICO

#### 2.1. Antecedentes

##### 2.1.1. Internacionales

**Galaton. (2007), Sustento: “Descripción de las defensas ribereñas”** El Objetivo General es: Determinar las clases de defensas que se necesita emplear para asegurar las estructuras adyacentes al río. En conclusión el presente estudio aclara que en varios casos las estructuras de defensas ribereñas son dimensiones con una falla conceptual, ya que están expuestas a la velocidad del agua en su cimiento, lo que ocasiona socavamiento y erosión al pie de la obra. Un método aceptado para prevenir este problema es la plataforma de deformación, que es integrado por gaviones tipo colchón, son componentes flexibles que se colocan delante de la estructura, en caso de deformación, acompañan la erosión del fondo, impiden que este alcance el cimiento de la estructura y la dañen.

**Daniel. (2007), Expresa: “El concepto de seguridad en obras de defensa contra inundaciones urbanas”.** Su investigación se enfoca en mostrar aspectos vinculados a las situaciones de seguridad relativa, que aplican las obras de defensa ante inundaciones en áreas urbanas, tomando como muestra testigo los casos de las inundaciones padecidas en las ciudades de Santa Fe y Pergamino. En conclusión: Es evidente que el proceso de inundación urbana, por desbordes de ríos y arroyos, es claramente un fenómeno por la actividad del hombre y se debe principalmente a la ocupación paulatina de los valles de inundación de los ríos. La medida de protección dada por la reubicación de las viviendas en zonas sin riesgos de inundación resulta una acción, aunque lógica y natural, sumamente difícil de llevar a la práctica, principalmente en centros urbanos muy

desarrollados. La construcción de terraplenes de defensa, presas de regulación y otras medidas estructurales cumplen, sin dudas, un rol importante en la reducción de algunos riesgos. Tienen un efecto inmediato y aumentan, en cierto sentido, el nivel de seguridad de la zona protegida.

**Baltazar. (2002), Sustento: “Diagnóstico de la situación del río colina y análisis de su estabilidad frente a crecidas pluviales”.** En la línea central de esta memoria, para hacer posible un diagnóstico a partir del cual se aborde una posterior etapa de diseño en ingeniería, se precisa atender los siguientes aspectos: Comprender la alteración que ha introducido la extracción de áridos en el cauce natural del Río Colina, en los tramos rural y urbano de la Comuna de Colina. Conocer el marco regulatorio nacional que rige la actividad, establecer las condiciones reales de cumplimiento y analizar sus debilidades. Desarrollar antecedentes técnicos indispensables para establecer la vulnerabilidad del cauce en el tramo seleccionado. Y recomienda en su investigación. En cuanto a los resultados del análisis de la caracterización y modelación del tramo del Río Colina en estudio, se estableció una clara concordancia con la evidencia de terreno. Se recomienda la paralización de la actividad extractiva en el tramo Puente Esmeralda - Puente Colina. El tramo de aguas arriba es factible de explotar, dada la amplitud de los perfiles transversales. Se sugiere un encauzamiento del tramo.

### **2.1.2. Nacionales**

**Olivos. (2006), Sustento: "Estudio de defensas ribereñas del tramo urbano del río tumbes”.** La presente tesis describe el comportamiento, características y problemática del río Tumbes, mostrando la información básica necesaria para desarrollar el estudio: hidrología, hidráulica, topografía, sedimentología, geología y geotecnia; la cual contempla todos los parámetros

hidrológicos, sedimentológicos e hidráulicos que tienen influencia sobre en el funcionamiento de la estructura de protección. Muestra una metodología para diseñar un buen sistema de protección. Describe los sistemas de protecciones ribereñas más usados en el mundo.

**Cisneros. (2008), Sustento: “Estudio de encauzamiento y diseño de defensas ribereñas en el río reque”.** Proponen que es conveniente el empleo de los métodos de Gumble y Log-Pearson III para determinar el caudal máximo promedio en la zona de Carhuaquero. De igual forma, el tipo de estructuras empleadas en el diseño del encauzamiento y defensa de márgenes han sido seleccionados en base a criterios técnicos y económicos, mediante el uso de espigones por las siguientes razones: a) Son más comunes ya que se trata de fijar las orillas al menor costo posible. b) Son construidos sobre todo en aquellos lugares donde por razones especiales no es posible el uso de diques continuos a lo largo de las márgenes. c) Por las condiciones desfavorables que presenta el material del cauce para el empleo de diques de tierra, ya que se trata de suelos arenosos.

**Cueva. (2006), Sustento: “Diseño de encauzamiento y defensas ribereñas en el río motupe-sector pueblo joven el salvador”**, proponen una estructura de encauzamiento y defensa de márgenes mediante espigones, teniendo en cuenta los aspectos técnicos económicos; empleando para su construcción roca de cantera y siendo 14 el número de espigones necesarios, de los cuales 12 son de formación y 2 de lanzamiento. Calcularon una descarga máxima instantánea de  $Q=1350\text{m}^3/\text{s}$ , pero debido a que el cauce del río Motupe no puede evacuar todo ese caudal, la Dirección Ejecutiva del Proyecto Olmos - Tinajones (Depolti) realiza trabajos para derivar el río Motupe por su cauce antiguo y evacuar un caudal de 800 a  $1000\text{m}^3/\text{s}$ . el caudal remanente (250

– 350m<sup>3</sup>/s) podrá ser evacuado por el cauce actual del río por lo que las defensas ribereñas de la ciudad de Jayanca que han sido diseñadas para un caudal de 350m<sup>3</sup>/s.

## **2.2. Marco conceptual**

### **2.2.1. Teorías de la Investigación**

#### **2.2.1.1 Erosión**

En definición: erosión, socavación o degradación, es el desplazamiento que realiza el flujo de agua de las partículas que constituyen el cauce, esto ocasiona una socavación o propagación del lecho. (Rocha, 1998).

**Causas de la erosión fluvial:** Existen diferentes condiciones en las que se producen algún tipo de erosión. Entre ellos, destacamos los siguientes:

**a) Incremento de caudal:** Cuando sucede una inundación, o solo un incremento de caudal, también incrementa la velocidad media de la corriente, la fuerza tractiva y la capacidad de transporte. Este es un tipo de inicio de la erosión y que puede provocar a un acorazamiento del lecho, a una erosión generalizada, a erosiones locales en determinados puntos, etc. Cuando el incremento de caudal se mezcla con otras circunstancias, los fenómenos de erosión pueden llegar a mayores consideraciones. (Rocha, 1998).

**b) Interrupción del transporte sólido:** El río tiene una inclinación a un estado de equilibrio. Si por alguna circunstancia se interfiere o reduce el aporte sólido el río mantiene su volumen de transporte, pero debido a que tiene menos materiales densos obtiene éstos del cauce del río. El resultado es la erosión generalizada y la socavación del cauce. (Rocha, 1998).

**c) Estrechamiento del cauce:** A menudo, debido a diferentes condiciones, el ancho de la sección del río se vuelve estrecho. Esto acontece cuando el cauce del río se ha reducido de forma exagerada del ancho del río. En otras ocasiones la disminución excesiva del cauce de río se asocia con la edificación de puentes. Independientemente de la causa del estrechamiento existe una reducción del ancho del río, esto significa un incremento en la velocidad y del volumen de transporte del flujo. La consecuencia es la socavación del cauce. (Rocha, 1998).

**d) Flujo en curva:** Existe una tendencia a la erosión en el borde exterior en el recorrido del río. Por otro lado, en el borde interior existe acumulación de sedimento o material transportado. Esto se debe a la crecida del río en épocas de lluvias. En ciertas circunstancias se necesita neutralizar las secuelas y en otros provecharlo. El borde exterior debería cubierta de erosión. Se puede utilizar a defensas continuas o a un sistema de espigones. (Rocha, 1998).

**e) Confluencia fluvial:** Aguas abajo en la intersección con un río a fluente libre de sedimentos es propenso a una erosión. Lo mismo sucede aguas abajo en ríos confluentes. (Rocha, 1998).

**f) Pilares y estribos:** En el caso de la presencia de componentes externos, como pilares o estribos de un puente, la zona es más propensa a erosión local por la formación de remolinos “vórtices”. (Rocha, 1998).

**Transporte de sedimentos:** Tomando un ejemplo aplicativo: Donde la base de un canal es rígido, por ejemplo de concreto, la sección transversal está



establecido, para ello la ecuación como la de MANNING o CHEZY para hallar las diferentes variables.

El desgaste está en relación de la pendiente, rugosidad del contorno y tamaño de la sección transversal. Mientras, en la base móvil, el cauce está expuesto a efecto de erosión y sedimentación. Esto no solo define una configuración variable de la base, a su vez un cambio en la resistencia al escurrimiento, expresada en términos de rugosidad. Del mismo modo, los cambios morfológicos de la sección transversal determinan variaciones en el transporte sólido, con lo que el problema se complica más. (Rocha 1998).

**Encauzamiento:** Un encauzamiento en el sentido amplio, es cualquier arreglo o intervención que toma un tramo de un río (tramo de cauce) como su objeto de actuación primordial. Con esta definición se excluyen por ejemplo las obras de aprovechamiento del río, y otras estructuras que interaccionan con la misma. (Martín, J. 2002)

#### **2.2.1.2 Defensas ribereñas**

Define a las estructuras de protección construidas para proteger de las crecidas máximas de los ríos las áreas aledañas a estos cursos de agua durante la crecida

#### **2.2.1.3 Gaviones**

Una estructura de gaviones es una maniobra entre mallas de cable y piedra de diferentes tamaños” (Neermal, M. 2012). Esta clase de estructuras encontramos diferentes patentes; en otras palabras, los fabricantes y proveedores pueden gestionar criterios propios para sus mercaderías. Para este estudio se

tendrá en cuenta las recomendaciones y definiciones de fabricantes, que coinciden y se tienen en cuenta para proyectos nacionales.

CIDELSA (2017) menciona las siguientes propiedades técnicas en muros de contención con gaviones:

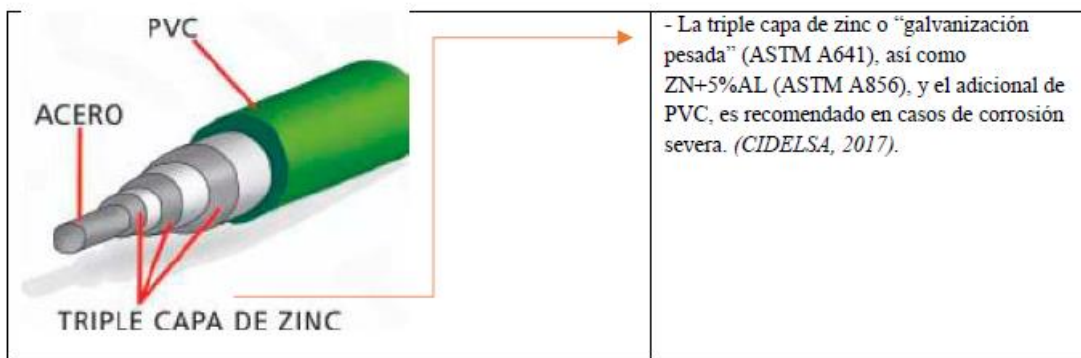
La elaboración de los muros de gaviones es sumamente sencillo, pero la estructura final poseerá especificaciones técnicas relevantes. Considerando lo mencionado, se considera como estructuras a los muros de gaviones:

- ✓ **Monolíticas:** Los componentes para la estructuras en gaviones están conectados entre sí con amarres ejecutados a lo largo de todos los bordes en contacto. El producto es un componente uniforme que posee las mismas particularidades de resistencia en todos los puntos de la estructura.
- ✓ **Resistentes:** La idea que una estructura de malla metálica carece de resistencia estructural o durabilidad es un concepto erróneo. La red utilizada son elaboradas en malla hexagonal de doble torsión. Esta clase malla permite una distribución más homogénea de los esfuerzos a los que están sujetas y tienen resistencia nominal a la tracción. La doble torsión evita que red se deshaga si alguno de los alambres que lo componen se rompe.
- ✓ **Durables:** Para avalar máxima durabilidad, los alambres toman recubrimientos especiales para no ser corroídos. Estos recubrimientos, sometidos a los alambres que integran las mallas de los gaviones, aseguran que el daño a la estructura será relativamente lenta y sin efectos adversos graves que

los especificados en cualquier tipo de solución, incluso cuando se utiliza en entornos agresivos.

La triple capa de zinc o "galvanización pesada", permite un buen recubrimiento contra corrosión y abrasión. La capa plástica adicional que recubre el alambre, que avala toda la estructura en lugares corrosivos o contaminados.

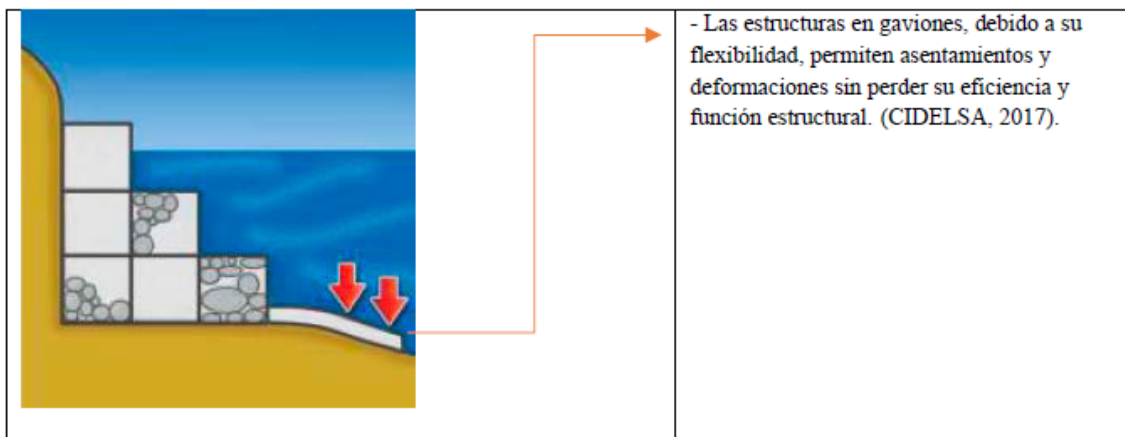
**Figura 4- Recubrimiento del alambre de la malla de gaviones.**



Fuente: CIDELSA, 2017.

- ✓ **Flexibles:** admiten que las estructuras se adapten a la deformación y movimiento del suelo, sin perder su estabilidad y eficiencia. Así mismo admite, en muchos casos, deformar la estructura mucho antes se derrumbe, lo que ayuda a diagnosticar el problema de forma anticipada y permitiendo el diagnóstico precoz del problema y dando la posibilidad de intervenir en el proceso de restauración, disminuyendo costos y previniendo accidentes trágicos.

