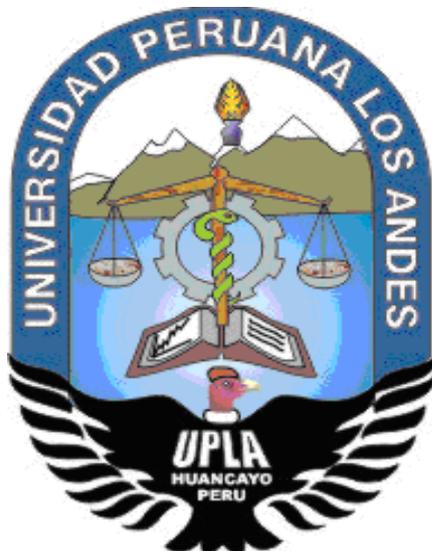


**UNIVERSIDAD PERUANA LOS ANDES**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA**  
**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL**



**TESIS**

**DISEÑO HIDRÁULICO Y ESTRUCTURAL DE  
ESPIGONES FRENTE A LA SOCAVACIÓN DE LOS  
ESTRIBOS DEL PUENTE MATAPUQUIO -  
PARIAHUANCA - JUNÍN**

**PRESENTADO POR:**

Bach. MATAMOROS CASTRO, Frans Erick

**Línea de Investigación Institucional:**

Salud y Gestión de Salud

**Línea de Investigación de la Escuela Profesional:**

Hidráulica

**PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:**

**INGENIERO CIVIL**

**HUANCAYO – PERU**

**2020**

## **CONTRATAPA**

---

**M SC. JULCA SANTOS JACQUELINE**  
**ASESOR METODOLÓGICO**

---

**Mg. HENRY PAUTRAL EGOAVIL**  
**ASESOR TEMÁTICO**

## **DEDICATORIA**

La presente tesis es dedicada a Dios, por ser siempre mi guía en el andar de mi vida personal y profesional, de igual forma a mis padres, quienes me otorgaron su apoyo incondicional para la culminación de mis estudios de pre grado en la Universidad Peruana los Andes.

## **HOJA DE CONFORMIDAD DE JURADOS**

---

**DR. RUBEN DARIO TAPIA SILGUERA  
PRESIDENTE**

---

**DR. SEVERO SIMEÓN CALDERON SAMANIEGO**

---

**MG. JEANNELLE SOFÍA HERRERA MONTES**

---

**ING. RANDO PORRAS OLARTE**

---

**MG. MIGUEL ANGEL CARLOS CANALES  
SECRETARIO GENERAL**

# ÍNDICE

CONTRATAPA .....	II
DEDICATORIA .....	IV
ÍNDICE .....	VI
ÍNDICE DE TABLAS .....	IX
ÍNDICE DE FIGURAS .....	X
RESUMEN .....	XI
ABSTRACT .....	XII
INTRODUCCIÓN .....	XIII
CAPITULO I .....	16
EL PROBLEMA DE LA INVESTIGACIÓN .....	16
1.1. Planteamiento del Problema .....	16
1.2. Formulación del Problema .....	18
1.2.1. Problema General .....	18
1.2.2. Problemas Específicos .....	18
1.3. Justificación .....	18
1.3.1. Práctica .....	18
1.3.2. Social .....	19
1.3.3. Teórica .....	19
1.3.4. Metodológica .....	19
1.4. Delimitaciones .....	20
1.4.1. Espacial .....	20
1.4.2. Temporal .....	22
1.4.3. Conceptual o Temática .....	22
1.5. Objetivos .....	22
1.5.1. Objetivo General .....	22
1.5.2. Objetivos Específicos .....	22
CAPITULO II .....	24

MARCO TEÓRICO .....	24
2.1. Antecedentes .....	24
2.1.1. NACIONALES .....	24
2.2. Marco Conceptual.....	35
2.2.1. Teorías de la Investigación .....	35
2.2.1.1 Espigones .....	35
2.2.1.2 Forma de Espigones .....	35
2.2.1.3 Tipos de Espigones .....	38
2.2.1.4 Materiales y Elementos Empleados en la Construcción .....	39
2.2.1.5 Datos Para Diseño de Espigones .....	39
2.2.1.6 Elementos a Diseñar de los Espigones .....	41
2.2.1.7 Socavación en Estribos de Puentes .....	45
2.2.1.8 Medidas de Protección de Socavación de Estribos de Puentes.....	46
2.2.1.9 Socavación .....	47
2.2.1.10 Tipos de Socavación .....	47
2.3. Definición de Términos.....	48
2.4. HIPÓTESIS .....	51
2.4.1. Hipótesis General .....	51
2.4.2. Hipótesis Específicos .....	52
2.5. Variables.....	52
2.5.1. Definición Conceptual de la Variable.....	52
2.5.2. Definición Operacional de la Variable .....	53
2.6 Operacionalización de las Variables.....	53
CAPÍTULO III .....	55
METODOLOGÍA.....	55
3.1. Método de Investigación .....	55
3.2. Tipo de Investigación.....	55
3.3. Nivel de Investigación.....	56
3.4. Diseño de Investigación .....	56
3.5. Población y Muestra .....	57
3.5.1. Población.....	57
3.5.2. Muestra.....	57

3.6. Técnicas e Instrumentos de Recopilación de Datos .....	57
3.6.1. Fuentes de Información .....	57
3.6.2. Técnicas .....	57
3.6.3. Instrumentos .....	59
3.7. Procedimiento de la Información .....	59
3.8. Técnicas y Análisis de Datos .....	59
CAPÍTULO IV.....	60
RESULTADOS .....	60
4.1. Presentación de Resultados Específicos.....	60
CAPÍTULO V.....	81
DISCUSIÓN DE RESULTADOS .....	81
5.1. Discusión de Resultados Específicos.....	81
CONCLUSIONES .....	83
RECOMENDACIONES .....	85
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	86
ANEXOS.....	88

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 – Variables de Investigación. ....	53
Tabla 2 – Operacionalización de la Variable. ....	53
Tabla 3 – Caudales Medios (m <sup>3</sup> /seg). ....	60
Tabla 4 – Calculo de la Sección Estable del Rio Yuracyacu. ....	67
Tabla 5 – Calculo de la Sección Típica del Espigón. ....	68
Tabla 6 – Calculo de la Profundidad de Socavación. ....	71
Tabla 7 – Calculo de la Profundidad de la Uña. ....	72
Tabla 8 – Calculo Estructural de Espigones. ....	73
Tabla 9 – Calculo de Estabilidad de Espigones. ....	74

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1- Ubicación Geográfica de la Zona de Investigación. ....	20
Figura 2- Ubicación del Distrito de Pariahuanca. ....	21
Figura 3- Ubicación del Centro Poblado de San Balvín. ....	22
Figura 4- Espigón Recto de Cabeza Redondeada. ....	36
Figura 5- Espigón Transversal Variable con Cabeza Redondeada. ....	36
Figura 6- Espigón en Forma de L (Martillo). ....	36
Figura 7- Espigón en Forma de T. ....	37
Figura 8- Espigón de Forma Mixta. ....	37
Figura 9- Espigón de Doble Angulo. ....	37
Figura 10- Espigón Curvados, Tipo "Hockey". ....	38
Figura 11- Líneas Extremas de Defensa en una Rectificación. ....	42
Figura 12- Líneas Extremas de Defensa Para Proteger las Márgenes. ....	43
Figura 13- Eje del Río y Radios de Curvatura. ....	43
Figura 14- Método Para Obtener el Espaciamiento Entre Espigones. ....	44
Figura 15- Orientación de los Espigones. ....	45
Figura 16- Sistema de Vórtices Durante la Erosión en un Estribo. ....	46
Figura 17- Distribución Log Normal. ....	62
Figura 18- Distribución Gumbel. ....	63
Figura 19- Distribución Pearson III. ....	64

## RESUMEN

La presente investigación tiene como problema general ¿De qué manera el diseño Hidráulico y estructural de espigones influye en la Socavación de los estribos del puente Matapuquio –Pariahuanca - Junín?, planteando el objetivo general Determinar la influencia del diseño hidráulico y estructural de los Espigones frente a la Socavación de los estribos del puente Matapuquio – Pariahuanca - Junín.

La investigación fue de tipo aplicada, con un método científico, los instrumentos fueron fichas de observación, encuestas, cuestionarios, entre otros., como población de la investigación se tiene al distrito de Pariahuanca, considerándose como muestra al puente Matapuquio el cual se encuentra sobre las aguas del río Yuracyacu de la localidad de San Balvín - Pariahuanca - Huancayo–Junín.

Se concluye que se considera la construcción de obras transversales de protección de riberas conformada por “Espigones deflectores de flujo” de mediana longitud, emplazados y anclados en la margen del cauce del río Yuracyacu y dispuestos de manera angular a la dirección principal del flujo de agua a lo largo de la ribera y que se ubica en el lugar del puente Matapuquio, para de esta manera neutralizar el proceso erosivo de los estribos de dicha estructura.

**Palabras claves:** Espigones, Defensas Ribereñas y Socavación.

## **ABSTRACT**

The present investigation presents as a general problem, in what way does the Hydraulic and structural design of breakwaters influence the Scouring of the abutments of the Matapuquio -Pariahuanca-Junín bridge, Posing the general objective of Determining the influence of the hydraulic and structural design of the Breakwaters in front of to the Scouring of the abutments of the Matapuquio - Pariahuanca-Junín bridge.

The research was of an applied type, the techniques used were, the documentary analysis. The instruments were observation files, surveys, questionnaires, among others, as the population of the Pariahuanca district, considering as a sample the beneficiary population of the town of San Balvín of the course of the Yuracyacu river.

It is concluded that the construction of cross-bank protection works is considered, made up of "flow deflector breakwaters" of medium length, located and anchored on the bank of the Yuracyacu river channel and arranged at an angle to the main direction of the water flow. along the bank and which is located in the place of the Matapuquio bridge, in order to neutralize the erosive process of the abutments of said structure.

**Keywords:** Breakwaters, Riverine Defenses and Undermining.

## INTRODUCCIÓN

El presente trabajo de investigación cuyo título es: “Diseño hidráulico y estructural de espigones frente a la socavación de los estribos del puente Matapuquio - Pariahuanca - Junín”, el cual fue elaborado en concordancia y aplicación a lo estipulado en el Reglamento de Grados y Títulos emitido por la Facultad de Ingeniería de la Universidad Peruana Los Andes.

Los espigones son elementos que parte de la orilla del río, puede o no estar empotrado y penetra en el río. Esto los hace muy susceptibles a las influencias hidráulicas.

Con el diseño hidráulico y estructural de espigones, se tiene una propuesta de solución a los problemas de socavación de los estribos del puente Matapuquio, para ello es importante desarrollar los estudios básicos de ingeniería, determinar los componentes estructurales de las obras de protección, elaborar el planteamiento hidráulico y estructural, así como desarrollar su viabilidad como proyecto a nivel de ejecución.

Para el desarrollo del trabajo de investigación se planteó como objetivo general; Determinar la influencia del diseño hidráulico y estructural de los espigones frente a la socavación de los estribos del puente Matapuquio – Pariahuanca - Junín y como objetivos específicos; Determinar la influencia del diseño hidráulico de espigones frente a la socavación de los estribos del puente Matapuquio –Pariahuanca -Junín, Determinar la influencia del diseño estructural de espigones frente a la socavación de los estribos del puente Matapuquio –Pariahuanca – Junín, Determinar el diseño hidráulico y estructural de espigones, mediante el análisis y definición de elementos a diseñar, frente a la socavación de estribos del puente Matapuquio –Pariahuanca -Junín y Establecer la viabilidad técnica para la propuesta de construcción de espigones frente a la socavación de los estribos del puente Matapuquio –Pariahuanca - Junín. Por lo que con el desarrollo del presente trabajo de investigación se pretende demostrar las ventajas de los espigones frente a las socavaciones de estribos de puentes y ser considerado como una opción de tecnología válida.

Para el entendimiento del tema abordado durante el desarrollo de la investigación, la tesis se encuentra dividido mediante capítulos, explicándose cada capítulo de una manera enmarcada y concreta en relación al tema de investigación.

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 hidráulico y estructural de espigones.

En el capítulo V, se da la discusión de los resultados obtenidos sobre el diseño hidráulico y estructural de espigones, 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 sustentatoria del desarrollo de la investigación.

Bach. Matamoros Castro, Frans Erick.



# CAPITULO I

## EL PROBLEMA DE LA INVESTIGACIÓN

### 1.1. Planteamiento del Problema

Como consecuencia de la inestabilidad fluvial y de la exigencia de aprovechar los ríos y sus áreas próximas surgió en casi todas partes del mundo, desde épocas muy antiguas, la necesidad de construir defensas fluviales. El incremento poblacional y la búsqueda de mejores condiciones de vida han hecho más imperiosa esa exigencia.

En las últimas décadas, en las diferentes regiones del Perú, se han intensificado cambios climáticos de consideración, que vienen alterando el comportamiento hidrológico de las cuencas y sub-cuencas que conforman las vertientes hidrográficas. Estos cambios inciden directamente en los cursos de agua, independientemente de su orden y ubicación dentro del sistema hidrográfico.

Los gobiernos locales, regionales y demás administraciones que representan a las poblaciones tienen como misión la atención y prevención de desastres, así como el cuidado de los recursos hídricos como medio de transporte y de sustento familiar en algunos sectores municipales. Los cambios geomorfológicos, sumados, a los problemas de socavación en aumento progresivo en la cuenca debido a la deforestación de extensas áreas de zonas andinas, tropicales o costeñas, a los cambios climáticos que se viven alrededor del mundo en donde los periodos de lluvias son mucho más fuertes y los veranos más intensos, y a la construcción de algunas estructuras hidráulicas, como presas, han aumentado la cantidad de sedimentos presentes en los ríos rompiendo el equilibrio en el transporte de los mismos, en su afán de satisfacer algunas necesidades básicas de la población urbana; han ido provocando daños irreversibles en la dinámica de los ríos que traen como consecuencias inundaciones de zonas urbanas cercanas a estos cauces. Debido a esta iniciativa, surge la idea de la protección de las márgenes del río Yuracyacu distrito de Pariahuanca, provincia de Huancayo, región Junín

mediante estructuras de enrocados ya sea naturales o artificiales, o la posible aparición de alguna nueva estructura que pueda ser planteada por parte de la comunidad. Las redes fluviales constituyen un sistema altamente organizado de rasgos físicos e hidráulicos, delicadamente ajustados a través de un desarrollo evolutivo que se pierden en la escala del tiempo geológico. Tenemos entonces la paradoja de un aumento de la socavación y de la producción de sedimentos por deforestación, intensificación de las prácticas agrícolas y de urbanización, acompañada por una disminución de la exportación de sedimentos en esas mismas cuencas. Esto significa que las cuencas están acopiando grandes volúmenes de sedimentos y el pronóstico de largo plazo para esos sistemas no es bueno. Debido a la ocurrencia del fenómeno de El Niño en el año 2015 y con las ocurridas posteriormente 1998 (muy intenso); aunque con menor intensidad en los años 1999, 2000 y 2001, el río Yuracyacu fue muy afectado, cuyos efectos negativos se reflejaron en inundaciones, que en algunos casos llegaron a destruir terrenos de cultivo, así como el colapso de la infraestructura vial (puente), vías de comunicación, etc., afectando de esta manera, principalmente la actividad agrícola, en todos los sectores del valle, lo que significó el incremento de la crisis económica de sus pobladores, especialmente de los que basan sus medios de vida en las tareas agrícolas. Teniendo en cuenta las características del río Yuracyacu en la parte media a baja del valle, es que de año en año sus riberas vienen siendo afectadas por las grandes descargas hídricas, teniendo que realizarse posteriormente tareas de rehabilitación para garantizar la protección de las áreas agrícolas y asentamientos poblacionales colindantes a través del Ministerio de Agricultura dentro del Programa de Encauzamiento de Ríos y Protección de Estructuras de Captación (PERPEC) y Programa de Prevención de Desastres por el Fenómeno El Niño, ejecutando obras de defensas ribereñas y protección de estructuras de infraestructura vial (puentes). Este aporte se divide en dos grandes partes, siendo la primera un breve recuento de las actividades realizadas como practicante en ingeniería civil en proyectos de Saneamiento Básico del gobierno regional de Junín ; la

segunda parte es todo el estudio teórico y experimental que se está realizando actualmente de las obras de control y protección que se construyeron en la zona de estudio, y una serie de recomendaciones de otras series de estructuras en lugares que se consideran igualmente críticos con el fin de lograr prevenir un desastre en un futuro.

## **1.2. Formulación del Problema**

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

### **1.2.1. Problema General**

¿Cuál es el diseño hidráulico y estructural de espigones frente a la Socavación de los estribos del puente Matapuquio –Pariahuanca - Junín?

### **1.2.2. Problemas Específicos**

- a) ¿Cuál es el diseño **hidráulico** de espigones frente a la socavación de los estribos del puente Matapuquio – Pariahuanca -Junín?
- b) ¿Cuál es el diseño **estructural** de espigones frente a la socavación de los estribos del puente Matapuquio – Pariahuanca -Junín?
- c) ¿Cuál es la viabilidad técnica para la propuesta de construcción de espigones frente a la socavación de los estribos del puente Matapuquio –Pariahuanca -Junín?

## **1.3. Justificación**

### **1.3.1. Práctica**

Se realizó la siguiente investigación para proponer una estructura de espigones para la protección de los estribos del puente Matapuquio debido a las crecidas del caudal del Río Yuracyacu tramo San Balvín -Huancayo–Junín, con tal fin de que el alumno

pueda obtener el título de Ingeniero Civil aplicando todos los conocimientos obtenidos en los años de estudio.

### **1.3.2. Social**

Con este estudio de investigación sobre el diseño hidráulico y estructural de espigones, se protegería a los estribos del puente – Matapuquio antes las socavaciones que pueda sufrir estas estructuras, así de esta forma este estudio de investigación beneficia a la población de San Balvín – Pariahuanca – Huancayo – Junín.

### **1.3.3. Teórica**

El desarrollo de los estudios básicos de ingeniería, para el diseño hidráulico y estructural de espigones frente a la socavación de los estribos del puente Matapuquio, se sustentó en la aplicación de las teorías de topografía en la ingeniería civil, la mecánica de suelos, de la hidráulica fluvial y de la hidrología superficial o de escurrimiento en cauces naturales.

### **1.3.4. Metodológica**

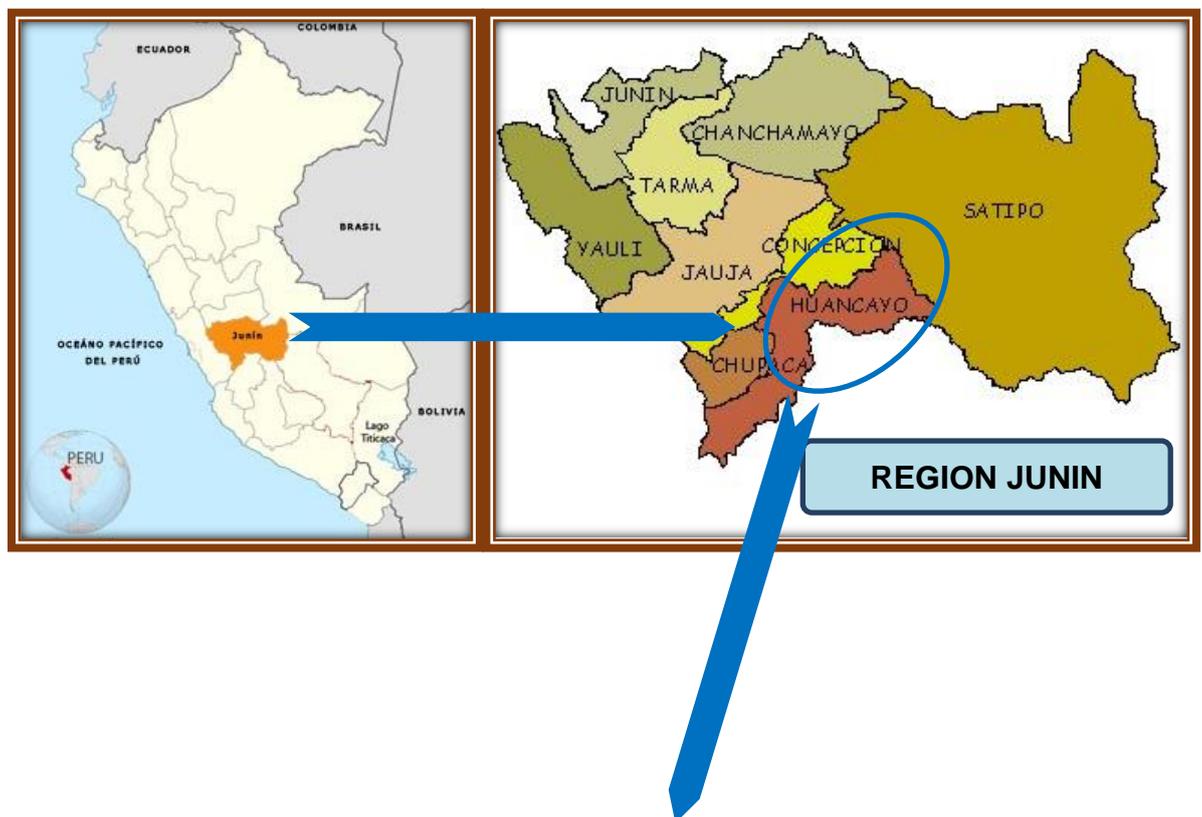
La presente investigación determinó el diseño hidráulico y estructural frente a los efectos de socavación de los estribos del puente Matapuquio. El instrumento diseñado y elaborado para la investigación sirvió para la selección de información, asimismo para analizar los datos, los mismos que han sido guiado y orientados mediante el método Científico. La metodología utilizada servirá para investigaciones similares y con aplicación a otros temas de índole civil e hidráulica, por lo que se recomienda utilizar esta metodología como alternativa de solución implementado con diseño de espigones.

## 1.4. Delimitaciones

### 1.4.1. Espacial

El lugar en que se desarrolló la investigación es en el Centro Poblado de San Balvín – Distrito de Pariahuanca – Provincia de Huancayo – Región Junín.

**Figura 1- Ubicación Geográfica de la Zona de Investigación.**





Fuente: <https://www.deperu.com/calendario/871/creacion-politica-de-la-provincia-de-huancayo>

Figura 2- Ubicación del Distrito de Pariahuanca.



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

**Figura 3- Ubicación del Centro Poblado de San Balvín.**



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

#### **1.4.2. Temporal**

El trabajo se realizó durante los meses de junio, julio, agosto, setiembre y octubre del año 2020.

#### **1.4.3. Conceptual o Temática**

La investigación se realizará haciendo el uso de estudio de acuerdo a las variables:

**Variable Independiente:** Diseño Hidráulico y Estructural de Espigones.

**Variable Dependiente:** Socavación de Estribos del Puente.

### **1.5. Objetivos**

#### **1.5.1. Objetivo General**

Realizar el diseño hidráulico y estructural de los espigones frente a la Socavación de los estribos del puente Matapuquio – Pariahuanca - Junín.

#### **1.5.2. Objetivos Específicos**

a) Definir el diseño hidráulico de espigones frente a la socavación de los estribos del puente Matapuquio –Pariahuanca -Junín.

- b) Determinar el diseño estructural de espigones frente a la Socavación de los estribos del puente Matapuquio – Pariahuanca - Junín.
- c) Establecer la viabilidad técnica para la propuesta de construcción de espigones frente a la socavación de los estribos del puente Matapuquio –Pariahuanca -Junín.