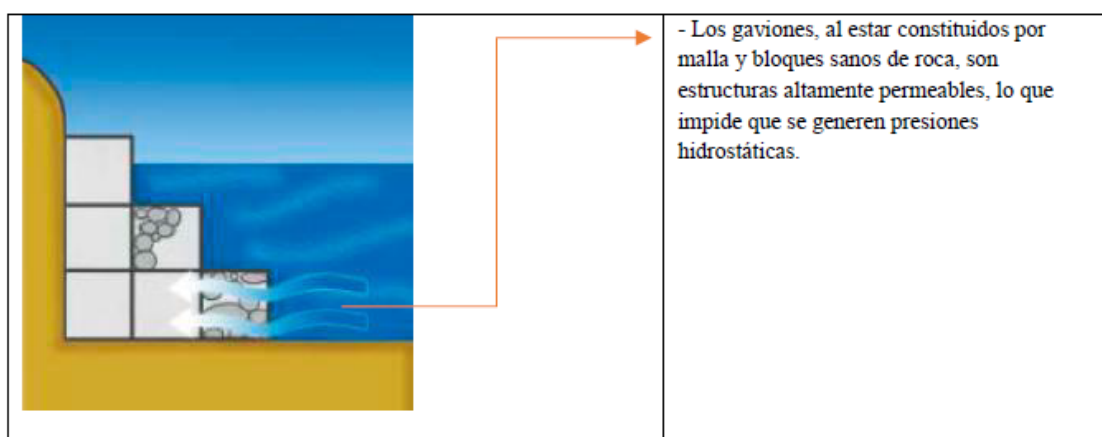
**Figura 5- Flexibilidad de los muros de gaviones.**



Fuente: CIDELSA, 2017.

- ✓ **Permeables:** Un sistema de drenante eficiente es esencial para un buen desempeño y longevidad de muro de contención. Los muros de gaviones, debido a las propiedades inherentes del material que están hechos, son completamente permeables y por lo tanto, autodrenantes, descargando completamente las presión hidrostático sobre el muro. Es importante señalar que las fallas de drenaje es el origen más frecuente de inestabilidad de muro de gaviones.

**Figura 6- Permeabilidad de los muros de gaviones.**



Fuente: CIDELSA, 2017.

a) CIDELSA (2017) Utilización muro de gaviones:

Los muros de contención de gaviones se utilizan principalmente en las carreteras, ferrocarriles, defensas ribereñas, así como en otras instituciones públicas y privadas en los siguientes casos:

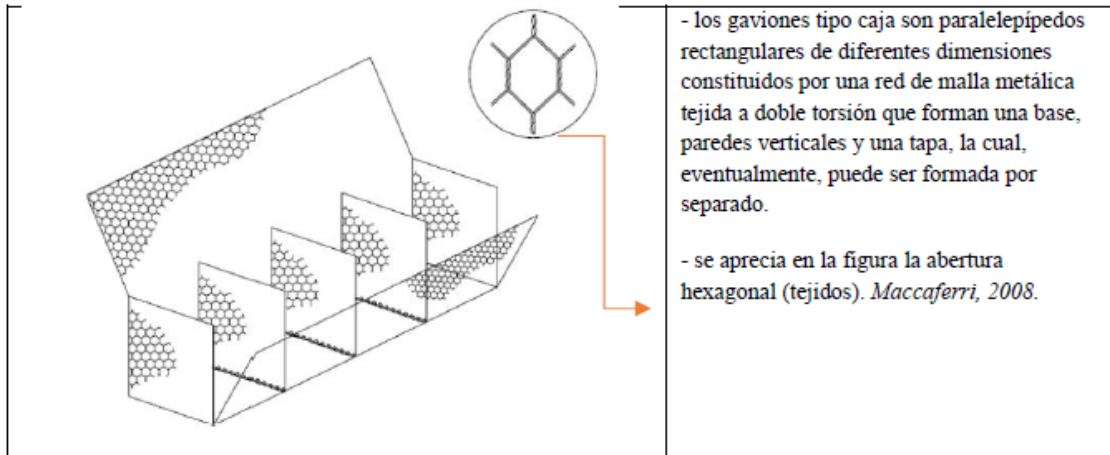
- ✓ Solucionar de derecho limitado de vía, confinando los taludes en los linderos prácticos.
- ✓ Desarrollar proyectos de separación de niveles y ampliación de caminos.
- ✓ Estabilizar taludes muy inclinados en corte o en terraplén.
- ✓ Restaurar deterioros en los bordes de las carreteras.
- ✓ Impedir erosión de márgenes.
- ✓ Estabilización de muros y protección de la subestructura de puentes.
- ✓ Edificar plataformas para carga.
- ✓ Construir playas de estacionamiento.
- ✓ Construir muros de protección y barricadas.

b) Maccaferri (2008) Las clases de gaviones como las dimensiones y características de la malla que forma la caja es la siguiente:

- ✓ **Tipos de caja:** Las cajas forman paralelepípedos que típicamente se caracterizan por tener áreas en la base de 1 m<sup>2</sup> y alturas de 0,50 a 1 m. La separación interna de las cajas en elementos se hace mediante diafragmas espaciados cada metro, de esta manera, se facilita el montaje, relleno y la flexibilidad de los elementos. Son elementos muy versátiles que utilizan en prácticamente todas las aplicaciones de uso de gaviones mencionadas. La malla está conformada por acero de bajo contenido de carbono, revestido con aleación GalFan, además, se puede utilizar un

recubrimiento plastificada adicional contra exposiciones severas de corrosión. La siguiente figura muestra el dibujo de un gavión tipo caja.

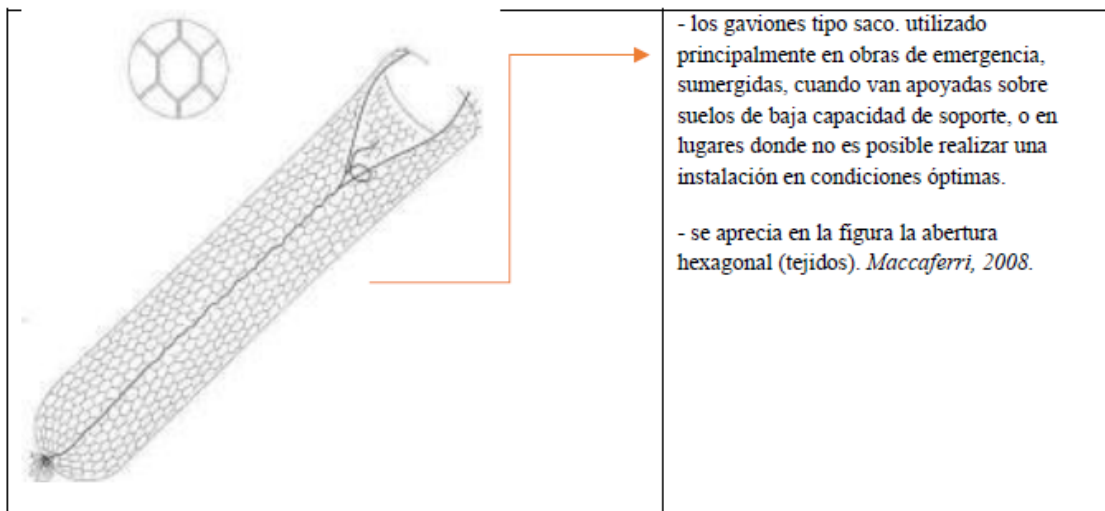
**Figura 7- Gavión tipo caja.**



Fuente: Maccaferri, 2008.

- ✓ **Tipos de saco:** Son gaviones hechos por un solo paño de malla y un alambre grueso que se pasa de manera alternada por la malla para sellarlo. Las medidas estandarizadas de este tipo de gavión alternan de 2 a 5 metros de largo y el diámetro de alrededor de 0,65 m. El diseño de este gavión permite el llenado rápido y colocado con maquinaria para su acoplamiento. Este tipo de gaviones son utilizados principalmente en obras de emergencia o donde no hay fácil acceso. La malla está conformada por acero de bajo contenido de Carbono, revestido con aleación GalFan, además, se puede utilizar un revestimiento plastificado adicional contra exposiciones severas de corrosión. La siguiente figura muestra un gavión tipo saco.

**Figura 8- Gavión tipo saco.**

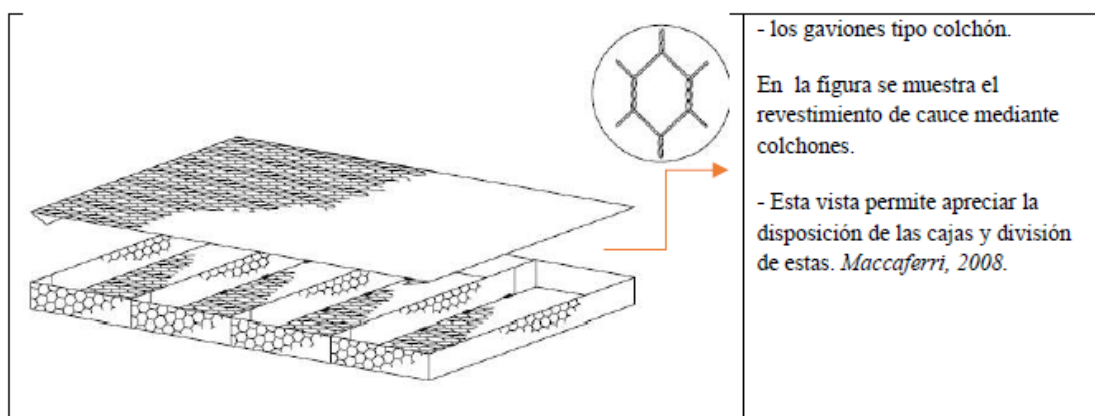


**Fuente: Maccaferri, 2008.**

- ✓ **Tipo colchón:** El gavión en forma de colchón se utiliza en estructuras de cubierta para proteger de la erosión en ríos y para estructuras de disipación. Estos gaviones se definen por poseer el grosor de 17 a 30 cm, ancho de 2 metros y largos de 3-6 m.

También, se utiliza de 3 a 5 diafragmas de acuerdo a las indicaciones de la estructura y de la obra. La malla está hecha por acero de bajo contenido de carbono, recubierto con aleación GalFan, asimismo, se usa un recubrimiento de plastifico adicional frente a la exposición de corrosión severa. La siguiente figura muestra un gavión tipo colchón.

**Figura 9- Gavión tipo colchón.**



Fuente: Maccaferri, 2008.

**Aplicación en medio hidráulico:** Rocha Arturo, (1998). Manifiesta que "Los gaviones metálicos constituyen uno de las soluciones más aplicadas en el medio hidráulico desde hace más de un siglo. Gracias a su gran versatilidad y resistencia son aptos para todo tipo de emplazamientos, desde el origen de los ríos hasta se desembocadura en lagos, embalses y en el mar."

#### **2.2.1.4 Diseño de muros gaviones**

Rojas Martínez, (2009). Menciona el diseño adecuado se debe contar las siguientes características:

- 1) Los elementos del muro de gavión deben poder soportar los esfuerzos de corte y momento internos generados por las presiones del suelo y demás cargas.
- 2) El muro de gavión deben ser resistente y firme al desplazamiento lateral.
- 3) El muro de gavión debe ser seguro contra un posible volcamiento.
- 4) Las presiones no deben sobrepasar la capacidad de soporte del piso de fundación.

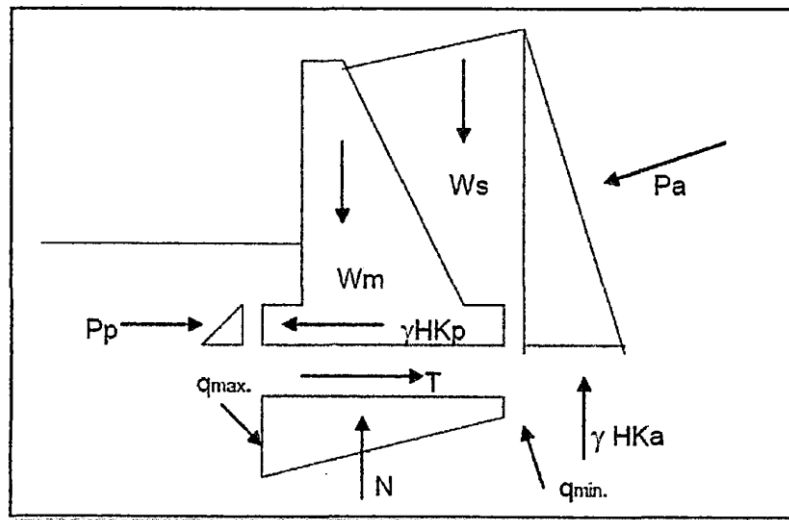
**Verificación de estabilidad de una estructura:**



**a. Verificación al deslizamiento:** Es necesario realizar pruebas de verificación de estabilidad luego de haber realizado el diseño de cualquier estructura, y entre estas pruebas está la llamada verificación al deslizamiento.

Es necesario tomar en cuenta en la práctica, el suelo del frente del muro, solamente hasta la altura de la base del muro en el análisis de estabilidad contra deslizamiento. El suelo en esta parte provee una presión pasiva resistente cuando el muro tiende a deslizarse dentro de ésta. Por lo tanto, si el suelo fuera excavado por alguna razón, después de que el muro sea construido, esta presión pasiva dejaría de ser efectiva y se tendría una falla por deslizamiento en potencia (ver figura 10)

**Figura 10- Diagrama de fuerzas.**



Fuente: Rojas Martínez, (2009).

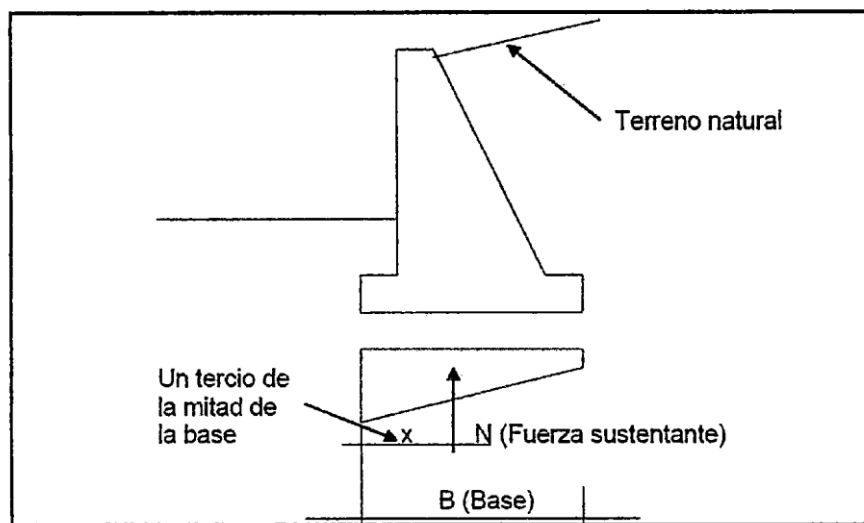
**b. Verificación al volcamiento:** El empuje sobre un muro tiende a volcarlo alrededor de su pie o base. Este momento de volteo es equilibrado por el momento que desarrolla el peso del muro. Cualquier muro debe ser estable contra volteo alrededor del pie o base.

Para realizar este análisis de estabilidad contra volcamiento, tenemos que (ver figura 11)

- a. El momento estabilizante dividido el momento de volteo es igual al factor de seguridad contra volteo.
- b. El momento estabilizante está dado por el peso de la estructura, el peso de suelo, la componente vertical del empuje y el empuje pasivo del frente del muro.
- c. El momento de volteo está dado por el empuje horizontal que actúa sobre el muro.
- d. El factor de seguridad contra el volcamiento generalmente se toma como 1.5, aunque puede ser mayor.
- e. Por lo general, si la resultante  $N$  cae en el tercio de la mitad de la base, la estabilidad contra volteo es adecuado.

El momento estabilizante dividido el momento de volteo es igual al factor de seguridad contra volteo.