## CAPITULO II

### MARCO TEÓRICO

#### 2.1. Antecedentes

##### 2.1.1. NACIONALES

(Castillo Luicho & Ramírez Cornejo, 2022), realizó el trabajo de investigación “**Estudio hidrológico e hidráulico para el diseño del puente Pucayacu, localizado en el tramo: Mayocc – Huanta en la progresiva 3+200, aplicando los softwares HEC-HMS e Iber V2.0**”. En el país de Perú. El objetivo general del presente Proyecto de Tesis es determinar caudales de diseño en la zona de estudio, para obtener la cota de fondo de viga y la profundidad necesaria para las cimentaciones del nuevo puente Pucayacu. Se llevó a cabo 03 alternativas para el dimensionamiento hidráulico del puente, teniendo en consideración el eje establecido en el proyecto. Previamente, se realizó un estudio hidrológico de la zona de estudio para estimar caudales de diseño aplicando el software HEC-HMS. Asimismo, con los resultados obtenidos del estudio hidrológico, se modeló el comportamiento del curso de agua en el software IBER v2.0, evaluando el Nivel de Agua 8 Máximo Extraordinario (NAME) y la altura de socavación. Como conclusión en la actualidad, podemos concluir que una manera de facilitar y agilizar el proceso de elaboración de Estudios Hidrológicos es recopilar información digitalizada, confiable y gratuita que proporciona organizaciones como gobiernos regionales (por ejemplo: SIAR), entes nacionales (por ejemplo: MINEDU, ANA), o internacionales (Por ejemplo: NASA).

(Alvítez Vásquez & Vela Llanos, 2021), realizó el trabajo de investigación “**Diseño hidráulico y estructural, con elementos**

**prefabricados de concreto simple (tetrápodos), para la defensa ribereña en las márgenes del Río Chancay, Tramo Puente Eten-Monsefú, Chiclayo, Lambayeque**". En el país de Perú. El objetivo general del presente proyecto es elaborar el diseño hidráulico y estructural con elementos prefabricados de concreto simple (tetrápodos), para la defensa ribereña en las márgenes del río Chancay, tramo puente Eten - Monsefú, Chiclayo, Lambayeque. Con la utilización de estos elementos prefabricados, se pretende dar solución al desprendimiento del enrocado de la defensa ribereña actual, ya que estos resisten los golpes de una ola de mar, por lo que en su diseño original son elaborados en la ingeniería costera, en los "rompeolas"; debido a que tienen un mejor acople entre ellos, se hará el nuevo diseño de diques a considerar, dando una mejor opción contra los ataques de los flujos, para así evitar el deterioro de las estructuras y que se generen desbordamientos por las fuertes precipitaciones que ocurren en la cuenca Chancay-Lambayeque. Como conclusión, los ensayos realizados en el Laboratorio de Mecánica de Suelos y Pavimentos de la Universidad Señor de Sipán nos permitió conocer el contenido de humedad, la distribución granulométrica y clasificación SUCS, Límite Líquido y Plástico, Compactación y Corte directo de las muestras extraídas de las canteras La Victoria y Tres Tomas, se apreció que la cantera La Victoria presenta material de grava bien graduada con presencia de arcilla y arena, con un índice de plasticidad de 15.56 %, y la cantera Tres Tomas presenta material de grava pobremente graduada con presencia de arena, esta no presenta plasticidad.

(Rivas Parraguez, 2018), realizó el trabajo de investigación "**Cuantificación de los efectos de la erosión y socavación en la estructura de puentes y su aplicación en el puente del Río Motupe del departamento de Lambayeque**". En el país de Perú. El objetivo general del presente Proyecto de Tesis es cuantificar los efectos de la erosión y socavación en la estructura de puentes

y su aplicación en el puente del Río Motupe del departamento de Lambayeque. El presente trabajo de tesis muestra un método alternativo a los métodos actuales, método con una metodología diferente, que permite un cálculo de la erosión alrededor de los pilares más aproximado, acorde con las características de los suelos de nuestro medio. Esta metodología considera necesario, para la predicción de la profundidad de erosión, la integración de un equipo multidisciplinario conformado por ingenieros hidráulicos, geotécnicos y geólogos. Como conclusión tenemos que los métodos existentes no consideran la estratigrafía del suelo, es decir, no toman en cuenta los diferentes estratos que pueden existir bajo el fondo del cauce de un río. Generalmente, se considera como si sólo existiera un manto de la misma granulometría y resistencia. Por esto, en ocasiones cuando se tiene un estrato de material no cohesivo (arenas) y este es seguido por un estrato de material cohesivo (generalmente arcillas) no se considera el primero, debido a que ofrece poca resistencia a la erosión.

(Cotrino Cano & Hernandez Genovez, 2017), realizó el trabajo de investigación "***Estudio de la socavación del proyecto del puente el inca ubicado en el río Chorobal del distrito de Chao mediante simulación numérica unidimensional***". En el país de Perú. El objetivo general del presente Proyecto de Tesis es realizar el estudio de la socavación del proyecto del puente el Inca ubicado en el río Chorobal del distrito de Chao mediante simulación numérica unidimensional. El presente trabajo de tesis se realizó mediante la recolección, registro y procesamiento de datos para realizarla la simulación hidráulica unidimensional, usando como instrumentos programas de informática como RIVER, ARC-GIS, HEC-RAS, entre otros programas complementarios. Como conclusión tenemos que el caudal de diseño para un periodo de retorno de 100 años es de 243.77 m<sup>3</sup>/s, y 664.37 m<sup>3</sup>/s para un periodo de retorno de 500 años,

ambos obtenidos mediante métodos estadísticos, a partir del cual se obtuvo una profundidad de socavación general de 1.88 m, mediante el método De Li. Lischt vanLebediev y una profundidad de socavación local en el estribo derecho de 7.41 m y en el estribo izquierdo de 7.93 m mediante el método de Hire, así como también para los pilares de 5.89 m con el método de la Universidad Estatal de Colorado (CSU) , llegando a la conclusión de proteger a los estribos con enrocados a 20 m aguas arriba y 20 m aguas abajo, y para los pilares proteger el perímetro con enrocado, y en su efecto considerar la profundidad de desplante para la cimentación de la subestructura, en función a la profundidad de socavación obtenida mediante la simulación numérica unidimensional con Hec-Ras.

(Jacay Mogollón , 2019), realizó el trabajo de investigación “***Diseño de espigones fabricados con troncos de árboles en el río Madre de Dios***”. En el país de Perú. El objetivo general del presente Proyecto de Tesis es diseñar los espigones Fabricados con Troncos de Árboles en el Río Madre de Dios -Ciudad de Puerto Maldonado y explicar su proceso, para que esta experiencia sirva como antecedente para futuros proyectos de control de erosión en ríos de la selva peruana. La investigación siguió un proceso secuencial y estructurado para corroborar una hipótesis que fue planteada antes de recolectar y analizar los datos. Así mismo, esta investigación es totalmente objetiva utilizando la lógica o pensamiento deductivo y evita la subjetividad y tendencias del investigador. Como conclusión, el círculo circunscrito que describe al meandro 28 (Zona la pastora), según los resultados, se ha desplazado aceleradamente en los últimos 15 años a una tasa de 8 m/año y ha reducido su radio a 1110.6 m. Por lo tanto, el meandro se está haciendo más afilado y para el año 2025 obtendrá un radio de 1056.5m. Esto sugiere un riesgo importante en la margen derecha del río que dañaría inevitablemente a la carretera interoceánica de no existir algún

tipo de protección. Además, esta protección no debe irrumpir de forma dramática las tendencias naturales que nos muestra el estudio pues implicaría riesgos importantes sobre el río y sobre la estructura misma.

(Bautista Mejía, 2018), realizó el trabajo de investigación "***Eficiencia de retención de sedimentos de un sistema de espigones permeables fabricados con troncos de árboles en ríos Amazónicos***". En el país de Perú. El objetivo general del presente Proyecto de Tesis es determinar, experimentalmente, la permeabilidad de los espigones de madera con mayor eficiencia de retención de sedimentos; con la finalidad de aportar técnicamente a mejorar los criterios de diseño de estas estructuras en los ríos de la amazonia peruana. Para este estudio es necesario recurrir a estudios experimentales, a fin de entender y explicar los fenómenos hidráulicos asociados y los cambios morfológicos que estas estructuras producen. Como conclusión se llega a que los espigones de madera con 46% de permeabilidad, presentaron mayor eficiencia de retención de sedimentos, en comparación a las de 26% de permeabilidad. Según lo calculado, las estructuras con 46% de permeabilidad, presentaron una eficiencia de 42.27%. Mientras que las de 26% de permeabilidad, presentaron una eficiencia de 31.08%. Estos resultados se contrastan con las alturas de sedimentación registradas y los cambios en los niveles del lecho obtenidos en cada una de las secciones transversales del canal experimenta.

(Elbio Fernando, 2016), realizó el trabajo de investigación "***Socavación producida por el río Huallaga al puente Colpa Alta en la provincia de Huánuco, utilizando los Métodos de Artamanov, Straub y Maza, en el HEC-RAS***". En el país de Perú. El objetivo general del presente proyecto es conocer los resultados obtenidos en los cálculos de socavación transversal, general y de estribos del río Huallaga en el puente Colpa Alta en la provincia Huánuco en el año 2015; aplicando los Métodos de

Artamonov, Straub y Maza utilizando los parámetros hidráulicos del programa HEC-RAS.. Para este estudio se utilizó la aplicación de los Métodos de Artamonov, Straub y Maza en el programa HEC-RAS 4.1.0 permitirá que el cálculo de la socavación en puentes se realice de una manera más sencilla y práctica, para que los ingenieros puedan aplicarlo en futuros proyectos; lejos de las engorrosas fórmulas y aplicaciones que muchos libros y manuales expresan. Como conclusión se llega a que para la presente tesis se toma parámetros hidráulicos que el HEC –RAS nos proporciona, con el objetivo de aplicar los tres métodos propuestos (Artamonov, Straub y Masa) y determinar de manera práctica los diferentes tipos de socavación que se presentan en la zona de estudio.

(Zeña Damián & Santamaría Llontop, 2021), realizó el trabajo de investigación “***Diseño de una defensa ribereña mediante enrocado en los ríos Corral del medio y La Gallega, longitud 4.0 km. Distrito y provincia de Morropón, región Piura***”. En el país de Perú. El objetivo general del presente Proyecto de Tesis es diseñar una defensa ribereña mediante enrocado en los ríos Corral del Medio y La Gallega, Longitud 4.0km. Distrito y Provincia de Morropón, Región Piura. Para realizar esta labor de cálculo de niveles de inundación y parámetros de diseño, uno de los procedimientos más reconocidos es la modelización hidráulica de cauces, se procederá a implementar esta metodología para definir los parámetros de diseño de las obras hidráulicas planteadas para el proyecto. Como conclusión se llega a se ha obtenido una predicción de la erosión de suelos en la cuenca del estudio. Comparando los resultados del modelo predictivo de la erosión de la cuenca y los resultados del transporte de sedimentos se puede evidenciar que los ríos del proyecto se caracterizan por tener una alta tasa de sedimentación que favorece al desborde de los ríos del estudio.

(Canales Anyosa & Vela Villacorta, 2020), realizó el trabajo de investigación **“Comparación técnica y económica de la protección local para el control de erosión en el puente Ignacio Escudero - Piura”**. En el país de Perú. El objetivo general del presente Proyecto de Tesis es comparar los resultados técnico y económico de la protección local para el control de erosión en el Puente Ignacio Escudero. Para esta presente investigación será diseñada bajo el planteamiento metodológico del enfoque mixto (cualitativo y cuantitativo) con alcance descriptivo-comparativo, ya que se ajusta a la peculiaridad de la investigación Como conclusión se llega a que en relación al objetivo general del trabajo de investigación se realizó la comparación técnica económica del gavión tipo caja y las geobolsas, llegando a obtener resultados técnicos favorables para las dos protecciones de control de erosión, sin embargo se obtuvo mejor costo beneficio para las geobolsas, por lo cual se concluye que la mejor alternativa de solución técnico económico de la protección local para el control de erosión en la zona de estudio es la aplicación de geobolsas debido a que este sistema de protección cumple técnicamente con las características hidráulicas del cauce y geotécnicamente cumple la función de controlar la erosión y mantener estable al talud, también presenta ventajas económicas cumpliendo ya que tiene un menor costo (31.80% menos) en comparación a la protección de gavión tipo caja, ya que la falta de piedras en la zona lo hace mayor costoso.

(García Paredes, 2017), realizó el trabajo de investigación **“Diseño Hidráulico y Estructural de Obras de Protección frente a Erosión e Inundaciones del Río Balsayacu en el Centro Poblado de Balsayacu, Distrito de Campanilla, Provincia de Mariscal Cáceres – Región San Martín”**. En el país de Perú. El objetivo general del presente Proyecto de Tesis es proponer el diseño hidráulico y estructural de obras de protección frente a erosión e inundaciones del río Balsayacu en el

Centro Poblado de Balsayacu, Distrito de Campanilla, Provincia de Mariscal Cáceres – Región San Martín. Para este estudio es importante desarrollar los estudios básicos de ingeniería, determinar los componentes estructurales de las obras de protección, elaborar el Planteamiento Hidráulico del proyecto, así como desarrollar el Proyecto de Tesis a nivel de ejecución. Como conclusión se llega a que se ha proyectado, un dique de tierra fuera del cauce, paralelo y adyacente a la ribera derecha del río Balsayacu. El dique de tierra comprende dos tramos, el Tramo I, tiene una longitud de 580.00 m y el Tramo II una longitud de 266.00 m. La longitud total del dique de tierra es de 846.00 metros. El dique protegerá de las inundaciones al Centro Poblado de Balsayacu.

(Fasanando Sinti, 2018), realizó el trabajo de investigación “**Dimensionamiento hidráulico y estructural de la defensa ribereña en la margen izquierda del Río Mayo en la localidad de Shanao – Lamas – Región San Martín**”. En el país de Perú. El objetivo general del presente Proyecto de Tesis es proponer el diseño hidráulico y estructural que permita proteger de la erosión e inundaciones causadas por las aguas del río Mayo a la zona urbana ribereña de la localidad de Shanao en época de avenidas máximas y su posterior empleo en la elaboración del perfil y expediente técnico del proyecto por parte de las autoridades locales. Para este estudio se ha tenido en consideración los resultados de los Estudios Básicos de Ingeniería realizados para tal fin, así como la aplicación de experiencias obtenidas en obras similares construidas en la región san Martín. Se ha realizado el cálculo hidráulico y estructural para la condición más crítica y para el caudal de diseño seleccionado y que transitará por el cauce del río Mayo. Como conclusión se llega que desde el punto de vista hidrológico, la cuenca colectora del río Mayo (hasta el punto de interés), tiene sus nacientes en la zona del alto mayo, desde la localidad de Aguas Claras. Tiene una longitud de 307.50 km y una

altura que oscila entre los 1,800 y 275.00 m.s.n.m, en el tramo que comprende la cuenca colectora, es decir, hasta la localidad de Shanao.

(Zevallos Loaiza , 2015), realizó el trabajo de investigación "***Diseño de la defensa ribereña para el balneario turístico Cocalmayo, ubicado en la margen izquierda del río Urubamba***". En el país de Perú. El objetivo general del presente Proyecto de Tesis es realizar el cálculo y elaborar el diseño del sistema de protección ribereña aplicado al tramo del río Urubamba, ubicado entre la quebrada Cocalmayo - quebrada Huillcar. Estas obras protegerían adecuadamente el balneario de aguas termales de Cocalmayo, trayendo consigo mayor acogida de turistas y por consiguiente el incremento de movimiento económico en el distrito de Santa Teresa y poblaciones aledañas. Para este estudio se ha tenido en consideración el uso de HEC-RAS de la U.S. Army Corps of Engineers es la mejor opción de análisis de flujo permanente, teniendo en cuenta también que no se cuenta con una estación limnimétrica sobre el río (en el tramo de estudio) que permita generar series de tiempo confiables de caudales o niveles de agua, este modelo considera la variabilidad de la velocidad a lo largo de una sección transversal, obteniendo la distribución de velocidades. Luego de realizar el presente estudio, se concluye que en el tramo estudiado se necesita un sistema de defensa ribereña porque en el río Urubamba se producen avenidas, efecto de intensas y prolongadas precipitaciones pluviales provenientes de las zonas altas de su cuenca, las cuales generan súbitas elevaciones del nivel del río, estas avenidas a su vez generan palizadas de magnitudes importantes poniendo en riesgo vid

### 2.1.2. INTERNACIONALES

(Bedoya Cristancho & Cerón Vivas, 2015), realizó el trabajo de investigación "***Modelación numérica de la socavación local en***

**los estribos del puente sobre el Río Sunuba según las características hidrodinámicas de la zona**". En el país de Colombia. El objetivo general del presente Proyecto de Tesis es evaluar mediante un modelo numérico el fenómeno de socavación local en los estribos del puente sobre el Río Sunuba teniendo en cuenta las características hidrodinámicas de la zona. Para este estudio se usaron métodos diferentes para analizar socavación local en estribos: uso de formulaciones matemáticas, simulaciones numéricas realizadas en Delft 3D y análisis de socavación real que indica el estado actual de los estribos del Puente Sunuba. Estas perspectivas permiten determinar la vulnerabilidad de la estructura debido a este fenómeno y así iniciar una investigación continua para generar un mejoramiento de los diseños estructurales en este tipo de estructuras, y evitar así el colapso de puentes. Como conclusión se llega a que el estudio del comportamiento del transporte de sedimentos se deriva a partir de las condiciones hidrodinámicas del flujo en estudio, así como algunas condiciones específicas tales como la concentración, tamaño medio de las partículas [D50], densidad del sedimento, entre otras. Debido a que no se pudo obtener la concentración de sedimentos del Río Sunuba, el cual es el parámetro indispensable para adecuar las condiciones iniciales y de contorno para los diversos escenarios de flujo, los resultados obtenidos de las diferentes simulaciones realizadas sólo muestran resultados que varían según la concentración inicial, por lo cual se generan mayores incertidumbres e irregularidad de resultados. El programa está solucionando de manera numérica un escenario el cual puede que sea real o hipotético, ya que este tipo de herramientas informáticas proporciona una solución sin importar si la información o variables de entrada al programa son adecuadas para el fenómeno que se quiere estudiar.

(Sánchez Ampié, Gaitan Putoy, & Moreno Villalobos, 2013), realizó el trabajo de investigación "**Propuesta de un diseño**

**estructural de un puente de 15m para un período de 50 años en la comarca Paso Hondo, municipio de Santo Tomas del Norte - Chinandega**". En el país de Nicaragua. El objetivo general del presente Proyecto de Tesis es Proponer el Diseño estructural de un puente de 15m para un periodo de diseño de 50 años en la comarca Paso Hondo, Santo Tomas, Chinandega. Para este estudio se obtuvo la estratigrafía y diferentes propiedades físicas y mecánicas del suelo del área de estudios para el diseño de las cimentaciones, y se realizó una pequeña evaluación ambiental para conocer el impacto ambiental que traerá la ejecución del proyecto a la comunidad de Paso Hondo. Como conclusión se llega a que el levantamiento topográfico de la zona permite conocer mejor las dimensiones de la sección transversal del cauce y dan la pauta al estudio hidráulico para conocer mejor la trayectoria que tendrá el flujo. La pendiente del cauce principal de 4.095% siendo de clasificación suave.

(Bravo Granda & León Cadena, 2011), realizó el trabajo de investigación "**Metodología para la estabilización del cauce de un río de llanura para la protección de puentes**". En el país de Ecuador. El objetivo general del presente Proyecto de Tesis es establecer una metodología para la estabilización del cauce de un río de llanura para la protección de puentes, mediante el empleo de espigones sucesivos que controlen de una manera definitiva la erosión sus riberas. Para este estudio se ha tenido en consideración una herramienta simplificada, producto del análisis de las mejores prácticas y de uso generalizado en nuestro medio, que además de ser efectivas en el control de la erosión de riberas son económicas, frente a otras alternativas que para el medio local resultan inejecutables. Como conclusión se llega a que el uso de espigones para estabilizar riberas y generación de unas nuevas, constituyen la solución más económica y efectiva, especialmente por la rapidez y facilidad constructiva. Sin

embargo, deben ser constantemente monitoreados y revegetados para asegurar su funcionamiento y perdurabilidad.

## **2.2. Marco Conceptual**

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

#### **2.2.1.1 Espigones**

Camargo (2001), “define a los espigones como estructuras interpuestas en la corriente, que tienen uno de sus extremos unido a la margen. Sirven para alejar de la orilla las líneas de flujo con alta velocidad y evitar así que el material de la margen pueda ser transportado y ésta se erosione. Además, los espigones facilitan que el sedimento se deposite entre éstos, con el cual se logra una protección adicional de la orilla.”

Rocha (2013), “señala que los espigones son elementos que arrancan de la orilla fluvial, a la que pueden estar “empotrados” o no, y penetran dentro de la corriente. Esto los hace bastante vulnerables a la fuerza del agua.”

Anónimo (2015), “indica que los espigones son estructuras en forma de diques o pantallas interpuestas a la corriente y empotradas en uno de sus extremos a la orilla. Sirven para alejar las líneas de corriente de la orilla con lo cual las partículas de la misma no pueden ser erosionadas.”

#### **2.2.1.2 Forma de Espigones**

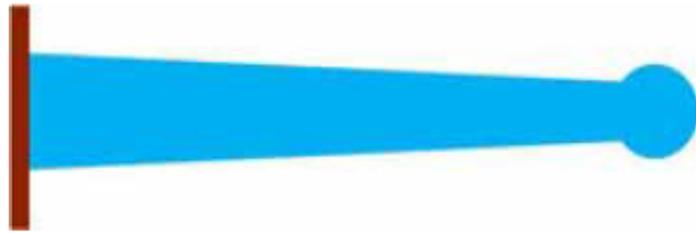
Rocha (2013), “señala que los espigones pueden tener formas muy diversas, como a continuación se muestran”:

**Figura 4- Espigón Recto de Cabeza Redondeada.**



**Fuente:** (Rocha Félices, 2013).

**Figura 5- Espigón Transversal Variable con Cabeza Redondeada.**



**Fuente:** (Rocha Félices, 2013).

**Figura 6- Espigón en Forma de L (Martillo).**



**Fuente:** (Rocha Félices, 2013).

**Figura 7- Espigón en Forma de T.**



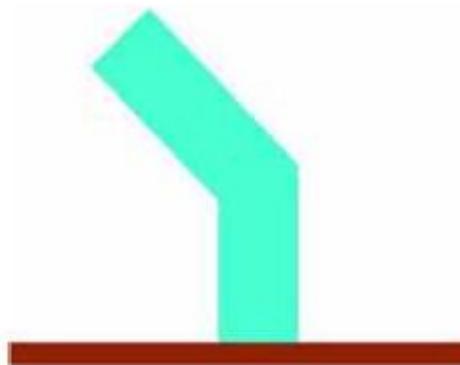
**Fuente:** (Rocha Félices, 2013).

**Figura 8- Espigón de Forma Mixta.**



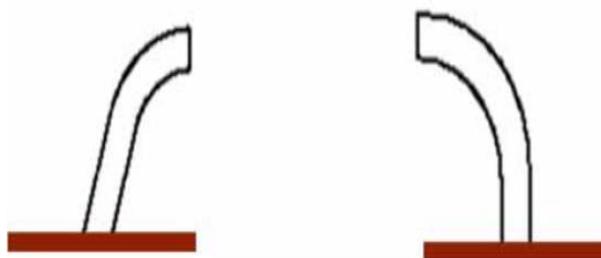
**Fuente:** (Rocha Félices, 2013).

**Figura 9- Espigón de Doble Angulo.**



**Fuente:** (Rocha Félices, 2013).

**Figura 10- Espigón Curvados, Tipo “Hockey”.**



**Fuente:** (Rocha Félices, 2013).

### **2.2.1.3 Tipos de Espigones**

Rocha (2013), “señala que los espigones pueden ser permeables e impermeables. Ambos tipos son muy usados en diversas partes del mundo.”