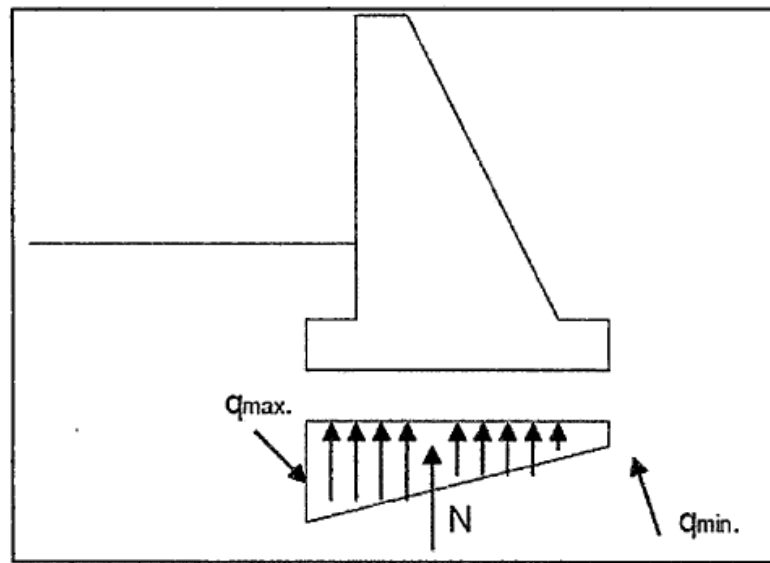
**Figura 11- Diagrama de fuerzas verificación al volcamiento.**



Fuente: Rojas Martínez, (2009).

**c. Verificación de las tensiones transmitidas al terreno:** Es necesario no exceder la capacidad portante del suelo. Cabe mencionar que hay una distribución lineal de tensiones en el suelo cuando sucede que la resultante cae dentro del núcleo central de las tensiones resultantes. (Ver figura 12)

**Figura 12- Diagrama de fuerzas de las tensiones transmitidas al terreno.**



Fuente: Rojas Martínez, (2009).

### 2.3. Definición de términos

- 1. Hidrología:** Ciencia que estudia toda las aguas de la corteza terrestre, desde su procedencia, movimiento y su distribución temporal y espacial incluyendo el ciclo hidrológico las propiedades físicas, químicas, entre otros del agua.
- 2. Diseño de obras hidráulicas:** Para realizar estos estudios, se suele utilizar modelos matemáticos que demuestran el comportamiento de toda la cuenca en estudio. El conocimiento preciso del comportamiento hidrológico de un río, arroyo, o de un lago es fundamental para delimitar áreas propensas a eventos climáticos severos; además de predecir el correcto de obras de infraestructura vial.

3. **Hidráulica:** Rama de la física e ingeniería que estudia las propiedades mecánicas del agua dependiendo a las fuerzas a las que son sujetos, una tecnología que se emplea el agua necesaria para hacer funcionar o mover un equipo a lo que le llamamos mecánica de fluidos.
4. **Protección y Revestimiento de orillas:** Son estructuras de ingeniería que previene el desgaste y erosión de los taludes de las orillas y los diques construidos en las riveras de un río y el revestimiento es la defensa de orillas que recubre de manera continua con materiales resistentes al desgaste.
5. **Muro de protección:** Es la defensa en las riveras construidas por muros verticales de contención de material deslizante, que es utilizado para prevenir caídas de taludes o cuando el área es reducida.
6. **Encauzamiento de un río:** Es el grupo de obras de ingeniería con el fin de proteger frente a inundaciones, también para la protección de márgenes de los ríos, construido para conducir el flujo por un rumbo determinado.
7. **Obra permeable:** son componentes de encausamiento constituido por pilones, grupo de pilones o diferentes elementos distanciados entre sí, que ocasionan sedimentado al disminuir de la velocidad.
8. **Obra sólida (o impermeable):** Se compone de elementos de encauzamiento continuo conformado por rocas y sacos llenos de concreto o distintos materiales que le dan un aspecto macizo, aunque el agua pase por ellas; entonces no es impermeable. Debido a su dureza conduce la corriente en la dirección deseada.
9. **Bolsacretos:** Son bolsas de fibra de polipropileno o geotextil rellenos con hormigón, concreto o suelo - cemento; las dimensiones van de acuerdo requerimiento de cada proyecto y depende a las fichas técnicas para el tipo de proyecto que se va a construir. Se utiliza para la construcción de obras de control de erosión, particularmente en

playas, orillas de los ríos, espigones, muros, presas y recubrimientos superficiales.

**10.Hexápodos:** Son bloques de Hormigón que se pueden construir de diversas formas, sin embargo mantener su forma hexagonal; posicionados uno sobre otro forman los llamados espigones o espolones.

**11.Thalweg:** Proviene de la palabra alemán que significa “camino del valle”, que es el recorrido de la corriente del agua donde el cauce es más profundo y el flujo es más rápido. El Thalweg generalmente es un río divagante formando meandros en el valle.

**12. Sinuosidad:** Es el recorrido de las curvas continuas o zigzagueantes de un río o es un río meándrico lleno de obstáculos en su recorrido. Un río se considera semirrecto cuando la sinuosidad es menor de 1.1 y se considera meándrico cuando la sinuosidad es mayor de 1.5. Cuando la sinuosidad se encuentra entre 1.1 y 1.5 se dice que el río es sinuoso, aunque algunos autores (Brice, 1983) consideran que un río es meándrico cuando la sinuosidad es mayor de 1.25.

**13.Barras:** Una barra es la formación de tierra de un cuerpo de agua o depósito de sedimento a lado de la rivera o dentro del cauce del río. Está constituida por arena en aguas que no son tan profundas y puede ser de otro material más grueso que se arrastra por la corriente y fuerza del río.

**14. Sistema de prevención y control:** Se Trata de diseñar estructuras para prevención con ayuda de principios y tecnología de ingeniería.

**15.Erosión:** La erosión es la degradación del suelo comprende a la pérdida de la capa superficial de la tierra por la acción del agua, del viento o de la actividad humana.

**16.Ribera de río:** Se trata de la margen de un cuerpo de agua de gran tamaño, por ejemplo, como la orilla del mar, o de menor tamaño como

un río. La terminología se refiere al área de terreno que colinda a océanos, mares, lagos, ríos o quebradas.

**17. Interposición de elementos entre la orilla erosionada y la corriente**

**de agua:** Es una técnica de defensa en la orilla de los ríos, podrían ser recubrimiento de orillas o de pantallas.

**18. Disminución de la capacidad erosiva de la corriente de agua:**

Son componentes para el control de dinámica del río.

**19. Esfuerzo de cortante crítico de iniciación de movimiento:**

El esfuerzo cortante mínimo que se necesita para iniciar la dinámica de las partículas.

## **2.4. Hipótesis**

### **2.4.1. Hipótesis general**

La propuesta técnica de diseño de gaviones será una medida de protección contra socavaciones en los dados del puente Kirahuanero de la CC.NN Kirahuanero – Provincia de Atalaya – Ucayali.

### **2.4.2. Hipótesis específicos**

a) Los estudios previos para la protección contra socavaciones en los dados del puente Kirahuanero de la CC.NN Kirahuanero – Provincia de Atalaya - Ucayali son; estudio de mecánica de suelos, estudio hidrológico y estudio topográfico.

b) La metodología adecuada para la protección contra socavaciones en los dados del puente Kirahuanero de la CC.NN Kirahuanero – Provincia de Atalaya - Ucayali; será la metodología de diseño de gaviones tipo cajón.

c) El costo de construcción para la protección contra socavaciones en los dados del puente Kirahuanero de la CC.NN Kirahuanero – Provincia de Atalaya - Ucayali, garantiza la viabilidad del proyecto.

## 2.5. Variables

### 2.5.1. Definición conceptual de la variable

Se considera variable a aquella que presenta una característica, cualidad o propiedad sobre un fenómeno o hecho que tiende a variar y que puede ser medido y/o evaluado.

**X = Socavaciones en los dados del puente.**

**Definición:** Se denomina socavación a la excavación profunda producida por el agua, viene a ser uno de los tipos de erosión hídrica. La protección de los dados de un puente contra socavación consiste en tomar todas aquellas medidas con el fin de hacerlo menos vulnerable a daños.

**Y = Diseño de Gaviones.**

**Definición:** El gavión es un paralelepípedo rectangular en forma de ladrillo de construcción conformado por una malla de alambres acerados, que posee un tratamiento especial de protección por ser galvanizado y plastificado. Se instalan en la base de las obras para ser armados posteriormente, y son llenados con material rocoso de canto rodado o piedra chancada de peso y tamaño específico y determinad. Los muros de gaviones son de fácil de construir en menor tiempo y no necesita de personal calificado.

### 2.5.2. Definición operacional de la variable

Para la investigación se ha considerado las siguientes variables:

**Tabla 1 – Variables de investigación.**

<b>Variable Independiente</b>	<b>Variable Dependiente</b>
Diseño de gaviones	Socavación en los dados del puente

Fuente: Elaboración propia.

### 2.5.3. Operacionalización de la Variable

**Tabla 2 – Operacionalización de las variables.**

VARIABLES	DIMENSIONES	INDICADORES	ESCALA DE MEDICION
Diseño de Gaviones	Parámetros del diseño hidráulico y estructural de gaviones	Pendiente media del cauce.	m/m
		Secciones transversales del cauce.	m <sup>2</sup>
		Capacidad de arrastre de sedimentos del flujo.	Mm
		Caudales máximos.	m <sup>3</sup> /s
		Velocidad de Flujo.	M
		Longitud del gavión.	M
		Altura del gavión.	Adimensional
		Ancho del gavión.	m/s
Socavación de dados del Puente	Parámetros hidráulicos, geométricos y geotécnicos	Nivel del Cimentación.	M
		Socavación local de estribos.	M
		Socavación general.	M
		Ancho medio del río.	M
		Tirante medio del río	M
		Velocidad de corte.	m/s
		Esfuerzo cortante.	
		Rugosidad.	Adimensional
		Peso específico del sedimento.	Kg/m <sup>3</sup>
Diámetro medio de sedimentos.	mm		

**Fuente: Elaboración propia.**



## **CAPÍTULO III**

### **METODOLOGÍA**

#### **3.1. Método de investigación**

El método de investigación fue científico ya que nos indica que el conjunto de procedimientos racionales y sistemáticos encaminados a hallar solución a un problema y, finalmente, verificar o demostrar la verdad de un conocimiento. Estos procedimientos implican la aplicación de técnicas e instrumentos, válidos y confiables según el tipo de investigación (Barrientos, 2013).

#### **3.2. Tipo de Investigación**

El tipo de investigación fue aplicada porque se encarga de la aplicación del conocimiento científico, producto de la investigación básica. Es el primer esfuerzo para transformar el conocimiento científico en tecnología. El propósito fundamental es dar solución a problemas prácticos (Castro, 2016).

#### **3.3. Nivel de investigación**

El Nivel de investigación fue descriptivo – explicativo, ya que su finalidad es explicar el comportamiento de una variable en función de otra ya que considera al fenómeno estudiado y sus componentes, también determina las causas del fenómeno y se generará un sentido de entendimiento. (Castro, 2016).

#### **3.4. Diseño de investigación**

El diseño de investigación fue no experimental de corte transversal, ya que se recolectó la información en un único momento y no se realizó la manipulación deliberada de las variables de la investigación.

### **3.5. Población y muestra**

#### **3.5.1. Población**

La ejecución del proyecto de investigación tuvo como población beneficiaria la CC.NN. Kirahuanero de la Provincia de Atalaya en la Región Ucayali.

#### **3.5.2. Muestra**

Se consideró únicamente como muestra el lugar ubicado en el puente Kirahuanero.

### **3.6. Técnicas e instrumentos de recolección de datos**

Para la elaboración del proyecto de investigación se tuvo en cuenta lo siguiente:

**Fuentes de información:** Las fuentes de información fueron fuentes primarias (del lugar de origen), proporcionado por los pobladores de la CC.NN. Kirahuanero en el C.P. Oventeni, Distrito de Raimondi, Provincia de Atalaya - Ucayali.

El estudio se amplió con las recomendaciones de los autores y su punto de vista, de estudios de ingeniería que sirvió para obtener una idea clara de los alcances de los objetivos.

Durante la investigación se buscó información empírica de protección y control de socavación de puentes, el cual demostraría los hechos y realidades que ocurren actualmente, también se recolecto datos de antecedentes de investigación los cuales son complementos para el sustento de la investigación.

**Técnicas:** Primeramente, se tuvo en cuenta el análisis documental, para lo cual se consideró las fichas bibliográficas, fichas de resumen, fichas de párrafo; el cual sirvió para estructurar el marco teórico referencial y conceptual de la presente investigación.

**La observación:** La técnica de la observación se aplicó durante los estudios topográficos, estudios de suelos y estudio hidrológico en la ribera del río sobre el cual se encuentra el puente kirahuanero.

### **3.7. Procesamiento de la información**

Para el procesamiento de la información, se tuvo en cuenta lo siguiente programas:

**Microsoft Excel:** Para exportar cuadros y datos estadísticos de los resultados, diseño de gaviones y datos obtenidos.

**Microsoft Word:** Para la elaboración de la parte descriptiva de las fichas de organización, sistematización e interpretación de los datos obtenidos en campo y de los ensayos realizados.

**Programa PirkaSoft:** Mediante este programa se llevó a cabo la simulación del muro gavión.

**AutoCAD:** Para establecer la localización, delimitación, puntos de investigación y área de influencia del proyecto.

**S-10:** Para determinar el costo del proceso constructivo de los gaviones.

### **3.8. Técnicas y análisis de datos**

Para la elaboración y procesamiento de los datos se emplearon programas como pirkasoft, autocad, hojas Excel, Word y costos y presupuestos - S10, los que sirvieron para ordenar los datos obtenidos a fin de realizar las interpretaciones y estas se puede apreciar en los anexos respectivos.

## CAPÍTULO IV

### RESULTADOS

#### 4.1. Presentación de resultados específicos

##### A) Estudios previos para la protección contra socavaciones en los dados del puente Kirahuanero

- **Estudio topográfico:** El trabajo de levantamiento topográfico viene a ser los trabajos de planimetría y altimetría, tomando los puntos necesarios en el terreno al fin de obtener la representación real o confiable del terreno donde está ubicado el proyecto de investigación con la finalidad de:
- ✓ Efectuar los trabajos de campo desde el reconocimiento de terreno que acceda para elaborar los planos topográficos.
  - ✓ Definir con precisión, la ubicación y las dimensiones de los componentes estructurales del proyecto.
  - ✓ Fijar los puntos de referencia en lugares definidos y monumentadas para los trabajos posteriores como el replanteo durante la construcción.

##### **Trabajos de campo:**

**a. Red de control horizontal:** Para la labor de campo se estableció como puntos de control ATL1 y ATL2. El levantamiento topográfico fue realizado con coordenadas de primer orden cercanos estación ATL2 con vista atrás en el punto ATL1, después se instaló la estación total en el punto BM-01 cuyas coordenadas se obtuvieron con una votación desde el punto ATL2, referenciado con vista atrás al punto ATL1 situado a 200 metros aproximadamente de esté, cuyas coordenadas se obtuvieron con información del GPS.