**Espigones Permeables (Retardadores):** “Los espigones permeables, es decir los que permiten que el agua pase a través de ellos con pequeña velocidad, son útiles cuando se desea favorecer la sedimentación y la formación de playas entre los espigones. Generalmente trabajan sumergidos. Producen menor perturbación en la corriente que los espigones impermeables. La “permeabilidad” es una medida de la proporción de vacíos que tiene el cuerpo del espigón en la dirección de la corriente y se puede expresar como un porcentaje. Estos espigones pueden ser de alta o de baja permeabilidad. Su función es la de retardar el flujo y disminuir la velocidad cerca de las márgenes. Por eso a veces se les llama “retardadores”. Generalmente están más espaciados que los impermeables.”

**Espigones Impermeables (Deflectores):** “Los espigones impermeables se pueden considerar deflectores, es decir, que modifican la dirección o la trayectoria de la corriente. Generalmente no son

sumergidos y producen en la corriente una mayor perturbación que los espigones permeables. Se usan preferentemente en ríos navegables en los cuales se busca mantener una sección hidráulica central con un determinado calado.”

#### **2.2.1.4 Materiales y Elementos Empleados en la Construcción**

Rocha (2013), “señala que los espigones se construyen con variados elementos, los que a su vez pueden estar formados de diversos materiales. Entre los elementos y materiales están los siguientes: roca, madera o bambú, gaviones, concreto, elementos prefabricados, tetrápodos, hexápodos, geotubos rellenos de material, acero (pilotes), fajina, sacos de concreto, sacos de mortero (bolsacreto), sacos de arena y muchos otros más.”

#### **2.2.1.5 Datos Para Diseño de Espigones**

Camargo (2001), “señala que los datos necesarios para dimensionar los espigones son: la topografía y la batimetría del río en la zona por proteger; las secciones transversales a lo largo de las orillas que serán preservadas; las características hidráulicas de la corriente, por ejemplo: el gasto dominante y el asociado a un periodo de retorno entre 50 y 100 años, la elevación de la superficie del agua correspondiente a estos gastos, así como las velocidades medias de los escurrimientos y la velocidad del flujo a lo largo de las márgenes que tendrán protección; la granulometría y el peso específico de los materiales del fondo y orillas del cauce; y finalmente, los materiales de construcción disponibles.”

Rocha (2013), "indica que el diseño de un sistema de espigones no tiene fórmulas ni reglas rígidas. El ingeniero proyectista debe basarse en su experiencia y sentido común y aprovechar, lo mejor posible, lo que ha aprendido en problemas similares. Naturalmente, que antes de pensar en el diseño de un sistema de espigones debe conocerse las características del río y del transporte sólido fluvial, porque los espigones interactúan con el transporte sólido de un modo que debe ser previsto en los diseños."

Suarez (2001), "menciona que el diseño de un grupo de espigones es una función de los siguientes factores:"

- ✓ Profundidades de aguas mínimas, normales y máximas.
- ✓ Cantidad de carga suspendida con relación a la carga de fondo.
- ✓ Pendiente y velocidad del río.
- ✓ Características del material de fondo (arcilla, limos, arena, grava, cantos, guijarros).
- ✓ Tamaño del canal (ancho y sección).
- ✓ Previamente al diseño debe analizarse las posibilidades de materiales para su construcción.
- ✓ Conocimiento del régimen hidráulico del río.
- ✓ Cálculo de socavación del cauce con el espigón.
- ✓ Diseño de una cimentación con la profundidad adecuada.
- ✓ Diseño hidráulico del espigón.
- ✓ Diseño estructural (resistencia y flexibilidad) del espigón.

### 2.2.1.6 Elementos a Diseñar de los Espigones

Anónimo (2015), “señala que los puntos a tomar en cuenta al diseñar una protección a base de espigones son:”

- a) Localización en planta, radios de curvatura, longitud de las tangentes, ancho estable del río.
- b) Longitud de los espigones.
- c) Pendiente de la corona.
- d) Angulo de orientación respecto a la orilla.
- e) Permeabilidad del espigón. Materiales de construcción.
- f) Socavación en la curva, y socavación local en el extremo del espigón.

Suarez (2001), “indica que se debe tomar en cuenta al diseñar una protección basado en espigones los siguientes puntos:”

- a) Localización en Planta:** “En el trabajo defensivo, ya sea para proteger la costa actual o en un nuevo borde (al hacer correcciones), se debe trazar el eje del río en el plan, y en la orilla del río, se debe trazar un eje paralelo a este eje en el extremo del rompeolas. La longitud de cada rompeolas vendrá dada por la distancia desde la costa real hasta la línea. La distancia entre las nuevas riberas del río, el ancho B, vendrá determinada por el actual estudio de estabilidad, que considerará si el tramo es navegable, y si se rehabilita el río cambiará la pendiente.”

“Cuando se trata de la mejora de ríos formados por arena y limo, se recomienda que el radio de la nueva

curva (medido a lo largo del eje del río) sea lo más largo posible con la siguiente longitud R:”

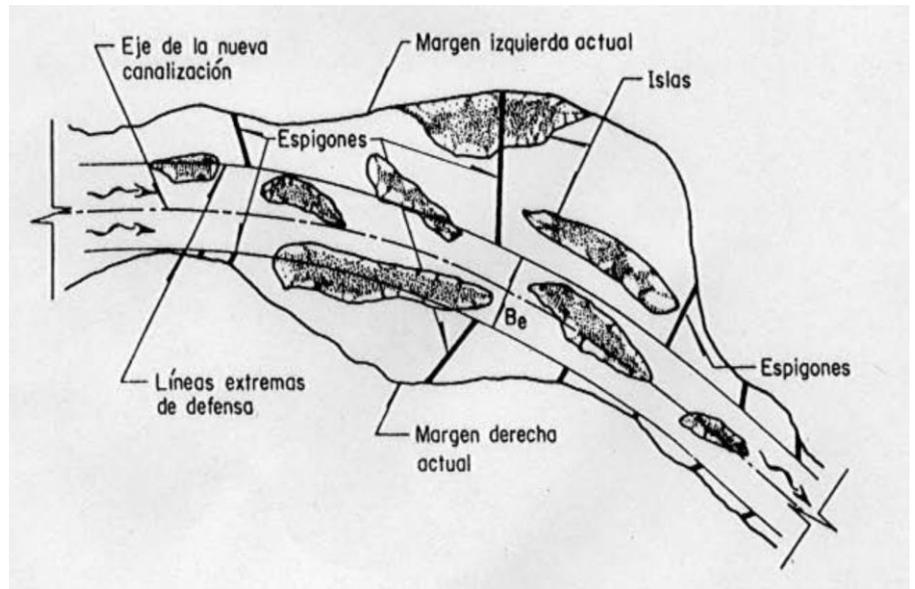
$$2.5B < R < 8B$$

Donde:

R = Radio de Curva

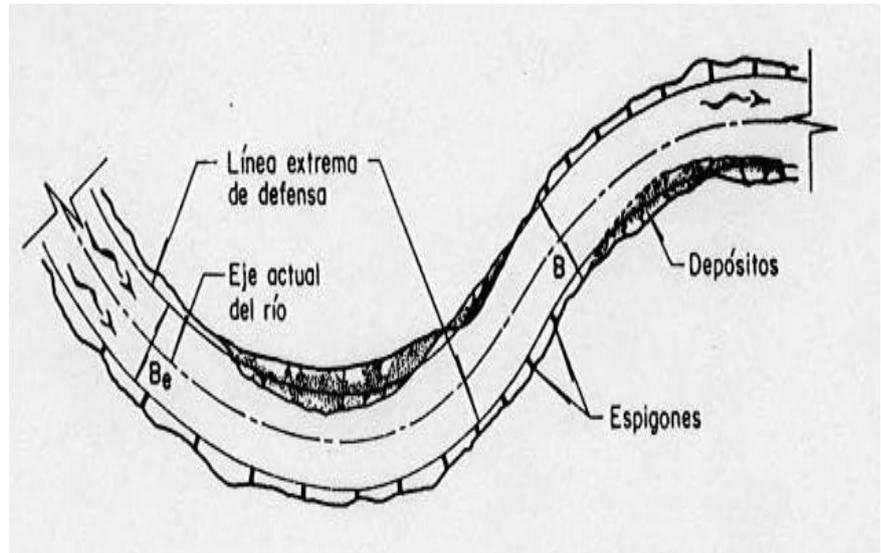
B = Ancho del río

**Figura 11- Líneas Extremas de Defensa en una Rectificación.**



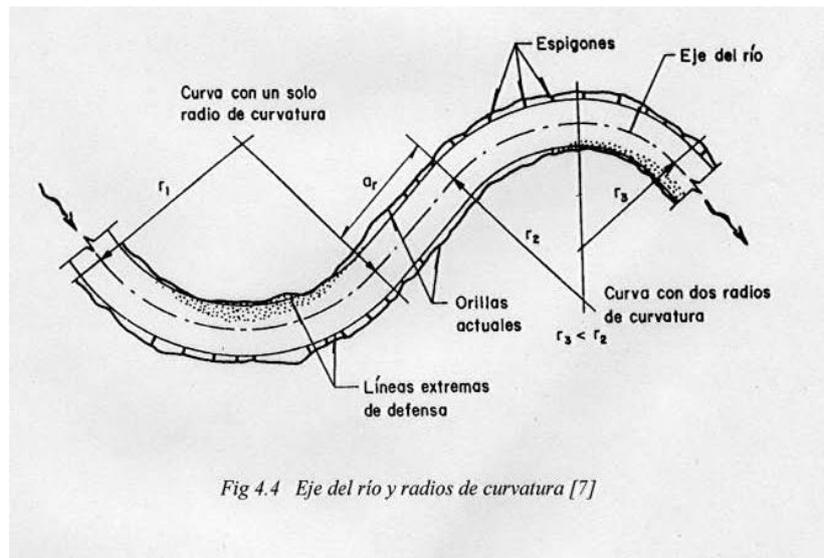
Fuente: (Camargo Hernandez, 2001).

**Figura 12- Líneas Extremas de Defensa Para Proteger los Márgenes.**



Fuente: (Camargo Hernandez, 2001).

**Figura 13- Eje del Río y Radios de Curvatura.**

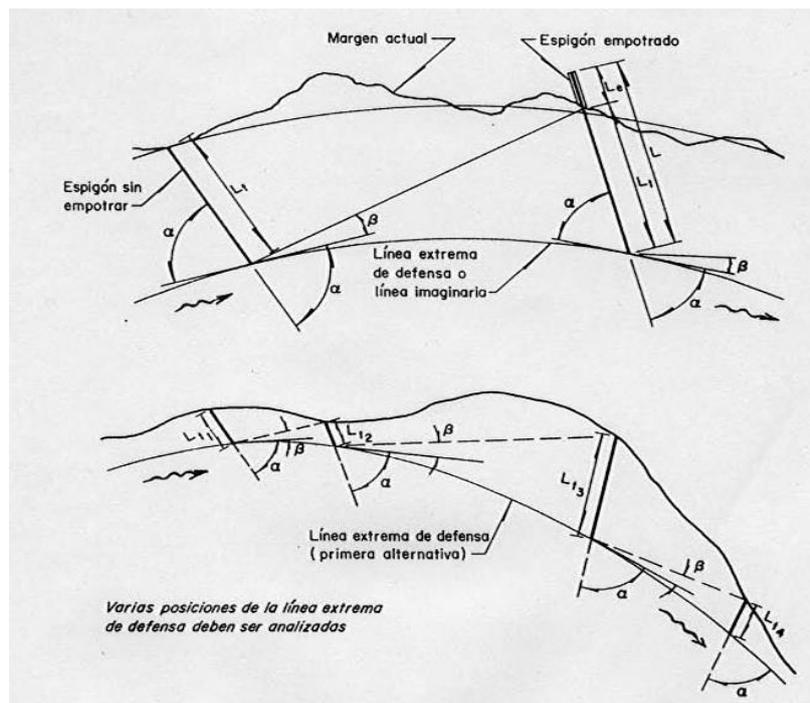


Fuente: (Camargo Hernandez, 2001).

- b) Separación Entre Espigones:** “La distancia entre rompeolas se mide en la línea de costa entre cada punto de partida y depende principalmente de la longitud del rompeolas aguas arriba, su dirección y la ubicación de la costa.”

“Para el cálculo se tiene en cuenta la inclinación de cada rompeolas hacia la costa aguas abajo y el ensanchamiento teórico de la corriente al pasar por el final del rompeolas. El ángulo de la desviación es De  $9^\circ$  a  $14^\circ$  cuando el terraplén es muy bajo, la longitud del anclaje debe ser mayor para evitar que la corriente se desvíe detrás del rompeolas. Por lo general, el primero El rompeolas se encuentra aguas arriba y luego el rompeolas aguas abajo. Esto se hace para poder construir rompeolas en aguas bajas y aguas tranquilas.”

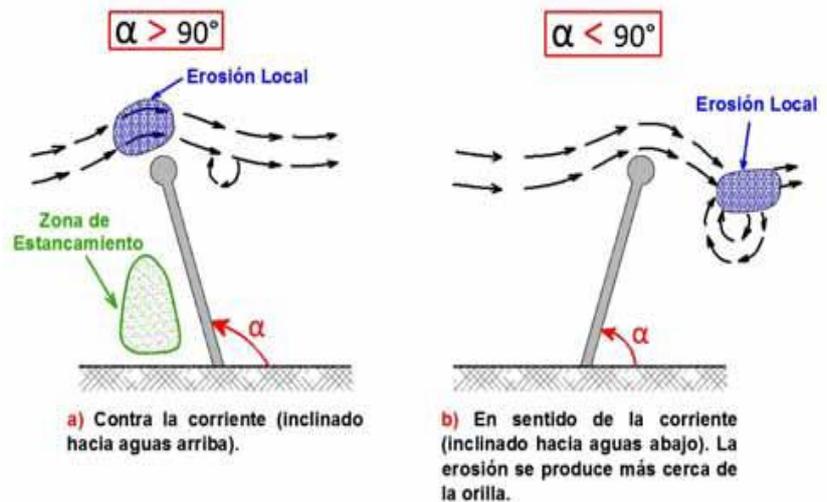
**Figura 14- Método Para Obtener el Espaciamiento Entre Espigones.**



**Fuente: (Camargo Hernandez, 2001).**

**c) Orientación de los Espigones:** “La dirección del rompeolas se mide por el ángulo que forma aguas abajo, y su eje longitudinal es tangente a la costa en el punto de partida.”

**Figura 15- Orientación de los Espigones.**



**Fuente:** (Rocha Félices, 2013).

Suarez (2001), “recomienda algunas de las características más importantes para diseñar una protección a base de espigones; tales aspectos se relacionan e influyen entre ellos tenemos:”

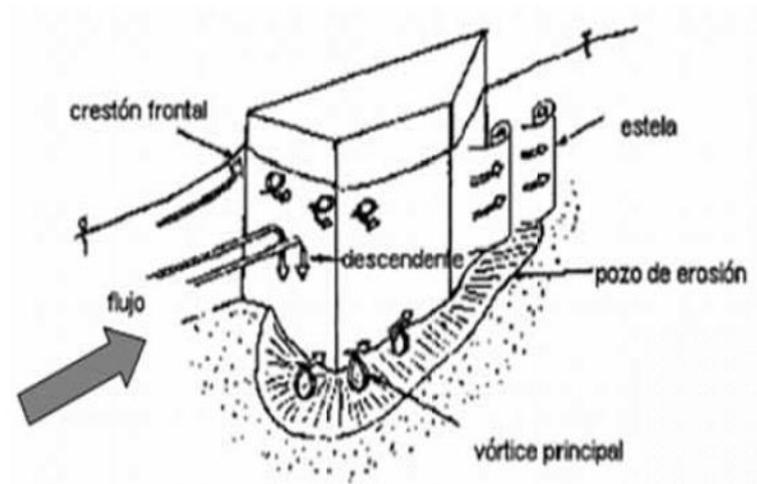
- a) Localización en planta.
- b) Longitud de los espigones.
- c) Forma de los espigones en planta.
- d) Separación entre espigones.
- e) Separación y longitud de los primeros espigones
- f) Pendiente longitudinal, elevación y ancho de la cresta de los espigones.
- g) Orientación de los espigones.
- h) Permeabilidad de los espigones (Materiales de construcción).
- i) Socavación local al pie de espigones.

### **2.2.1.7 Socavación en Estribos de Puentes**

Rocha (2013), “señala que los estribos son, igual que los pilares, elementos extraños dentro de la corriente e implican generalmente una reducción del ancho del río.

Esta circunstancia debe ser tomada en cuenta cuidadosamente. Durante las grandes avenidas los ríos aluviales tratan de adquirir el ancho que les corresponde y entonces pueden ocurrir graves fallas en los puentes.”

**Figura 16-Sistema de Vórtices Durante la Erosión en un Estribo.**



**Fuente:** (Rocha Félices, 2013).

#### **2.2.1.8 Medidas de Protección de Socavación de Estribos de Puentes**

Rocha (2013), “considera que las medidas de protección contra la socavación en pilares y estribos, corresponden tanto a la fase de planeamiento y diseño del puente como a la de su operación y mantenimiento. Dado que los estudios, como se ha visto, es difícil prever con exactitud la socavación que se producirá como consecuencia de la profunda interacción entre las estructuras y el río, es necesario considerar los indispensables coeficientes de seguridad. Sobre la base del contenido anterior, se debe agregar que, debido a la fuerte fluidez, las condiciones de diseño pueden cambiar, por lo que se deben realizar inspecciones finales y medidas de control con regularidad. Después

de eventos hidrometeorológicos anormales. Todos estos son críticos para la vida útil del puente y se aplican a estructuras y ríos.”

#### **2.2.1.9 Socavación**

“La socavación general se define como el descenso del fondo de un río cuando se presenta una creciente debido al aumento de la capacidad de arrastre de material sólido de la corriente, a consecuencia del aumento de la velocidad.” Guevara (2016).

“La erosión del fondo de un cauce definido, por el cual discurre una corriente, es una cuestión de equilibrio entre el aporte sólido que pueda traer el agua a una cierta sección y el material removido por el agua de dicha sección, durante la creciente se incrementan la velocidad de agua y, por tanto, la capacidad de arrastre, la relación que existe entre la velocidad media del agua ( $V_r$ ) y la velocidad media requerida para arrastrar partículas del fondo ( $V_e$ ) define la capacidad de arrastre de los materiales en esta zona. La velocidad media de la corriente depende de las características hidráulicas del río (pendiente rugosidad y profundidad de la lámina de agua), en tanto que la velocidad requerida para arrastre depende de las características del material de fondo y de la profundidad de la lámina de agua.” Guevara (2016).

#### **2.2.1.10 Tipos de Socavación**

“La socavación general se define como el descenso del fondo de un río cuando se presenta una creciente debido al aumento de la capacidad de arrastre de material sólido de la corriente, a consecuencia del aumento de la velocidad.” Guevara (2016).

**Socavación general:** “La socavación general se define como el descenso del fondo de un río cuando se presenta una creciente debido al aumento de la capacidad de arrastre de material sólido de la corriente, a consecuencia del aumento de la velocidad.” Rodríguez (2010).

**Socavación transversal:** “La socavación o erosión transversal, o erosión en un estrechamiento es el descenso del fondo del cauce de un río en aquellas secciones donde se reduce el ancho, debido a la mayor velocidad de la corriente en esa zona cuando se construyen obras dentro del cauce de un río, como por ejemplo acceso a puentes o un número excesivo de pilas, o debido aun afloramiento rocoso.” Rodríguez (2010).

**Socavación en una curva:** “El cauce de un río sufre alteraciones debido a muchas causas, una de las cuales corresponde a la acción erosiva que se presenta en los estrados de una curva (efectos de la naturaleza centrífuga). También, por ejemplo, al disminuir la velocidad en una zona aumenta el depósito de materiales, etc., y en especial cuando el flujo no es permanente (caudal variable), la acción erosiva y la capacidad de transporte varían todo el tiempo.” Rodríguez (2010).

## **2.3. Definición de Términos**

**1.- Hidrología:** “Dedicado al estudio de la distribución del agua en la atmósfera y la corteza terrestre, la ciencia geográfica del tiempo y el espacio y las propiedades. Esto incluye precipitación, escorrentía, humedad del suelo, evapotranspiración y balance de masa de glaciares. La investigación hidrológica es fundamental.”

- 2.- Diseño de Obras Hidráulicas:** “Definidos como la realización de estos estudios, los modelos matemáticos se utilizan a menudo para representar el comportamiento de toda la cuenca de investigación. Un correcto conocimiento del comportamiento hidrológico de ríos, arroyos o lagos es fundamental para poder establecer áreas susceptibles a eventos hidrometeorológicos extremos. Y prever el correcto diseño de los proyectos de infraestructura vial.”
- 3.- Hidráulica:** “Rama de la física y la ingeniería que estudia las propiedades mecánicas de los fluidos. Todo esto depende de la fuerza que obstaculiza la masa (fuerza) y su empuje. El primer factor a considerar es el área de la cuenca como factor hidrológico, el caudal proporcionado dependerá del clima, topografía, condiciones topográficas, tipo de vegetación, tipo de manejo del suelo y capacidad de almacenamiento. Los factores geológicos e hidrogeológicos que inciden en el diseño se refieren a la existencia de aguas subterráneas, las propiedades y condiciones de las rocas y suelos permeables: homogeneidad, estratificación, conductividad hidráulica, compresibilidad, etc.”
- 4.- Espigón:** “Es una estructura de canal construida a partir de una presa en una dirección perpendicular al flujo de agua. Es una pantalla insertada en la corriente de agua e incrustada en uno de los extremos de la orilla. Su función es alejar la línea de flujo de la costa para que no se erosione.”
- 5.- Topografía:** “Se trata de una ciencia que estudia un conjunto de principios y procedimientos que toman como objetos la representación gráfica de la superficie terrestre y sus formas y detalles. Natural y artificial.”
- 6.- Batimetría:** “Es el levantamiento de un relieve de la superficie submarina, que puede ser el fondo del lecho marino, lago o embalse. Para complementar esta definición, se puede decir que se trata de

una cartografía de un fondo cubierto de agua, como si fuera tierra seca o tierra.”

- 7.- Secciones Transversales:** “Son líneas de contorno cortas perpendiculares al eje vertical y proporcionan la información necesaria para estimar la cantidad de movimiento de tierra.”
- 8.- Permeabilidad:** “La capacidad de un material para permitir que un fluido pase sin cambiar su composición. Si se deja pasar una cierta cantidad de líquido en un tiempo determinado, el material se considera permeable; si la cantidad de líquido es insignificante, el material se considera impermeable o impermeable.”
- 9.- Erosión:** “Modelado y desgaste de la corteza provocado por procesos de viento, lluvia, ríos, océanos y glaciares, así como acciones biológicas.”
- 10.- Erosión Hídrica:** “Este es un proceso, lo que significa que la capacidad productiva de los terrenos agrícolas se pierde por la acción del agua que fluye o fluye hacia el suelo con las siguientes condiciones favorables: hay poca vegetación protectora y la resistencia del suelo es pobre.”
- 11.- Socavación:** “El daño es una excavación profunda provocada por el agua. Un tipo de erosión hídrica puede deberse a que las olas golpean los acantilados, creando remolinos en el agua, especialmente donde el flujo de agua encuentra obstáculos, y debido a la fricción del agua desviada por el lecho del río. Curvo.”
- 12.- Socavación General:** “Según Maza, definió la socavación general como el descenso del fondo del río cuando se produce un canal, porque la corriente tiene una mayor capacidad para transportar partículas en suspensión. Partículas recolectadas del fondo del lecho del río.”

- 13.- Socavación Local:** “Según Maza, definió la socavación general como el declive del lecho del río cuando se crea el cauce del río, porque el flujo de agua tiene una mayor capacidad para transportar partículas en suspensión. Recoge partículas del fondo del lecho del río.”
- 14.- Cauce:** “El lecho de un río o lecho de un río es parte de un valle y, para el propósito físico del flujo normal de agua, el agua fluye a través de su cauce y su límite lateral es la orilla del río.”
- 15.- Tirante Hidráulico:** “La profundidad del flujo, el calado o la profundidad es la profundidad del flujo (generalmente representada por la letra h) es la distancia vertical desde el punto más bajo de la sección del canal hasta la superficie libre del agua.”
- 16.- Estribo:** “Los estribos forman parte del puente, y la viga y el pilar se utilizan para soportar la carga en el tablero del puente. El objetivo es el siguiente: transferir peso a la base.”
- 17.- Sedimentos:** “Es una sustancia sólida que se acumula en la superficie terrestre (suelo plano) y está formada por la atmósfera, la hidrosfera y la biosfera (viento, cambios de temperatura, precipitación meteorológica, circulación de aguas superficiales o subterráneas y masas de agua en ambientes oceánicos o lacustres). Desplazamiento, papel de los reactivos químicos, papel de la biología).”