A partir de estos puntos se estableció la poligonal básica de cuatro vértices, BM01 - BM02 - BM03, llegando al BM04 se inició

al levantamiento topográfico general del lugar de investigación, considerando puntos, casas, calles, caminos y demás detalles de la zona del proyecto.

**b. Red de control vertical:** El propósito de la red de control vertical en un levantamiento topográfico es crear puntos de referencia adecuadamente distanciados en el lugar de investigación, que faciliten de puntos de inicio y finalización para la toma de detalles, y como puntos de referencia para siguientes trabajos a futuro.

Se hizo nivelación geométrica entre los vértices de las poligonales básicas.

**c. Documentación de los puntos de control:** Previo al inicio de las mediciones angulares y de distancias se monumentaron los puntos utilizados en dicha poligonal. Este trabajo se realizó con hitos de concreto de 0.30 x 0.30 de área por 0.30 m. de profundidad, para cada de cada hito se empotró una varilla corrugada Ø3/4" x 0.30 m, que se fabricaron in situ.

**d. Equipos utilizados:** En los trabajos topográficos se utilizaron las herramientas y equipos que se describen continuación:

- ✓ 01 Estación Total marca South nts-34266a.
- ✓ 01 Nivel de ingeniero marca South.
- ✓ 02 Celulares marca Apple modelo Iphone Max Pro12.
- ✓ 01 cámara digital marca Kodac.
- ✓ 02 miras de madera.
- ✓ 02 primas.
- ✓ Trípodes, winchas, cargadores, pintura, cemento, etc.

**Trabajos de gabinete:** Una vez finalizado se realizó el procesamiento de escritorio de los topográficos con el programa Autodesk Civil 3D 2019, dibujando los planos topográficos a

escala 1:1250 con una equidistancia de 1.00 metro las curvas principales y 0.20 metros las curvas secundarias.

Las labores en escritorio comprendieron lo siguiente:

- ✓ Compensación de 01 poligonal Básicas.
- ✓ Compensación de la nivelación geométrica.
- ✓ Procesamiento de la información topográfica tomado insitu.
- ✓ Preparación de planos de topografía en escala adecuada.

La información correspondiente fue procesada al levantamiento topográfico en un sistema computarizado, que se utilizaron los siguientes programas y equipos:

- ✓ 01 PC AMD 10 4.20 GHz de 32 GB de RAM
- ✓ 01 plotter marca HP modelo T520
- ✓ Programa GLOBAL MAPPER 18
- ✓ Programa Autodesk Civil 3D 2019 para el procesamiento de los datos topográficos.
- ✓ Software AutoCAD 2017 para la elaboración de los planos correspondientes.

Se ha elaborado los planos topográficos del área de estudio y secciones transversales del terreno del proyecto a una escala de 1:200, el trabajo topográfico se utilizó como fuente para la elaboración del estudio definitivo para la protección contra socavaciones en los datos del puente Kirahuanero de la CC.NN. Kirahuanero. (Ver anexos correspondientes).

- **Estudio de mecánica de suelos:** La finalidad es investigar las características del suelo donde se proyectará los muros de gaviones del presente trabajo de investigación.

#### **Trabajo de campo:**

- a. **Exploraciones:** Con la finalidad de identificar las características físicas y químicas del suelo, se realizaron calicatas

o excavaciones a una profundidad media de 1.50m en el lugar donde se tiene que construir los muros de gaviones.

**b. Muestreo disturbado:** Una muestra disturbada es la obtención de muestras del suelo disturbado o sacar muestras descuidando la estructura natural del suelo.

**c. Registro de exploraciones:** De cada calicata o excavación muestreada se realizó el registro de cada una de ellas, especificando la estratigrafía del suelo o las capas horizontales que forma el suelo.

**Ensayos de laboratorio:** Con los ensayos de laboratorio se define las características físicas y químicas del suelo. Dichos ensayos se efectuó siguiendo las normas de la American Society of Testing and Materials (ASTM), siendo estos ensayos realizos:

**a. Ensayos estándar:**

- ✓ Análisis Granulométrico
- ✓ Limite Liquido ASTM D – 4318
- ✓ Limite Plástico ASTM D-4318

**b. Ensayos especiales:**

- ✓ Corte Directo
- ✓ Humedad ASTM D-221

**c. Clasificación de suelos:** La conformación de suelo tienen diferentes tamaños de partículas y de acuerdo al Sistema Unificado de Clasificación de Suelos (SUCS).

**d. Perfil estratigráfico:** Se define como capas horizontales de las calicatas de las excavaciones realizadas para sacar la muestra; por tanto en cada muestra se ha anotado la composición de los estratos del terreno.

**e. Capacidad de carga:** Con los datos obtenidos de los análisis de suelos, se ha utilizado la fórmula de Terzaghi con lo que se ha determinado la capacidad portante del terreno.

El estudio de mecánica de suelos, ha sido elaborado en base a la Norma Técnica E-050 "Suelos y Cimentaciones" y Norma Técnica E-030 "diseño sismoresistente", (Ver anexos correspondientes).

➤ **Estudio hidrológico:** Tiene el objetivo establecer el régimen pluvial del lugar de investigación, tal como las propiedades físicas e hidrológicas de las cuencas que inciden en ella, para la estimación de las descargas máximas.

Con el propósito de recaudar datos permitan estudiar las propiedades hidrológicas del sitio de estudio, la investigación se efectuó en fases.

**a. Trabajos preliminares:** En esta fase se compiló datos de investigaciones previas proyectos semejantes en la CC.NN. Kirahuanero – C.P. Oventeni.

**b. Trabajo de campo:** se reconoció el terreno, sacando las muestras e información del drenaje existente, también evaluó las características de la dinámica del río y demarcación del lugar de investigación.

**c. Fase de gabinete:** Esta fase consistió en el análisis hidrológico incluyendo de precipitación en el área, las características físicas de las cuencas y determinación de los parámetros hidrológicos.

El estudio hidrológico se detalla en los anexos correspondientes.

## **B) Metodología de diseño para la protección contra socavaciones en los datos del puente Kirahuanero**



**Bases teóricas del programa:** El estudio de muros de gaviones involucra el cálculo de los empujes del suelo contra el muro de gavión y la evaluación de la estabilidad con respecto a la capacidad de carga, vuelco y deslizamiento.

Para el efecto, la aplicación PirkaSoft emplea el Procedimiento del equilibrio límite o el Procedimiento de las cuñas para el cálculo de los empujes laterales del suelo. Es un Procedimiento gráfico que considera el equilibrio entre las fuerzas actuantes sobre una cuña de suelo limitado por el plano de falla, la espalda del muro de gavión y superficie libre del suelo. La fórmula matemática calcula el estado de equilibrio es:

$$\frac{Pa}{\text{sen}(\theta - \phi)} = \frac{W}{\text{sen}(180^\circ - \alpha - \theta + \phi + \delta)}$$

o equivalentemente:

$$Pa = \frac{W}{\text{sen}(180^\circ - \alpha - \theta + \phi + \delta)} \cdot \text{sen}(\theta - \phi)$$

Dónde:

*Pa, es el empuje activo del suelo*

*W, es el peso de la cuña de falla.*

*$\theta$ , es el ángulo del plano de falla, medido respecto a la horizontal.*

*$\phi$ , es el ángulo de fricción interna del suelo.*

*$\delta$ , es el ángulo de fricción muro-suelo.*

*$\alpha$ , es el ángulo del paramento posterior del muro, medido internamente y con respecto a la horizontal.*

En la ecuación, se detalla que el empuje Pa, es función solamente del ángulo de la superficie de rotura q, pues todos los demás componentes son constantes o funciones de q. Donde se define como el ángulo del plano de rotura q, a ese valor de q crítico que concierne al valor máximo del empuje Pa en la función matemática ya mencionada; entonces, el valor de q se consigue de la solución a la ecuación diferencial:

$$\frac{\partial(Pa)}{\partial(\theta)} = 0$$

El Procedimiento de Equilibrio Límite, permiten hallar soluciones a los diferentes problemas de contención de suelos, con rellenos irregulares o estratificados y también bajo diferentes fuerzas externas inducidas por las filtraciones de agua, sobrecargas, sismo, etc.

Una solución particular del método del Equilibrio Límite, se origina cuando se estudia una parte de un área uniforme y con un relleno de pendiente uniforme, y no existe tampoco ninguna fuerza externa. La ecuación pertenece a Coulumb, la cual se observa en esta formula:

$$Pa = \frac{1}{2} \cdot \gamma \cdot H^2 \cdot \left[ \frac{\text{sen}^2(\alpha + \phi)}{\text{sen}^2(\alpha) \cdot \text{sen}(\alpha - \delta) \cdot \left[ 1 + \sqrt{\frac{\text{sen}(\phi + \delta) \cdot \text{sen}(\phi - \beta)}{\text{sen}(\alpha - \delta) \cdot \text{sen}(\alpha + \beta)}} \right]^2} \right]$$

Donde:

$\gamma$ , es peso unitario (o peso específico) del suelo

$H$ , es la altura del muro

$\phi$ , es el ángulo de fricción interna del suelo

$\delta$ , es el ángulo de fricción muro-suelo

$\alpha$ , es el ángulo del paramento posterior del muro, medido internamente y con respecto a la horizontal

$\beta$ , es el ángulo de elevación del terraplén del terreno posterior al muro.

El símbolo de  $K_a$ , es el coeficiente de empuje activo que esta entre corchetes.

En el caso de un muro sin fricción ( $d=0$ ), superficie del relleno horizontal ( $B=0$ ) y muro vertical ( $\alpha=90^\circ$ ), la fórmula de Coulumb se define de esta manera:

$$Pa = \frac{1}{2} \cdot \gamma \cdot H^2 \cdot \tan^2(45^\circ - \phi/2)$$

La cual se asemeja a la fórmula de Rankine en este caso especial. De modo parecida, que para el empuje activo expuesto, las expresiones para calcular el empuje pasivo  $P_p$  son:

Procedimiento del Equilibrio Límite:

$$\frac{P_p}{\text{sen}(\theta + \phi)} = \frac{W}{\text{sen}(180^\circ - \alpha - \theta - \phi - \delta)}$$

Procedimiento de Coulumb:

$$P_p = \frac{1}{2} \cdot \gamma \cdot H^2 \cdot \left[ \frac{\text{sen}^2(\alpha - \phi)}{\text{sen}^2(\alpha) \cdot \text{sen}(\alpha + \delta) \cdot \left[ 1 + \sqrt{\frac{\text{sen}(\phi + \delta) \cdot \text{sen}(\phi + \beta)}{\text{sen}(\alpha + \delta) \cdot \text{sen}(\alpha + \beta)}} \right]^2} \right]$$

Procedimiento de Rankine:

$$P_p = \frac{1}{2} \cdot \gamma \cdot H^2 \cdot \tan^2(45^\circ + \phi/2)$$

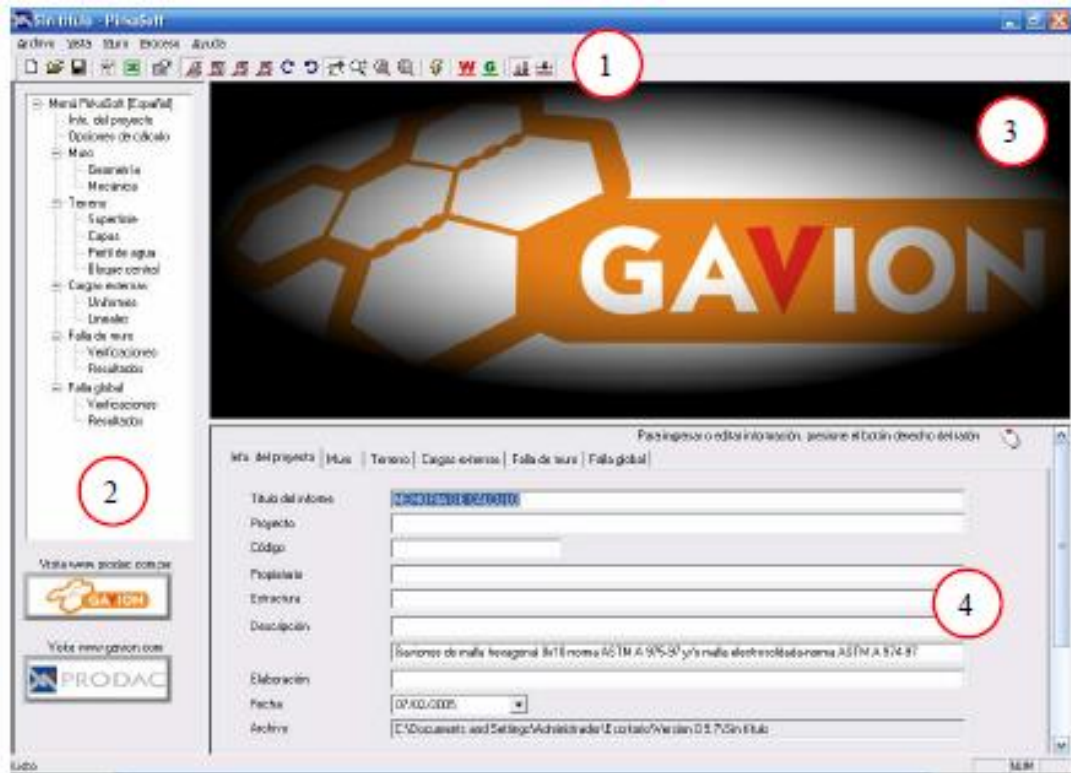
**Interfaz de aplicación pirkasoft:** La simulación se lleva a cabo mediante el programa PirkaSoft. La aplicación PirkaSoft está preparada para solucionar los problemas de cálculo referidos a un tipo particular de estructura, como son los muros de contención a gravedad, constituidos específicamente por gaviones. La aplicación no admite su ejecución con otro tipo de materiales que no sean los gaviones.

PirkaSoft posee las siguientes características:

- ✓ Es una aplicación “amigable”, diseñada para brindar la mayor comodidad al común de los usuarios, tanto en sus fases de instalación como de operación, sin necesidad de asesoramiento o un nivel avanzado de informática.

- ✓ Permite exportar sus informes a formatos compartidos, como la hoja de cálculo XLS y el gráfico BMP, para que el usuario pueda elaborar informes personalizados o adecuados a sus propias necesidades.
- ✓ Posee una gran navegabilidad, acorde a la secuencia lógica del proceso de cálculo de las estructuras de contención.
- ✓ Sus herramientas para el ingreso de datos son rápidas, intuitivas y novedosas, resaltando entre ellos la herramienta para estructurar el muro de gaviones a partir de la conformación de sus bloques o camadas.
- ✓ Todos los datos introducidos y los resultados generados por la aplicación, se reflejan inmediatamente en gráficos, lo que permiten al usuario un mejor acercamiento e interpretación al problema analizado. Dentro de ésta facilidad gráfica, se incluye el dibujo de los planos de falla, lo cual es un atributo singular de la aplicación PirkaSoft.
- ✓ El software tiene una gran capacidad para representar problemas reales de contención de suelo, permitiendo incorporar diferentes formas de muro, condiciones de terreno, tipos de suelo, presencia de agua, de sobrecargas o de sismos.

Figura 13- Entorno del pirkasoft.



Fuente: Elaboración Propia.

**Diseño del muro gavión – tramo 01:**

**Tabla 3 – Consideraciones mecánicas del muro gavión.**

<b>Muro de gaviones</b>			
Peso Unitario	gamma g	[kN/m <sup>3</sup> ]	18.20
Peso unitario saturado	gamma sat g	[kN/m <sup>3</sup> ]	21.20
Peso unitario efectivo	gamma' g	[kN/m <sup>3</sup> ]	11.20
Roca de relleno			
Gravedad especifica	G r	[-]	2.60
Porosidad	n r	[m <sup>3</sup> /m <sup>3</sup> ]	0.30

**Fuente: Elaboración Propia.**

**Tabla 4 – Consideraciones geométricas del muro gavión.**

<b>Tipo de muro</b>	<b>[1] Paramento posterior recto</b>		
Ángulo rotación del muro		[°]	0.00
Alto	H	[m]	3.00
Base	B	[m]	4.50
Corona	B	[m]	1.00
Paramento posterior	PP	[m]	3.00
Paramento frontal	PF	[m]	4.61
Relación base/altura	B/H	[m/m]	1.50
Volumen	V	[m <sup>3</sup> /m]	5.60
Ángulo paramento frontal	alfa PF	[°]	40.60
Ángulo paramento posterior	alfa PP	[°]	90.00

**Fuente: Elaboración Propia.**

**Tabla 5 – Análisis de falla del muro gavión.**

<b>Verificaciones</b>		<b>Proyecto</b>	<b>Límite</b>	<b>Estado</b>
Factor de seguridad al deslizamiento [kN/kN]	$SFs = Fr / Fs < SFs \text{ lim}$	1.77774979	1.10000002	Correcto
Factor de seguridad al volteo [kN/kN]	$SFo = Mr / Md < SFo \text{ lim}$	6.49345273	1.20000005	Correcto
Excentricidad [m]	$ e  < B/6$	-0.53312271	0.75	Correcto
Presión sobre la base, extremo frontal [MPa]	$\sigma_1 < \sigma_a$	0.01067114	0.25299999	Correcto
Presión sobre la base, extremo posterior [MPa]	$\sigma_2 > 0 \text{ MPa}$	0.06313421	0	Correcto

Fuente: Elaboración Propia.

**Tabla 6 – Características geométricas y propiedades mecánicas del terreno.**

Capa #	(geometría)				(geomecánica)					Capacidad de carga adm. [MPa]
	Cota		Ángulo [°]	Alto [m]	Peso unitario			Ángulo de fricción		
	superior sobre el PP [m]	inferior sobre el PP [m]			húmedo [kN/m3]	saturado [kN/m3]	sumergido [kN/m3]	interna [°]	muro-suelo [°]	
<b>(TERRAPLÉN)</b>										
1	3.00	1.50	0.00	1.50	14.99	18.74	8.74	24.50	36.75	
2	1.50	0.00	0.00	1.50	14.99	18.74	8.74	24.50	36.75	
<b>(BASE)</b>										
1	0.00				14.99	18.74	8.74	24.50	36.75	0.25

Fuente: Elaboración Propia.

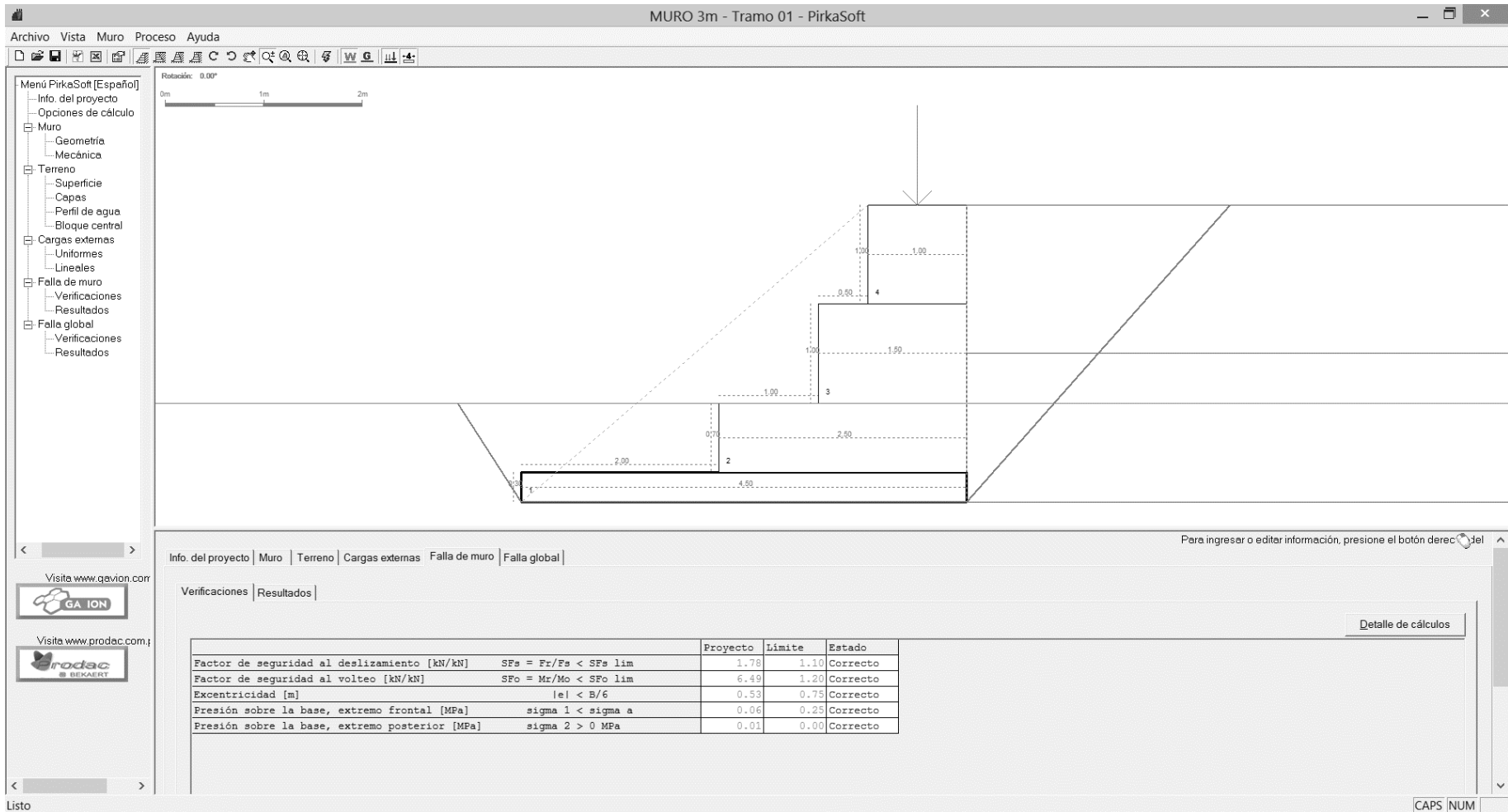
**Tabla 7 – Análisis del muro gavión.**

<b>Resultados</b>			
Ángulo horizontal del empuje activo		[°]	36.75
Ángulo horizontal del empuje pasivo		[°]	49.40
Fuerza horizontal	Fx	[kN]	166.06
Fuerza vertical	Fy	[kN]	166.06
Fuerza normal a la base del muro	N	[kN]	166.06
Fuerza tangencial a la base del muro	T	[kN]	65.23
Fuerza de fricción sobre la base	F	[kN]	124.00
Fuerza deslizante	Fs	[kN]	75.57
Fuerza resistente	Fr	[kN]	134.35
Momento volcante	Mo	[kN-m]	84.13
Momento resistente	Mr	[kN-m]	546.30
Posición de la fuerza resultante en la base	d	[m]	2.78
Excentricidad	e	[m]	-0.53

**Fuente: Elaboración Propia.**



**Figura 14- Resultados de análisis del muro de gavión.**



Fuente: Elaboración Propia.

**Tabla 8 – Detalle de cálculo del muro gavión.**

<i>Detalle de cálculos</i>	Coeficiente de la fuerza	Fuerza Fuerza [kN]	Fuerza	Fuerza	Punto de	Punto de	Momento	Momento
			horizontal Fx [kN]	vertical Fy [kN]	aplicación x [m]	aplicación y [m]	resistente Mr [kN-m]	volcante Mo [kN-m]
<b>CUÑA ACTIVA</b>								
[1] Empuje activo del terreno (sin subpresión U), Pa-U	1	24.89						
[2] Incremento de Pa-U por subpresión vertical Uv	1	0.00						
[3] Incremento de Pa-U por subpresión horizontal Uh	1	0.00						
[4] Empuje activo del terreno (inc. subpresión U), Pa		24.89	19.94	14.89	4.50	1.00	67.01	19.94
[5] Incremento de Pa por carga uniforme - tramo # 1	1	0.00	0.00	0.00	4.50	1.50	0.00	0.00
[6] Incremento de Pa por carga uniforme - tramo # 2	1	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
[7] Incremento de Pa por cargas lineales	1	0.00	0.00	0.00	4.50	3.00	0.00	0.00
[8] Incremento de Pa por efecto sísmico del suelo	1	7.47	5.98	4.47	4.50	1.80	20.10	10.77
[9] Empuje dinámico por efecto sísmico del agua int.	1	0.00	0.00			0.00		0.00
<b>MURO</b>								
[10] Peso propio del muro	1	150.15		150.15	2.94		441.35	
[11] Carga lineal sobre el muro	1	5.00		5.00	4.00		20.00	
[12] Empuje dinámico por efecto sísmico: muro y cargas	1	46.54	46.54			1.18		55.01
<b>CUÑA PASIVA</b>								
[13] Empuje pasivo del terreno sin subpresión U, Pp-U	1	-15.89						
[14] Incremento de Pp-U por subpresión vertical Uv	1	0.00						
[15] Empuje pasivo del terreno (inc. subpresión U), Pp		-15.89	-10.34	-12.07	0.39	0.33	-4.69	-3.45
[16] Incremento de Pp por efecto sísmico del suelo	1	4.77	3.10	3.62	0.70	0.60	2.53	1.86

**Fuente: Elaboración Propia.**

**Diseño del muro gavión – tramo 02:**

**Tabla 9 – Consideraciones mecánicas del muro gavión.**

<b>Muro de gaviones</b>			
Peso Unitario	gamma g	[kN/m <sup>3</sup> ]	18.20
Peso unitario saturado	gamma sat g	[kN/m <sup>3</sup> ]	21.20
Peso unitario efectivo	gamma' g	[kN/m <sup>3</sup> ]	11.20
Roca de relleno			
Gravedad especifica	G r	[-]	2.60
Porosidad	n r	[m <sup>3</sup> /m <sup>3</sup> ]	0.30

**Fuente: Elaboración Propia.**

**Tabla 10 – Consideraciones geométricas del muro gavión.**

<b>Tipo de muro</b>	<b>[1] Paramento posterior recto</b>		
Ángulo rotación del muro		[°]	0.00
Alto	H	[m]	3.30
Base	B	[m]	4.50
Corona	b	[m]	1.00
Paramento posterior	PP	[m]	3.30
Paramento frontal	PF	[m]	4.81
Relación base/altura	B/H	[m/m]	1.36
Volumen	V	[m <sup>3</sup> /m]	6.35
Ángulo paramento frontal	alfa PF	[°]	43.32
Ángulo paramento posterior	alfa PP	[°]	90.00

**Fuente: Elaboración Propia.**

**Tabla 11 – Análisis de falla del muro gavión.**

<b>Verificaciones</b>		<b>Proyecto</b>	<b>Límite</b>	<b>Estado</b>
Factor de seguridad al deslizamiento [kN/kN]	$SFs = Fr / Fs < SFs \text{ lim}$	1.72069925	1.10000002	Correcto
Factor de seguridad al volteo [kN/kN]	$SFo = Mr / Md < SFo \text{ lim}$	5.6862436	1.20000005	Correcto
Excentricidad [m]	$ e  < B/6$	-0.47189811	0.75	Correcto
Presión sobre la base, extremo frontal [MPa]	$\sigma_1 < \sigma_a$	0.01540926	0.24600001	Correcto
Presión sobre la base, extremo posterior [MPa]	$\sigma_2 > 0 \text{ MPa}$	0.06770377	0	Correcto

Fuente: Elaboración Propia.

**Tabla 12 – Características geométricas y propiedades mecánicas del terreno.**

Capa #	(geometría)				(geomecánica)					Capacidad de carga adm. [MPa]
	Cota		Ángulo [°]	Alto [m]	Peso unitario			Ángulo de fricción		
	superior sobre el PP [m]	inferior sobre el PP [m]			húmedo [kN/m <sup>3</sup> ]	saturado [kN/m <sup>3</sup> ]	sumergido [kN/m <sup>3</sup> ]	interna [°]	muro-suelo [°]	
<b>(TERRAPLÉN)</b>										
1	3.30	1.50	0.00	1.80	16.22	17.16	7.16	24.60	36.90	
2	1.50	0.00	0.00	1.50	16.22	17.16	7.16	24.60	36.90	
<b>(BASE)</b>										
1	0.00				16.22	17.16	7.16	24.60	36.90	0.25

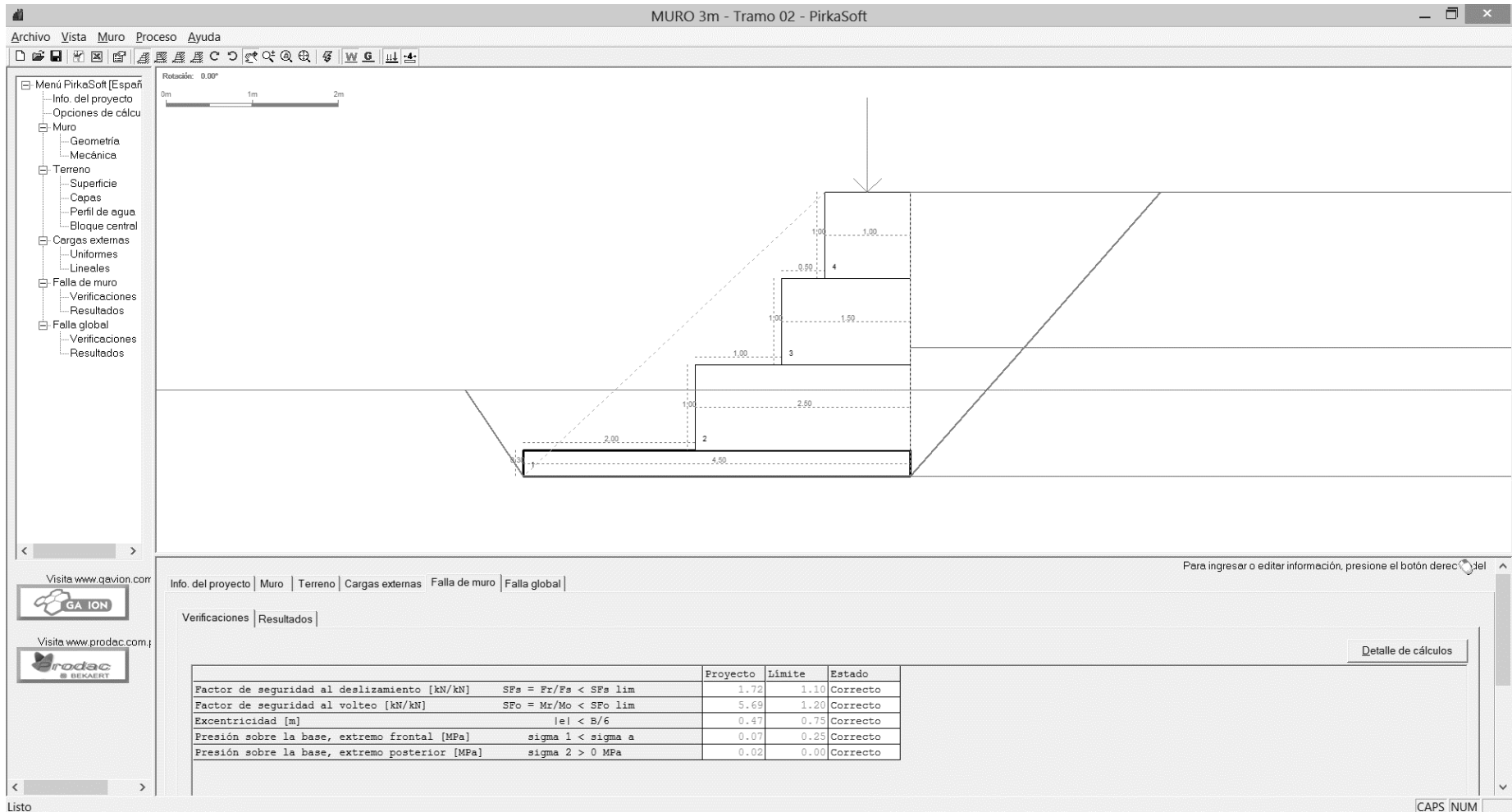
Fuente: Elaboración Propia.