## **2.4. HIPÓTESIS**

### **2.4.1. Hipótesis General**

El diseño hidráulico y estructural de espigones es el adecuado frente a la socavación de los estribos del puente Matapuquio – Pariahuanca -Junín.

## 2.4.2. Hipótesis Específicos

- a) El diseño **hidráulico** es el adecuado frente a la socavación de los estribos del puente Matapuquio –Pariahuanca -Junín.
- b) El diseño **estructural** es el adecuado frente a la socavación de los estribos del puente Matapuquio – distrito de Pariahuanca - Junín.
- c) Si es viable técnicamente la propuesta diseño de espigones frente a la socavación de los estribos del puente Matapuquio – Pariahuanca -Junín

## 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 = Diseño hidráulico y estructural de espigones.**

“Un espigón es una estructura insertada en la corriente de agua, uno de cuyos extremos está conectado o fijado al borde. El propósito de estas estructuras es mover las líneas de corriente a altas velocidades y lejos de la costa, evitando así la erosión de los materiales de los bordes. Además, los rompeolas facilitan la sedimentación de sedimentos entre ellos, logrando así una protección costera adicional (costa virtual). El rompeolas se puede unir simplemente a la orilla que toca, o se puede incrustar a cierta distancia del borde.”

#### **Y = Socavación de estribos del puente.**

“Se denomina socavación al pozo de cimentación profunda causado por el agua y es uno de los tipos de erosión hídrica. Proteger los pilares del puente de la erosión incluye tomar todas estas medidas para hacerlo menos susceptible a daños.”

## 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 Hidráulico y Estructural de Espigones	Socavación de Estribos del Puente

Fuente: Elaboración propia.

**Diseño Hidráulico y Estructural de Espigones:** “El diseño hidráulico y estructural de Espigones se medirá mediante la dimensión de Parámetros de Diseño Hidráulico y Estructural de espigones que cuenta con los siguientes indicadores (Pendiente media del cauce, secciones transversales del cauce, capacidad de arrastre de los sedimentos del flujo, caudales máximos, velocidad de flujo, longitud del espigón, altura del espigón, espaciamiento entre los espigones, ancho de corona del espigón, nivel de cimentación del espigón).”

**Socavación de Estribos del Puente:** “La socavación de los estribos del puente se medirá mediante la dimensión de Parámetros Hidráulicos, Geométricos y Geotécnicos en la socavación de estribos esta dimensión cuenta con los siguientes a indicadores (socavación local de estribos, socavación general, ancho medio del río, tirante medio del río, velocidad de corte, esfuerzo cortante, rugosidad, peso específico del sedimento, diámetro medio de los sedimentos).”

## 2.6 Operacionalización de las Variables

**Tabla 2 – Operacionalización de la Variable.**

<b>VARIABLES</b>	<b>DIMENSIONES</b>	<b>INDICADORES</b>	<b>ESCALA DE MEDICION</b>
<b>Diseño Hidráulico y Estructural de</b>	Parámetros del diseño	Pendiente media del cauce. Secciones transversales del cauce.	m/m m2

<b>Espigones</b>	hidráulico y estructural de espigones	y de	Capacidad de arrastre de	mm
			sedimentos del flujo.	
			Caudales máximos.	m <sup>3</sup> /s
			Velocidad de Flujo.	m
			Longitud del espigón.	m
			Altura del espigón.	Adimensional
			Espaciamiento entre espigones.	m
			Ancho de corona del espigón.	m/s
			Nivel del Cimentación.	m
			Espaciamiento entre espigones.	m
			Ancho de corona del espigón	m
Nivel de cimentación.	m			
<b>Socavación de Estribos del Puente</b>	Parámetros hidráulicos, geométricos y geotécnicos	y	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>
			Díámetro medio de sedimentos.	mm

## CAPÍTULO III

### METODOLOGÍA

#### 3.1. Método de Investigación

El método general de investigación que se empleó es el método científico. Según Ander, Egg (1984:56), “El estudio del método científico es objeto de estudio de la epistemología. Asimismo, el significado de la palabra “método” ha variado. Ahora se le conoce como el conjunto de técnicas y procedimientos que le permiten al investigador realizar sus objetivos”.

El método específico de la investigación fue el método analítico sintético porque se procederá a un análisis de todos los componentes de la construcción desde el análisis micro (suelos, etc.), hasta el análisis geográfico ambiental (macro) y finalmente deduciremos sobre el proceso de construcción de dicho proyecto (en el resultado general). Así mismo, se utilizarán el método inductivo, y otros relacionados al área según las necesidades de la investigación.

Así mismo, se usó el método analítico cuantitativo para el cálculo de las diferentes mediciones y el cualitativo para la descripción de los datos que son susceptibles a la interpretación por ser datos categoriales y que se someterán a un análisis estadístico, es decir a analizar y evaluar cada una de las hipótesis planteadas.

#### 3.2. Tipo de Investigación

En función a los propósitos de la investigación fue del tipo Aplicada y Explicativa. Según Sierra Bravo (2002: 123) menciona: “el tipo de estudio de la presente investigación es la aplicada y/o tecnológica porque “en éstos estudios se deben determinar y definir previamente las variables, luego se formulan hipótesis, los mismos que deben probarse por métodos estadísticos, trabajándose con muestras representativas y llegando al final a las conclusiones”. Por su Finalidad: Aplicada, Por su Alcance Temporal: Longitudinal, Por su Profundidad: Explicativa, Por su Amplitud: Micro sociológica, Por sus Fuentes: Primarias, Por su Carácter: Cuantitativo,

Por su Naturaleza: Experimental. Por los Estudios: Evaluativa, Por su Objeto Social: Investigación Disciplinar - Institucional.

### **3.3. Nivel de Investigación**

Basados en los criterios y según el tipo de estudio y la estrategia de investigación, el nivel de investigación fue descriptivo - explicativo, porque es un estudio en el cual se explican las causas de los hechos o fenómenos educativos como es la aplicación de las técnicas ingenieriles para el diseño de obras civiles.

En el caso específico de la presente investigación fue en nivel explicativo, como dice Dankhe (1986) propone una distinción en cuatro niveles: exploratorios, descriptivos, correlacionales y explicativos. Este planteamiento es asumido por Hernández et al (2003) en el sentido de que esta clasificación es muy importante, debido a que según el tipo de estudio varía la estrategia de investigación, es decir, la formulación de los problemas e hipótesis, el método, el diseño, así como las técnicas e instrumentos, el análisis de datos y otros elementos son diferentes en cada uno de estos niveles de investigación.

### **3.4. Diseño de Investigación**

El término diseño se refiere al plan o estrategia concebida para obtener la información que se desea. En el enfoque cuantitativo, el investigador utiliza su o sus diseños para analizar la certeza de las hipótesis formuladas en un contexto en particular o para aportar evidencia respecto de los lineamientos de la investigación (si es que no se tienen hipótesis).

El diseño de la investigación según su intención de los objetivos fue descriptivo (analítico) desde la vertiente pre experimental. Los diseños de investigación longitudinal puesto que se recolectan datos en un solo momento, en un tiempo único. Su propósito es describir variables y analizar su incidencia e interrelación en varios momentos dados. En función a los criterios de grado de control de las variables cuasi

experimental. De acuerdo a la dimensión temporal Sierra (2008) será un diseño longitudinal.

### **3.5. Población y Muestra**

#### **3.5.1. Población**

Es la población beneficiaria del distrito de Pariahuanca, de la provincia de Huancayo – departamento de Junín.

#### **3.5.2. Muestra**

Se consideró al puente Matapuquio en cual se encuentra sobre las aguas del río Yuracyacu de la localidad de San Balvín - Pariahuanca -Huancayo–Junín.

### **3.6. Técnicas e Instrumentos de Recopilación de Datos**

#### **3.6.1. Fuentes de Información**

Las fuentes de información fueron fuentes primarias (del lugar de origen), proporcionado por los miembros de las localidades de curso del río Yuracyacu tramo San Balvín -Huancayo–Junín.

#### **3.6.2. Técnicas**

Primero, considere el análisis de la literatura, que considerará bibliografía, resúmenes y documentos de párrafo. Esto nos ayudará a construir el marco teórico y conceptual de esta encuesta.

Según Suárez, Paúl (1998:36) sostiene que el fichaje “consiste en registrar los datos que se van obteniendo en los instrumentos llamados fichas, las cuales debidamente elaboradas y ordenadas contienen la mayor parte de la información que se recopila en una investigación”.

Según Ary, Donald y otros, (1993:68) “las fichas deben cumplir una serie de requisitos formales que tienen como objetivo, facilitar su utilización posterior”. Asimismo, se consideró las no documentadas como son las: encuestas y la observación

propriadamente dicha, las cuales se elaboraron teniendo en cuenta los criterios de confiabilidad y validez del mismo.

Según Sierra, Restituto (1995:47) el instrumento cuestionario de encuesta es “un conjunto de preguntas, preparados cuidadosamente sobre los hechos y aspectos que interesan en una investigación sociológica para su contestación por la población o su muestra a que se extiende el estudio emprendido”.

Francois sugiere aplicar una variedad de técnicas para crear y generar rápidamente una serie de ideas para cualquier tema seleccionado, y: La lluvia de ideas es una forma extraordinaria de despertar la creatividad individual y colectiva e introducir herramientas poderosas para la participación. Estas condiciones permiten un diálogo adecuado entre los programas de resolución para que los problemas de la organización puedan resolverse. El proceso de lluvia de ideas se completó en una ronda, en la que se mejoraron los estándares y se ajustó la definición y solución del problema. La característica principal de este proceso es que no permite el debate entre los participantes. Su aporte debe incluir ayudar a establecer la definición del problema y buscar soluciones, más que fomentar el debate dialéctico, en este proceso todos deben participar en el proceso de búsqueda de soluciones.

Método Delphi (método Delphi): Se caracteriza por permitir que las herramientas de recolección de datos o información lleguen a un consenso sobre temas especiales de discusión establecidos en una agenda definida.

La técnica específica de recolección de datos es una encuesta elaborada en base a la escala Lickert e incluirá 20 ítems. Como se mencionó anteriormente, esta técnica es la técnica más utilizada en las ciencias sociales: “Las técnicas de encuesta tienen como objetivo obtener información principal de individuos

representativos de la población y proyectar los resultados a la población general". Gallardo y Moreno (1999).

### **3.6.3. Instrumentos**

Observar documentos, encuestas, cuestionarios, etc. Para esta situación especial se ha diseñado una herramienta de evaluación, denominada "archivo de observación", que será verificada por expertos en el desarrollo de medios técnicos, esta herramienta capturará información sobre las necesidades de transporte de los habitantes de la zona. Ambas orillas del río Yuracyacu en el tramo SanBalvín-Huancayo-Junín.

### **3.7. Procedimiento de la Información**

Para la elaboración y procesamiento de los datos se empleará programas como autocad, hojas Excel, etc. Las fuentes son primarias los cuales fueron obtenidos tal como se mencionó en la población y muestra.

### **3.8. Técnicas y Análisis de Datos**

Se utilizó la tabla de frecuencias los que servirán para, ordenar, graficar los datos obtenidos a fin de realizar las interpretaciones, en estos cuadros se analizará básicamente se utilizarán las medidas de tendencia desde la estadística inferencial.