**Tabla 13 – Análisis del muro gavión.**

<b>Resultados</b>			
Ángulo horizontal del empuje activo		[°]	36.90
Ángulo horizontal del empuje pasivo		[°]	46.68
Fuerza horizontal	Fx	[kN]	187.00
Fuerza vertical	Fy	[kN]	187.00
Fuerza normal a la base del muro	N	[kN]	187.00
Fuerza tangencial a la base del muro	T	[kN]	76.79
Fuerza de fricción sobre la base	F	[kN]	140.41
Fuerza deslizante	Fs	[kN]	88.27
Fuerza resistente	Fr	[kN]	151.88
Momento volcante	Mo	[kN-m]	108.62
Momento resistente	Mr	[kN-m]	617.62
Posición de la fuerza resultante en la base	d	[m]	2.72
Excentricidad	e	[m]	-0.47

**Fuente: Elaboración Propia.**

**Figura 15- Resultados de análisis del muro de gavión.**



Fuente: Elaboración Propia.

**Tabla 14 – Detalle de cálculo del muro gavión.**

<i>Detalle de cálculos</i>	Coeficiente de la fuerza	Fuerza Fuerza	Fuerza	Fuerza	Punto de	Punto de	Momento	Momento
			horizontal	vertical	aplicación	aplicación	resistente	volcante
		[kN]	Fx [kN]	Fy [kN]	x [m]	y [m]	Mr [kN-m]	Mo [kN-m]
<b>CUÑA ACTIVA</b>								
[1] Empuje activo del terreno (sin subpresión U), Pa-U	1	32.48						
[2] Incremento de Pa-U por subpresión vertical Uv	1	0.00						
[3] Incremento de Pa-U por subpresión horizontal Uh	1	0.00						
[4] Empuje activo del terreno (inc. subpresión U), Pa		32.48	25.98	19.50	4.50	1.10	87.78	28.57
[5] Incremento de Pa por carga uniforme - tramo # 1	1	0.00	0.00	0.00	4.50	1.64	0.00	0.00
[6] Incremento de Pa por carga uniforme - tramo # 2	1	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
[7] Incremento de Pa por cargas lineales	1	0.00	0.00	0.00	4.50	3.30	0.00	0.00
[8] Incremento de Pa por efecto sísmico del suelo	1	9.74	7.79	5.85	4.50	1.98	26.33	15.43
[9] Empuje dinámico por efecto sísmico del agua int.	1	0.00	0.00			0.00		0.00
<b>MURO</b>								
[10] Peso propio del muro	1	165.16		165.16	2.93		485.48	
[11] Carga lineal sobre el muro	1	5.00		5.00	4.00		20.00	
[12] Empuje dinámico por efecto sísmico: muro y cargas	1	51.04	51.04			1.30		66.36
<b>CUÑA PASIVA</b>								
[13] Empuje pasivo del terreno sin subpresión U, Pp-U	1	-16.72						
[14] Incremento de Pp-U por subpresión vertical Uv	1	0.00						
[15] Empuje pasivo del terreno (inc. subpresión U), Pp		-16.72	-11.47	-12.17	0.35	0.33	-4.30	-3.82
[16] Incremento de Pp por efecto sísmico del suelo	1	5.01	3.44	3.65	0.63	0.60	2.32	2.06

**Fuente: Elaboración Propia.**

**Diseño del muro gavión – tramo 03:**

**Tabla 15 – Consideraciones mecánicas del muro gavión.**

<b>Muro de gaviones</b>			
Peso Unitario	gamma g	[kN/m3]	18.20
Peso unitario saturado	gamma sat g	[kN/m3]	21.20
Peso unitario efectivo	gamma' g	[kN/m3]	11.20
Roca de relleno			
Gravedad especifica	G r	[-]	2.60
Porosidad	n r	[m3/m3]	0.30

**Fuente: Elaboración Propia.**

**Tabla 16 – Consideraciones geométricas del muro gavión.**

<b>Tipo de muro</b>	<b>[1] Paramento posterior recto</b>		
Ángulo rotación del muro		[°]	0.00
Alto	H	[m]	3.00
Base	B	[m]	4.50
Corona	b	[m]	1.00
Paramento posterior	PP	[m]	3.00
Paramento frontal	PF	[m]	4.61
Relación base/altura	B/H	[m/m]	1.50
Volumen	V	[m3/m]	5.60
Ángulo paramento frontal	alfa PF	[°]	40.60
Ángulo paramento posterior	alfa PP	[°]	90.00

**Fuente: Elaboración Propia.**



**Tabla 17 – Análisis de falla del muro gavión.**

<b>Verificaciones</b>		<b>Proyecto</b>	<b>Límite</b>	<b>Estado</b>
Factor de seguridad al deslizamiento [kN/kN]	$SFs = Fr / Fs < SFs \text{ lim}$	1.75253547	1.10000002	Correcto
Factor de seguridad al volteo [kN/kN]	$SFo = Mr / Md < SFo \text{ lim}$	6.42198891	1.20000005	Correcto
Excentricidad [m]	$ e  < B/6$	-0.54208752	0.75	Correcto
Presión sobre la base, extremo frontal [MPa]	$\sigma_1 < \sigma_a$	0.01026968	0.25799999	Correcto
Presión sobre la base, extremo posterior [MPa]	$\sigma_2 > 0 \text{ MPa}$	0.06382168	0	Correcto

Fuente: Elaboración Propia.

**Tabla 18 – Características geométricas y propiedades mecánicas del terreno.**

Capa #	(geometría)				(geomecánica)					Capacidad de carga adm. [MPa]
	Cota		Ángulo [°]	Alto [m]	Peso unitario			Ángulo de fricción		
	superior sobre el PP [m]	inferior sobre el PP [m]			húmedo [kN/m3]	saturado [kN/m3]	sumergido [kN/m3]	interna [°]	muro-suelo [°]	
<b>(TERRAPLÉN)</b>										
1	3.00	1.50	0.00	1.50	15.87	17.16	7.16	24.50	36.75	
2	1.50	0.00	0.00	1.50	15.87	17.16	7.16	24.50	36.75	
<b>(BASE)</b>										
1	0.00				15.87	17.16	7.16	24.50	36.75	0.26

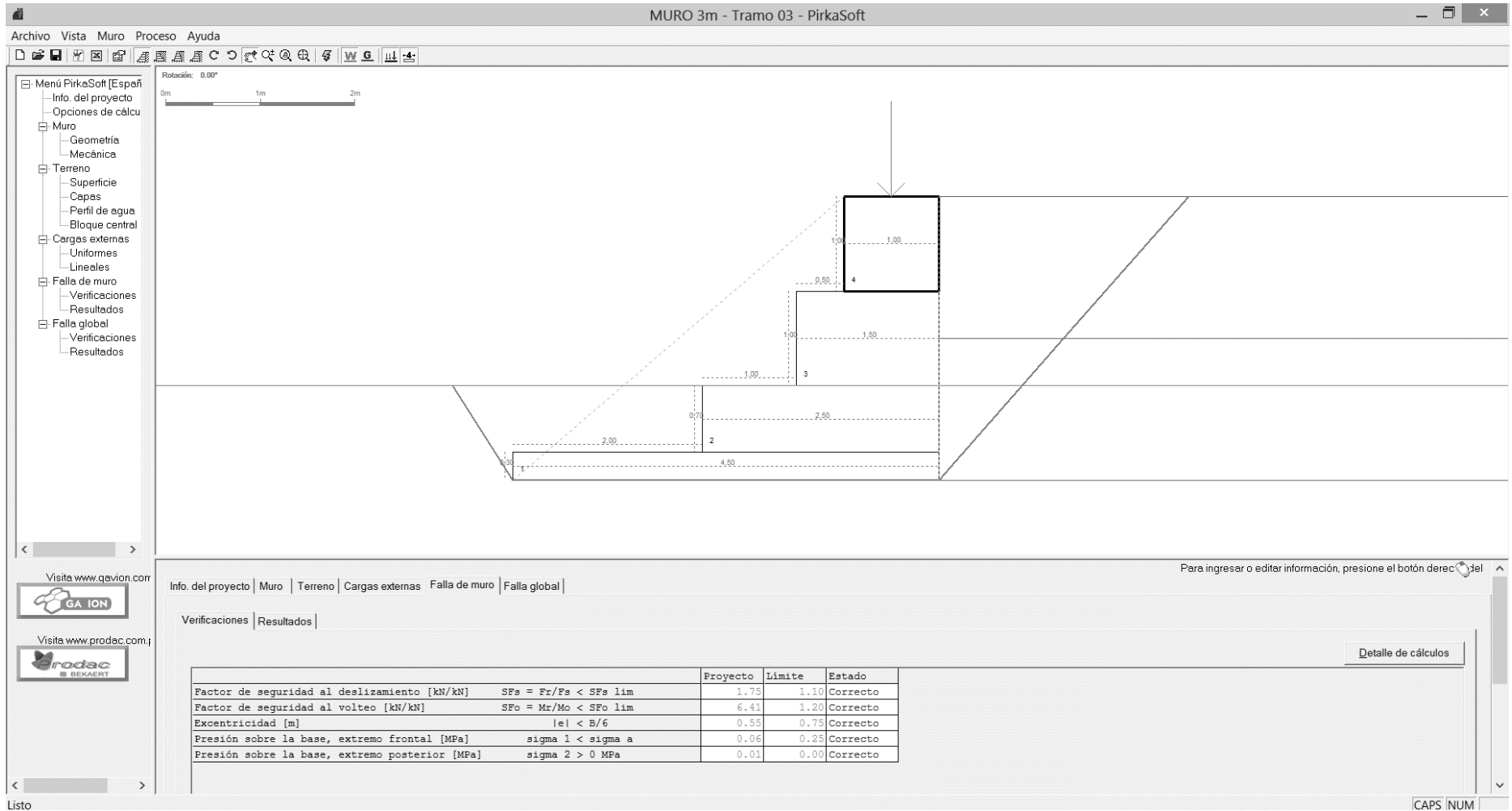
Fuente: Elaboración Propia.

**Tabla 19 – Análisis del muro gavión.**

<b>Resultados</b>			
Ángulo horizontal del empuje activo		[°]	36.75
Ángulo horizontal del empuje pasivo		[°]	49.3987054
Fuerza horizontal	Fx	[kN]	166.705548
Fuerza vertical	Fy	[kN]	166.705548
Fuerza normal a la base del muro	N	[kN]	166.705548
Fuerza tangencial a la base del muro	T	[kN]	66.3298439
Fuerza de fricción sobre la base	F	[kN]	124.484937
Fuerza deslizante	Fs	[kN]	77.2788727
Fuerza resistente	Fr	[kN]	135.433965
Momento volcante	Mo	[kN-m]	85.8460773
Momento resistente	Mr	[kN-m]	551.302556
Posición de la fuerza resultante en la base	d	[m]	2.79208752
			-
Excentricidad	e	[m]	0.54208752

**Fuente: Elaboración Propia.**

Figura 16- Resultados de análisis del muro de gavión.



Fuente: Elaboración Propia.

Tabla 20 – Detalle de cálculo del muro gavión.

Detalle de cálculos	Coeficiente de la fuerza	Fuerza [kN]	Fuerza horizontal	Fuerza vertical	Punto de aplicación	Punto de aplicación	Momento resistente	Momento volcante
			Fx [kN]	Fy [kN]	x [m]	y [m]	Mr [kN-m]	Mo [kN-m]
<b>CUÑA ACTIVA</b>								
[1] Empuje activo del terreno (sin subpresión U), Pa-U	1	26.35						
[2] Incremento de Pa-U por subpresión vertical Uv	1	0.00						
[3] Incremento de Pa-U por subpresión horizontal Uh	1	0.00						
[4] Empuje activo del terreno (inc. subpresión U), Pa		26.35	21.11	15.76	4.50	1.00	70.95	21.11
[5] Incremento de Pa por carga uniforme - tramo # 1	1	0.00	0.00	0.00	4.50	1.49	0.00	0.00
[6] Incremento de Pa por carga uniforme - tramo # 2	1	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
[7] Incremento de Pa por cargas lineales	1	0.00	0.00	0.00	4.50	3.00	0.00	0.00
[8] Incremento de Pa por efecto sísmico del suelo	1	7.90	6.33	4.73	4.50	1.80	21.28	11.40
[9] Empuje dinámico por efecto sísmico del agua int.	1	0.00	0.00			0.00		0.00
<b>MURO</b>								
[10] Peso propio del muro	1	150.14		150.14	2.93		441.34	
[11] Carga lineal sobre el muro	1	5.00		5.00	4.00		20.00	
[12] Empuje dinámico por efecto sísmico: muro y cargas	1	46.54	46.54			1.18		55.00
<b>CUÑA PASIVA</b>								
[13] Empuje pasivo del terreno sin subpresión U, Pp-U	1	-16.82						
[14] Incremento de Pp-U por subpresión vertical Uv	1	0.00						
[15] Empuje pasivo del terreno (inc. subpresión U), Pp		-16.82	-10.94	-12.77	0.38	0.33	-4.96	-3.64
[16] Incremento de Pp por efecto sísmico del suelo	1	5.04	3.28	3.83	0.70	0.60	2.68	1.97

Fuente: Elaboración Propia.

**Diseño del muro gavión – tramo 04:**

**Tabla 21 – Consideraciones mecánicas del muro gavión.**

<b>Muro de gaviones</b>			
Peso Unitario	gamma g	[kN/m3]	18.20
Peso unitario saturado	gamma sat g	[kN/m3]	21.20
Peso unitario efectivo	gamma' g	[kN/m3]	11.20
Roca de relleno			
Gravedad especifica	G r	[-]	2.60
Porosidad	n r	[m3/m3]	0.30

**Fuente: Elaboración Propia.**

**Tabla 22 – Consideraciones geométricas del muro gavión.**

<b>Tipo de muro</b>	<b>[1] Paramento posterior recto</b>		
Ángulo rotación del muro		[°]	0.00
Alto	H	[m]	3.00
Base	B	[m]	4.50
Corona	b	[m]	1.00
Paramento posterior	PP	[m]	3.00
Paramento frontal	PF	[m]	4.61
Relación base/altura	B/H	[m/m]	1.50
Volumen	V	[m3/m]	5.60
Ángulo paramento frontal	alfa PF	[°]	40.60
Ángulo paramento posterior	alfa PP	[°]	90.00

**Fuente: Elaboración Propia.**

**Tabla 23 – Análisis de falla del muro gavión.**

<b>Verificaciones</b>		<b>Proyecto</b>	<b>Límite</b>	<b>Estado</b>
Factor de seguridad al deslizamiento [kN/kN]	$SFs = Fr / Fs < SFs \text{ lim}$	1.75253547	1.10000002	Correcto
Factor de seguridad al volteo [kN/kN]	$SFo = Mr / Md < SFo \text{ lim}$	6.42198891	1.20000005	Correcto
Excentricidad [m]	$ e  < B/6$	-0.54208752	0.75	Correcto
Presión sobre la base, extremo frontal [MPa]	$\sigma_1 < \sigma_a$	0.01026968	0.25799999	Correcto
Presión sobre la base, extremo posterior [MPa]	$\sigma_2 > 0 \text{ MPa}$	0.06382168	0	Correcto

Fuente: Elaboración Propia.

**Tabla 24 – Características geométricas y propiedades mecánicas del terreno.**

Capa #	(geometría)				(geomecánica)					Capacidad de carga adm. [MPa]
	Cota		Ángulo [°]	Alto [m]	Peso unitario			Ángulo de fricción		
	superior sobre el PP [m]	inferior sobre el PP [m]			húmedo [kN/m3]	saturado [kN/m3]	sumergido [kN/m3]	interna [°]	muro-suelo [°]	
<b>(TERRAPLÉN)</b>										
1	3.00	1.50	0.00	1.50	15.87	17.16	7.16	24.50	36.75	
2	1.50	0.00	0.00	1.50	15.87	17.16	7.16	24.50	36.75	
<b>(BASE)</b>										
1	0.00				15.87	17.16	7.16	24.50	36.75	0.26

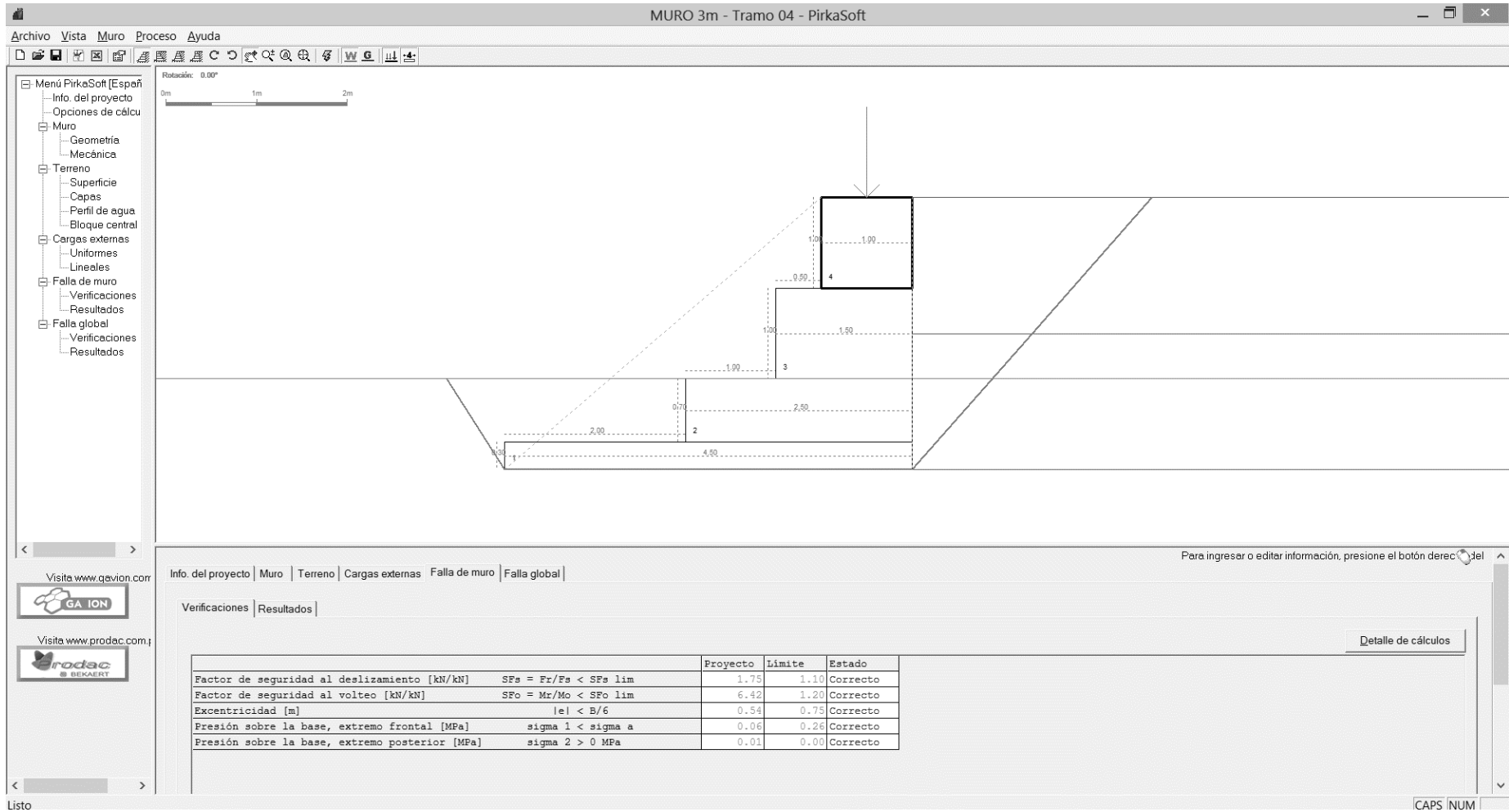
Fuente: Elaboración Propia.

**Tabla 25 – Análisis del muro gavión.**

<b>Resultados</b>			
Ángulo horizontal del empuje activo		[°]	36.75
Ángulo horizontal del empuje pasivo		[°]	49.40
Fuerza horizontal	Fx	[kN]	166.71
Fuerza vertical	Fy	[kN]	166.71
Fuerza normal a la base del muro	N	[kN]	166.71
Fuerza tangencial a la base del muro	T	[kN]	66.33
Fuerza de fricción sobre la base	F	[kN]	124.48
Fuerza deslizante	Fs	[kN]	77.28
Fuerza resistente	Fr	[kN]	135.43
Momento volcante	Mo	[kN-m]	85.85
Momento resistente	Mr	[kN-m]	551.30
Posición de la fuerza resultante en la base	d	[m]	2.79
Excentricidad	e	[m]	-0.54

**Fuente: Elaboración Propia.**

Figura 17- Resultados de análisis del muro de gavión.



Fuente: Elaboración Propia.



**Tabla 26 – Detalle de cálculo del muro gavión.**

<i>Detalle de cálculos</i>	Coeficiente de la fuerza	Fuerza Fuerza [kN]	Fuerza	Fuerza	Punto de	Punto de	Momento	Momento
			horizontal Fx [kN]	vertical Fy [kN]	aplicación x [m]	aplicación y [m]	resistente Mr [kN-m]	volcante Mo [kN-m]
<b>CUÑA ACTIVA</b>								
[1] Empuje activo del terreno (sin subpresión U), Pa-U	1	26.35						
[2] Incremento de Pa-U por subpresión vertical Uv	1	0.00						
[3] Incremento de Pa-U por subpresión horizontal Uh	1	0.00						
[4] Empuje activo del terreno (inc. subpresión U), Pa		26.35	21.11	15.76	4.50	1.00	70.95	21.11
[5] Incremento de Pa por carga uniforme - tramo # 1	1	0.00	0.00	0.00	4.50	1.49	0.00	0.00
[6] Incremento de Pa por carga uniforme - tramo # 2	1	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
[7] Incremento de Pa por cargas lineales	1	0.00	0.00	0.00	4.50	3.00	0.00	0.00
[8] Incremento de Pa por efecto sísmico del suelo	1	7.90	6.33	4.73	4.50	1.80	21.28	11.40
[9] Empuje dinámico por efecto sísmico del agua int.	1	0.00	0.00			0.00		0.00
<b>MURO</b>								
[10] Peso propio del muro	1	150.14		150.14	2.93		441.34	
[11] Carga lineal sobre el muro	1	5.00		5.00	4.00		20.00	
[12] Empuje dinámico por efecto sísmico: muro y cargas	1	46.54	46.54			1.18		55.00
<b>CUÑA PASIVA</b>								
[13] Empuje pasivo del terreno sin subpresión U, Pp-U	1	-16.82						
[14] Incremento de Pp-U por subpresión vertical Uv	1	0.00						
[15] Empuje pasivo del terreno (inc. subpresión U), Pp		-16.82	-10.94	-12.77	0.38	0.33	-4.96	-3.64
[16] Incremento de Pp por efecto sísmico del suelo	1	5.04	3.28	3.83	0.70	0.60	2.68	1.97

**Fuente: Elaboración Propia.**

**C) Costos de construcción para la protección contra socavaciones en los dados del puente Kirahuanero:**

- **Planilla de metrados:** De acuerdo al desarrollo de la planilla de metrados de todas las partidas que intervienen en el proceso de construcción del muro gavión, se presenta en la tabla 27 el resumen de los metrados:

**Tabla 27 – Hoja de resumen de metrados.**

<b>ITEM</b>	<b>PARTIDA</b>	<b>UND</b>	<b>TOTAL</b>
<b>01</b>	<b>OBRAS PROVISIONALES</b>		
<b>01.01</b>	<b>CONSTRUCCIONES PROVISIONALES</b>		
01.01.01	ALMACEN, OFICINA Y CASETA DE GUARDIANIA	m2	<b>30.00</b>
01.01.02	SERVICIOS HIGIENICOS PROVISIONAL	día	<b>30.00</b>
01.01.03	CARTEL DE OBRA 2.40X3.60 m.	u	<b>1.00</b>
<b>02</b>	<b>TRABAJOS PRELIMINARES</b>		
<b>02.01</b>	<b>LIMPIEZA Y DEMOLICION</b>		
02.01.01	LIMPIEZA Y DESBROCE EN CAUCE	m2	<b>630.00</b>
<b>02.02</b>	<b>MOVILIZACION DE CAMPAMENTO, MAQUINARIA Y HERRAMIENTAS</b>		
02.02.01	MOVILIZACION Y DESMOVILIZACION DE CAMPAMENTO, MAQUINARIA Y HERRAMIENTAS	est	<b>1.00</b>
<b>02.03</b>	<b>TRAZO, NIVELES Y REPLANTEO</b>		
02.03.01	TRAZO Y REPLANTEO PRELIMINAR	m2	<b>630.00</b>
<b>02.04</b>	<b>FLETE TERRESTRE</b>		
02.04.01	TRANSPORTE DE MATERIALES EN GENERAL	tm	<b>0.36</b>
02.04.02	TRANSPORTE DE MATERIALES ESPECIAL	tm	<b>7.93</b>
<b>03</b>	<b>SEGURIDAD Y SALUD</b>		
<b>03.01</b>	<b>SEGURIDAD Y SALUD EN OBRA</b>		
03.01.01	ELAB., IMPLMNT. Y ADMINIST. DEL PLAN DE SEG. Y SALUD	glb	<b>1.00</b>
03.01.02	EQUIPOS DE PROTECCION INDIVIDUAL	u	<b>20.00</b>
03.01.03	EQUIPOS DE PROTECCION COLECTIVA	glb	<b>1.00</b>
03.01.04	SEÑALIZACION TEMPORAL DE SEGURIDAD	glb	<b>1.00</b>
03.01.05	CAPACITACION EN SEGURIDAD Y SALUD	glb	<b>1.00</b>
03.01.06	RECURSOS P/RESPUESTAS ANTE EMRGENC. EN SEG. Y SALUD	glb	<b>1.00</b>
<b>04</b>	<b>IMPACTO AMBIENTAL</b>		
<b>04.01</b>	<b>IMPACTO AMBIENTAL</b>		
04.01.01	MONITOREO DEL PLAN DE MITIGACION DE IMPACTO AMBIENTAL	glb	<b>1.00</b>
04.01.02	HABILITACION Y ACONDICIONAMIENTO DE BOTADERO	glb	<b>1.00</b>

04.01.03	RIEGO PARA MITIGACION DE POLVO	glb	1.00
04.01.04	REACONDICIONAMIENTO DE AREAS OCUPADS DURANTE EL PROCESO CONSTRUCTIVO	glb	1.00
<b>04.02</b>	<b>LIMPIEZA</b>		
04.02.01	LIMPIEZA PERMANENTE EN OBRA	mes	1.00
04.02.02	LIMPIEZA FINAL EN OBRA	glb	1.00
<b>05</b>	<b>ACCESORIOS COMPLEMENTARIOS</b>		
<b>05.01</b>	<b>ACCESORIOS COMPLEMENTARIOS</b>		
05.01.01	PLACA RECORDATORIA GRABADO EN MARMOL DE 40 cm X 60 cm	u	1.00
<b>06</b>	<b>MOVIMIENTO DE TIERRAS</b>		
<b>06.01</b>	<b>EXCAVACIONES</b>		
06.01.01	CORTE DE TERRENO A NIVEL DE CIMENTACION	m3	407.19
<b>06.02</b>	<b>RELLENOS</b>		
06.02.01	RELLENO COMPACTADO CON MATERIAL PROPIO	m3	78.68
<b>06.03</b>	<b>NIVELACION DEL TERRENO</b>		
06.03.01	PERFILADO DE SUB RASANTE Y COMPACTADO CON MAQUINARIA Y EQUIPO	m2	630.00
<b>06.04</b>	<b>ELIMINACION DE MATERIAL EXCEDENTE</b>		
06.04.01	ACARREO INTERNO, MATERIAL PROCEDENTE DE EXCAVACIONES	m3	508.99
06.04.02	ELIMINACIÓN DE MATERIAL EXCEDENTE	m3	508.99
<b>07</b>	<b>EXTRACCION Y ACARREO DE PIEDRA PARA GAVIONES</b>		
<b>07.01</b>	<b>EXTRACCION</b>		
07.01.01	EXTRACCION, SELECCION Y ACOPIO DE PIEDRA DE RIO DE 6 - 10"	m3	292.50
<b>07.02</b>	<b>CARGUIO</b>		
07.02.01	CARGUIO Y TRANSPORTE DE PIEDRA SELECCIONADA DESDE CANTERA HASTA LA OBRA DITS.<10 KM CON VOLQUETE	m3	292.50
<b>08</b>	<b>GAVIONES</b>		
<b>08.01</b>	<b>GAVION</b>		
08.01.01	SUM. E INST. DE GAVION CAJA 5.00X1.50X1.00m	u	18.00
08.01.02	SUM. E INST. DE GAVION CAJA 5.00X1.00X1.00m	u	18.00
08.01.03	SUM. E INST. DE GAVION COLCHON 5.00X2.50X0.30m	u	18.00
<b>08.02</b>	<b>LLENADO</b>		
08.02.01	LLENADO CON PIEDRAS DEL GAVION CAJA 5.00X1.50X1.00m	u	18.00
08.02.02	LLENADO CON PIEDRAS DEL GAVION CAJA 5.00X1.00X1.00m	u	18.00
08.02.03	LLENADO CON PIEDRAS DEL GAVION COLCHON 5.00X2.00X0.30m	u	18.00
<b>09</b>	<b>GEOTEXILES</b>		
<b>09.01</b>	<b>GEOTEXILES</b>		
09.01.01	SUM. E INST. DE GEOTEXTIL NO TEJIDO NT250 250 gr/m2	m2	450.00

Fuente: Elaboración Propia.

- **Análisis de costos unitarios:** De acuerdo al desarrollo de la incidencia de la mano de obra, materiales y/o insumos, herramientas y equipos de todas las partidas que intervienen en el proceso de construcción del muro gavión, se presenta en la tabla 28 los costos unitarios de cada partida:

**Tabla 28 – Costo unitario por partida.**

<b>ITEM</b>	<b>PARTIDA</b>	<b>UND</b>	<b>PRECIO</b>
<b>01</b>	<b>OBRAS PROVISIONALES</b>		
<b>01.01</b>	<b>CONSTRUCCIONES PROVISIONALES</b>		
01.01.01	ALMACEN, OFICINA Y CASETA DE GUARDIANIA	m2	193.63
01.01.02	SERVICIOS HIGIENICOS PROVISIONAL	día	20.00
01.01.03	CARTEL DE OBRA 2.40X3.60 m.	u	1,325.09
<b>02</b>	<b>TRABAJOS PRELIMINARES</b>		
<b>02.01</b>	<b>LIMPIEZA Y DEMOLICION</b>		
02.01.01	LIMPIEZA Y DESBROCE EN CAUCE	m2	8.88
<b>02.02</b>	<b>MOVILIZACION DE CAMPAMENTO, MAQUINARIA Y HERRAMIENTAS</b>		
02.02.01	MOVILIZACION Y DESMOVILIZACION DE CAMPAMENTO, MAQUINARIA Y HERRAMIENTAS	est	18,363.99
<b>02.03</b>	<b>TRAZO, NIVELES Y REPLANTEO</b>		
02.03.01	TRAZO Y REPLANTEO PRELIMINAR	m2	3.15
<b>02.04</b>	<b>FLETE TERRESTRE</b>		
02.04.01	TRANSPORTE DE MATERIALES EN GENERAL	tm	218
02.04.02	TRANSPORTE DE MATERIALES ESPECIAL	tm	436.01
<b>03</b>	<b>SEGURIDAD Y SALUD</b>		
<b>03.01</b>	<b>SEGURIDAD Y SALUD EN OBRA</b>		
03.01.01	ELAB., IMPLMNT. Y ADMINIST. DEL PLAN DE SEG. Y SALUD	glb	800.00
03.01.02	EQUIPOS DE PROTECCION INDIVIDUAL	u	168.00
03.01.03	EQUIPOS DE PROTECCION COLECTIVA	glb	84.50
03.01.04	SEÑALIZACION TEMPORAL DE SEGURIDAD	glb	120.00
03.01.05	CAPACITACION EN SEGURIDAD Y SALUD	glb	500.00
03.01.06	RECURSOS P/RESPUESTAS ANTE EMRGENC. EN SEG. Y SALUD	glb	90.00
<b>04</b>	<b>IMPACTO AMBIENTAL</b>		
<b>04.01</b>	<b>IMPACTO AMBIENTAL</b>		
04.01.01	MONITOREO DEL PLAN DE MITIGACION DE IMPACTO AMBIENTAL	glb	12,000.00
04.01.02	HABILITACION Y ACONDICIONAMIENTO DE BOTADERO	glb	717.28
04.01.03	RIEGO PARA MITIGACION DE POLVO	glb	1,477.56
04.01.04	REACONDICIONAMIENTO DE AREAS OCUPADS DURANTE EL PROCESO CONSTRUCTIVO	glb	901.66
<b>04.02</b>	<b>LIMPIEZA</b>		
04.02.01	LIMPIEZA PERMANENTE EN OBRA	mes	403.70
04.02.02	LIMPIEZA FINAL EN OBRA	glb	532.90
<b>05</b>	<b>ACCESORIOS COMPLEMENTARIOS</b>		
<b>05.01</b>	<b>ACCESORIOS COMPLEMENTARIOS</b>		
05.01.01	PLACA RECORDATORIA GRABADO EN MARMOL DE 40 cm X 60 cm	u	800.00
<b>06</b>	<b>MOVIMIENTO DE TIERRAS</b>		
<b>06.01</b>	<b>EXCAVACIONES</b>		

06.01.01	CORTE DE TERRENO A NIVEL DE CIMENTACION	m3	21.71
<b>06.02</b>	<b>RELLENOS</b>		
06.02.01	RELLENO COMPACTADO CON MATERIAL PROPIO	m3	86.36
<b>06.03</b>	<b>NIVELACION DEL TERRENO</b>		
	PERFILADO DE SUB RASANTE Y COMPACTADO CON		
06.03.01	MAQUINARIA Y EQUIPO	m2	17.66
<b>06.04</b>	<b>ELIMINACION DE MATERIAL EXCEDENTE</b>		
06.04.01	ACARREO INTERNO, MATERIAL PROCEDENTE DE EXCAVACIONES	m3	13.32
06.04.02	ELIMINACIÓN DE MATERIAL EXCEDENTE	m3	48.74
<b>07</b>	<b>EXTRACCION Y ACARREO DE PIEDRA PARA GAVIONES</b>		
<b>07.01</b>	<b>EXTRACCION</b>		
07.01.01	EXTRACCION, SELECCION Y ACOPIO DE PIEDRA DE RIO DE 6 - 10"	m3	89.76
<b>07.02</b>	<b>CARGUIO</b>		
07.02.01	CARGUIO Y TRANSPORTE DE PIEDRA SELECCIONADA DESDE CANTERA HASTA LA OBRA DITS.<10 KM CON VOLQUETE	m3	51.75
<b>08</b>	<b>GAVIONES</b>		
<b>08.01</b>	<b>GAVION</b>		
08.01.01	SUM. E INST. DE GAVION CAJA 5.00X1.50X1.00m	u	742.59
08.01.02	SUM. E INST. DE GAVION CAJA 5.00X1.00X1.00m	u	712.59
08.01.03	SUM. E INST. DE GAVION COLCHON 5.00X2.50X0.30m	u	536.16
<b>08.02</b>	<b>LLENADO</b>		
08.02.01	LLENADO CON PIEDRAS DEL GAVION CAJA 5.00X1.50X1.00m	u	150.28
08.02.02	LLENADO CON PIEDRAS DEL GAVION CAJA 5.00X1.00X1.00m	u	112.71
08.02.03	LLENADO CON PIEDRAS DEL GAVION COLCHON 5.00X2.00X0.30m	u	90.16
<b>09</b>	<b>GEOTEXTILES</b>		
<b>09.01</b>	<b>GEOTEXTILES</b>		
09.01.01	SUM. E INST. DE GEOTEXTIL NO TEJIDO NT250 250 gr/m2	m2	13.90

Fuente: Elaboración Propia.

- **Presupuesto:** Teniendo en consideración la planilla de metrados y los costos unitarios de cada partida que intervienen en el proceso de construcción del muro gavión, se presenta en la tabla 29 el presupuesto que implica la construcción del sistema de alcantarillado:

**Tabla 29 – Presupuesto del muro gavión.**

<b>ITEM</b>	<b>PARTIDA</b>	<b>MONTO PARCIAL</b>
	MURO GAVIÓN	
01	OBRAS PROVISIONALES	7,823.99
02	TRABAJOS PRELIMINARES	29,478.93
03	SEGURIDAD Y SALUD	4,954.50
04	IMPACTO AMBIENTAL	16,033.10
05	ACCESORIOS COMPLEMENTARIOS	800.00
06	MOVIMIENTO DE TIERRAS	58,348.61
07	EXTRACCION Y ACARREO DE PIEDRA PARA GAVIONES	41,391.68
08	GAVIONES	42,200.82
09	GEOTEXTILES	6,255.00
	<b>COSTO DIRECTO</b>	<b>207,286.63</b>

**Fuente: Elaboración Propia.**

## CAPÍTULO V

### DISCUSIÓN DE RESULTADOS

#### 5.1. Discusión de resultados específicos

- A. La presente investigación, se dio inicio con el estudio topográfico del trayecto del río en estudio (puente kirahuanero), en el cual se emplazará los gaviones como medio de protección contra socavaciones de los dados del puente, el estudio topográfico se realizó en estación seca, lo que permitió hacer un levantamiento topográfico minucioso de orillas del río, así como de las orillas y márgenes del puente kirahuanero, con el objetivo de plasmar un plano en planta y de secciones transversales, el cual permitió observar la morfología del río en el punto de ubicación del puente kirahuanero. Del estudio de mecánica de suelos podemos mencionar que los suelos ubicados en el lugar de estudio (puente kirahuanero) están compuestos por arenas limosas y arcillosas (SW-SC), con una plasticidad de 4.55, con un porcentaje de humedad de 28.75 y un valor de capacidad admisible de 1.15 kg/cm<sup>2</sup>. Para el estudio hidrológico se trabajó con archivos de 20 años, información de caudales máximos del río en estudio (puente kirahuanero), así mismo se realizó el análisis estadístico utilizando la distribución de probabilidades pluviométricas mediante Gumbel. Se obtuvo caudales de diseño para distintos periodos de retorno principalmente de 50, 100 y 200 años (Distribución Gumbel). Al efectuar el análisis de los diferentes periodos, se tomó la decisión de utilizar el diseño de gaviones para un periodo de retorno de 100 años.
- B. La presente investigación considera como resultado la proyección de cuatro (04) muros gaviones, que fueron ubicados y proyectados teniendo en cuenta situación actual y de diseño de la morfología del borde del río en el puente kirahuanero. La vista en planta del emplazamiento de los gaviones, se presenta en el Plano de

Planteamiento Hidráulico PH. Según el diseño propuesto, las dimensiones y características del gavión:

- Altura = 3.00 m
- Ancho de la base = 4.50 m
- Corona = 1.00 m

C. Para determinar el costo de construcción de los muros gaviones como sistema de defenza contra las socavaciones de los dados del puente kirahuanero, se tuvo como primer paso el de realizar la cuantificación de los metrados de todas las actividades que intervienen en el proceso constructivo, seguidamente se llevó a cabo el análisis de costos unitarios donde inciden la mano de obra, materiales y/o insumos y herramientas y equipos de todas las actividades y finalmente se determina el costo de cada actividad multiplicándose para ello el metrado con sus respectivo costo unitario, se logró determinar que el costo de construcción del sistema de protección con muros gaviones es de S/ 207,286.63 (Doscientos Siete Mil Doscientos Ochenta y Seis con 63/100 soles).



## CONCLUSIONES

- A. Se realizó el estudio topográfico del tramo del río en estudio (puente kirahuanero), este estudio ha permitido realizar un levantamiento topográfico detallado tanto del borde del río, como también de ambas orillas y márgenes del puente kirahuanero, con el objetivo de plasmar un plano en planta y de secciones transversales. Del estudio de mecánica de suelos podemos mencionar que los suelos ubicados en el lugar de estudio (puente kirahuanero) están compuestos por arenas limosas y arcillosas (SW-SC), con una plasticidad de 4.55, con un porcentaje de humedad de 28.75 y un valor de capacidad admisible de 1.15 kg/cm<sup>2</sup>. En el estudio hidrológico se trabajó con archivos de 20 años (información de caudales máximos del río en estudio), así mismo se realizó el análisis estadístico empleando la distribución de probabilidades pluviométricas mediante Gumbel. Se ha obtenido caudales de diseño para diferentes periodos de retorno principalmente de 50, 100 y 200 años (Distribución Gumbel).
- B. Como metodología de diseño, se tiene el diseño hidráulico de gaviones tipo cajón, del diseño realizado se proyecta 04 gaviones (de 3m de altura, 4m de ancho de base y 1m de corona), que fueron ubicados y proyectados teniendo en cuenta situación actual y de diseño de la morfología de la borde del cauce del río donde se ubica el puente kirahuanero, esto permitiría dirigir y distanciar del borde a las líneas de corriente con alta velocidad, y así evitar que los dados del puente kirahuanero se socaven.
- C. El costo de construcción del sistema de protección con muros gaviones es de S/ 207,286.63 (Doscientos Siete Mil Doscientos Ochenta y Seis con 63/100 soles).

## **RECOMENDACIONES**

1. La elaboración de la obra será beneficioso para la CC.NN. de Kirahuanero, puesto que la instalación de los gaviones como medio de protección contra la socavación de los dados del puente, permitirá que esta estructura permanezca en buenas condiciones de uso.
2. Se deberá tener en consideración que la roca a ser usada deberá presentar las siguientes características: en estar en óptimas condiciones, ser de alta densidad, ser resistente, buena durabilidad, libre de fallas que no alteren la estructura, carentes de fisuras y elementos extraños adheridos o incrustados que pudieran causar daños e inestabilidad al sistema de gaviones en el dados del puente Kirahuanero.
3. Se deberá tomar en cuenta métodos y procedimientos de ingeniería que se tenga en cuenta en otros proyectos similares o parecidos, se deberá tener en cuenta el uso de materiales que existen en la zona de estudio, de tal manera que el costo de la obra se pueda reducir.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Camargo. J. 2001. Manual de Gaviones. Pág. 113 - 138.
- Cidelsa. 2017. Muro de Contención con Gaviones - memoria de diseño. Pág. 2 - 10.
- Instituto Nacional de Defensa Civil. 2018. Reporte de emergencias SINDAP.<<http://www.sinpad.indeci.gob.pe/PortalSINPAD>>.
- Maccaferri. 2008. Gavión tipo colchón. Dimensionamiento de los revestimientos. Pág. 2-22.
- Martin, J. 2002 Ingeniería de Ríos, 2 ed. Barcelona Universidad Politécnica de Cataluña. Pág. 101.
- Ministerio de Economía y Finanzas. 2011. Guía simplificada para la identificación, formulación y evaluación social de proyectos de inversión pública de servicios de protección frente a inundaciones. Perú. <<https://www.mef.gob.pe>>.
- Neermal, M. 2012. The use of gabions in hydraulic applications. Civil Engineering. Pág.37-39.
- Rocha, A. 1998. Introducción a la Hidráulica Fluvial. Erosión de cauces fluviales. Editorial UNI. Pág. 201 - 205.
- Universidad Autónoma Gabriel Rene Moreno. 2008. Manual de Diseño de Obras de Defensa y Protección. Pág. 90 - 100.
- Velásquez. T. 2006. Guía simplificada para la identificación, formulación y evaluación social de proyectos de inversión pública de servicios de protección frente a inundaciones. Pág. 32 - 40.

## **ANEXOS**

- ANEXO 01 – Matriz de Consistencia.
- ANEXO 02 – Estudio Topográfico.
- ANEXO 03 – Estudio de Mecánica de Suelos.
- ANEXO 04 – Estudio Hidrológico.
- ANEXO 05 – Diseño de Gaviones.
- ANEXO 06 – Planilla de Metrados.
- ANEXO 07 – Análisis de Costos Unitarios.
- ANEXO 08 – Presupuesto.
- ANEXO 09 – Planos.