## CAPÍTULO IV

### RESULTADOS

#### 4.1. Presentación de Resultados Específicos

##### A) Diseño Hidráulico de Espigones Frente a la Socavación de los Estribos del Puente Matapuquio

- **Caudal de Diseño:** La serie de informaciones de caudales de la estación Acopalca consta de 31 años, donde se tiene datos mensuales desde el año 1989 hasta el año 2019, con las cuales se realizó el análisis de consistencia, para los cuales los datos de información de caudales medios se muestran en la siguiente tabla N°03:

**Tabla 3 – Caudales Medios**

(m<sup>3</sup>/seg).

**ESTACION** : ACOPALCA  
**LATITUD** : 11°59'14.36" SUR  
**LONGITUD** : 75°6'12.68" OESTE  
**ALTURA** : 3,894 m.s.n.m.

AÑO	EN.	FEB.	MAR.	ABR.	MAY.	JUN.	JUL.	AGO.	SET.	OCT.	NOV.	DIC.
1989	17.00	10.00	19.20	10.20	5.90	6.80	2.00	9.40	10.30	25.30	18.10	5.60
1990	24.40	6.90	16.70	9.80	9.70	14.40	5.00	9.50	6.40	11.30	10.60	12.00
1991	10.20	7.60	12.40	25.80	6.00	3.20	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
1992	3.20	9.00	11.40	14.00	2.40	9.70	21.60	6.60	4.30	10.90	4.40	12.00
1993	0.00	0.00	0.00	0.00	19.60	18.60	10.40	18.80	21.50	27.00	29.20	23.00
1994	20.70	25.60	18.40	13.20	13.30	9.20	8.60	7.00	11.40	17.00	12.20	13.20

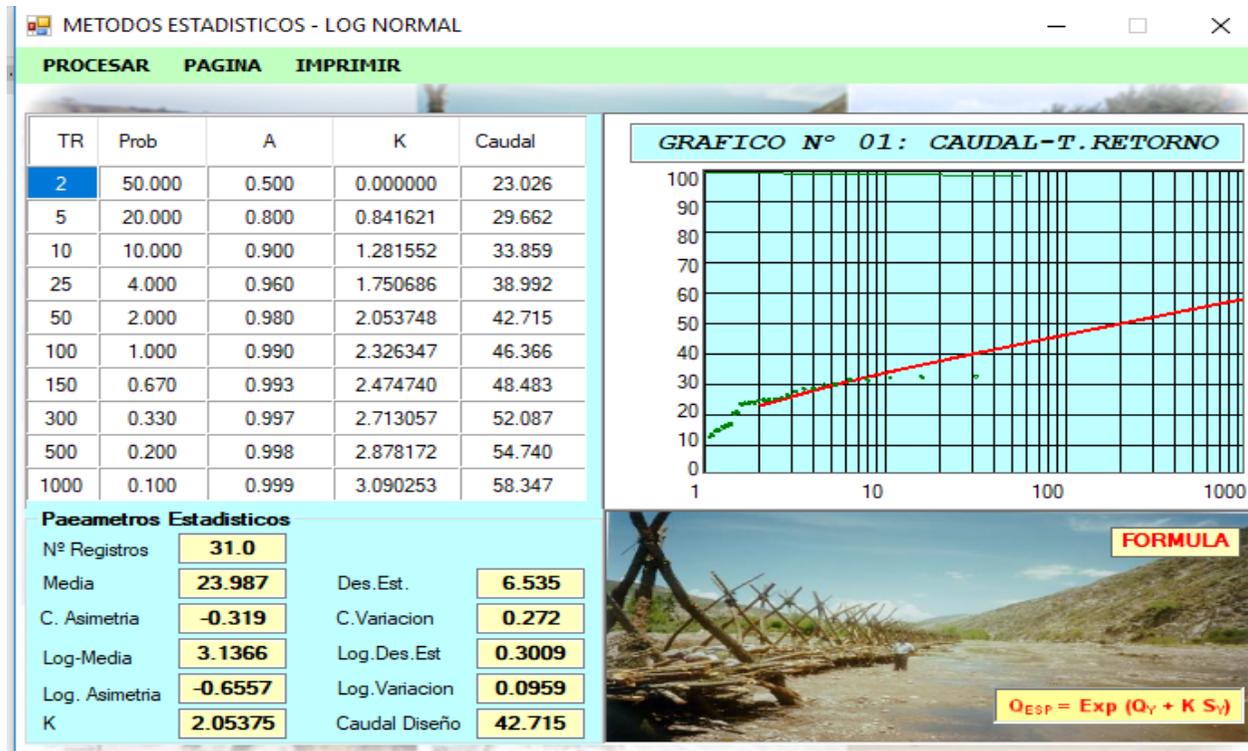
<b>1995</b>	21.00	16.30	17.10	15.80	7.40	2.40	6.60	0.00	12.60	7.40	9.00	8.40
<b>1996</b>	12.60	15.90	15.00	7.60	9.20	5.20	5.50	8.80	9.00	6.10	7.60	11.60
<b>1997</b>	9.60	11.00	11.00	7.10	4.40	5.60	0.00	7.60	16.00	8.70	17.60	11.40
<b>1998</b>	14.90	10.80	10.00	9.30	1.10	5.80	0.00	5.90	5.00	8.60	7.20	30.50
<b>1999</b>	16.90	13.10	9.10	11.70	9.00	2.80	3.90	3.50	12.30	11.30	8.10	9.30
<b>2000</b>	12.00	12.40	10.90	10.40	4.30	3.70	6.30	6.10	9.60	10.90	9.40	8.90
<b>2001</b>	12.10	13.20	28.30	8.80	7.30	0.00	11.20	8.20	11.20	10.00	12.20	10.70
<b>2002</b>	9.70	21.80	26.20	9.40	6.30	5.80	10.00	10.30	10.80	11.20	14.40	15.50
<b>2003</b>	17.80	28.80	30.40	17.30	5.50	0.00	7.40	10.50	12.20	11.00	6.30	17.00
<b>2004</b>	8.00	14.70	15.20	9.40	4.20	11.60	10.70	10.40	11.20	7.60	11.70	15.50
<b>2005</b>	13.20	10.00	11.40	11.90	6.90	3.80	2.10	2.30	8.90	9.00	10.00	8.60
<b>2006</b>	13.60	14.00	10.90	12.60	0.00	5.20	0.00	8.50	6.80	11.00	10.20	11.90
<b>2007</b>	8.90	15.20	13.80	9.40	5.50	0.00	2.70	3.60	9.90	9.30	9.90	10.90
<b>2008</b>	12.70	16.50	9.90	3.60	2.70	2.50	5.90	9.60	7.60	13.50	8.20	0.00
<b>2009</b>	18.40	27.30	32.80	17.40	20.10	18.40	3.80	18.50	17.50	28.60	16.70	17.30
<b>2010</b>	32.10	27.00	14.50	7.40	10.50	0.50	5.00	2.40	3.60	12.40	9.60	25.00
<b>2011</b>	21.20	18.10	32.00	18.60	9.20	1.00	5.60	1.20	15.60	16.00	15.60	16.20
<b>2012</b>	18.80	33.20	14.10	14.70	0.00	0.00	23.00	22.00	21.10	17.00	9.80	24.10
<b>2013</b>	21.90	16.60	12.40	11.90	5.10	4.00	7.20	11.30	29.20	22.00	29.20	17.50
<b>2014</b>	23.20	14.90	33.00	15.00	7.20	1.20	3.00	3.00	15.50	14.40	19.00	20.80
<b>2015</b>	25.20	24.60	14.30	12.60	8.70	4.10	6.00	5.30	25.20	25.50	20.10	17.60
<b>2016</b>	14.70	21.80	15.00	14.70	8.10	1.50	1.40	7.90	15.80	24.20	18.00	17.60
<b>2017</b>	16.20	18.00	24.60	16.40	8.80	2.00	4.20	6.40	13.00	24.00	20.50	20.00
<b>2018</b>	24.60	13.40	21.30	8.00	4.80	4.70	3.20	7.30	13.50	17.00	12.00	7.00
<b>2019</b>	16.00	26.90	15.20	10.40	6.00	0.50	5.00	0.20	2.00	11.80	12.00	25.40

Fuente: Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú - Senamhi

Para el cálculo del caudal de diseño se utilizaron las tres metodologías:

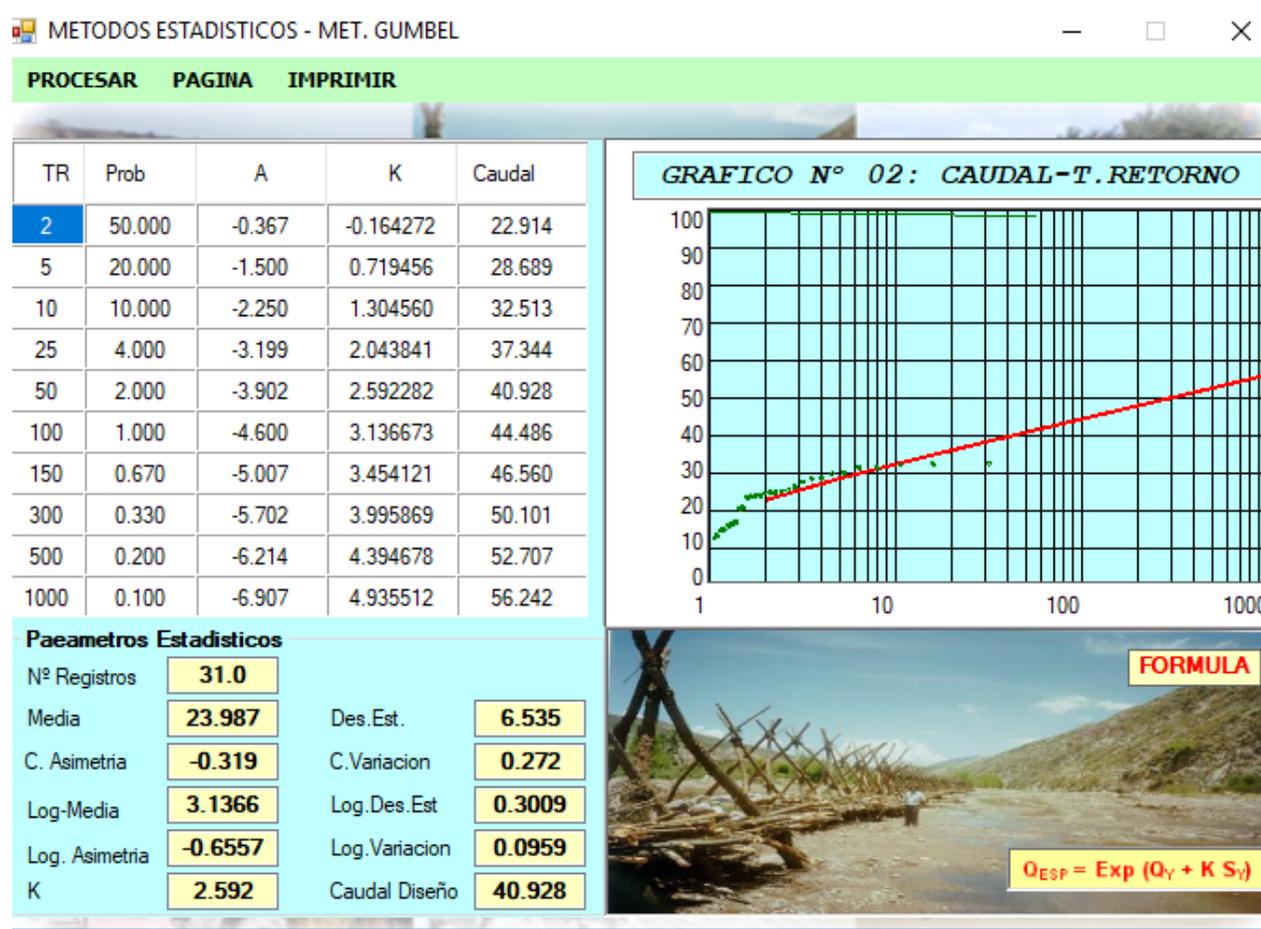
- Distribución lognormal de dos parámetros (Ver Figura N°17).
- Distribución de Gumbel o extrema tipo I (Ver Figura N°18).
- Distribución Log-Pearson III o gama de tres parámetros (Ver Figura N°19).

**Figura 17- Distribución Log Normal.**



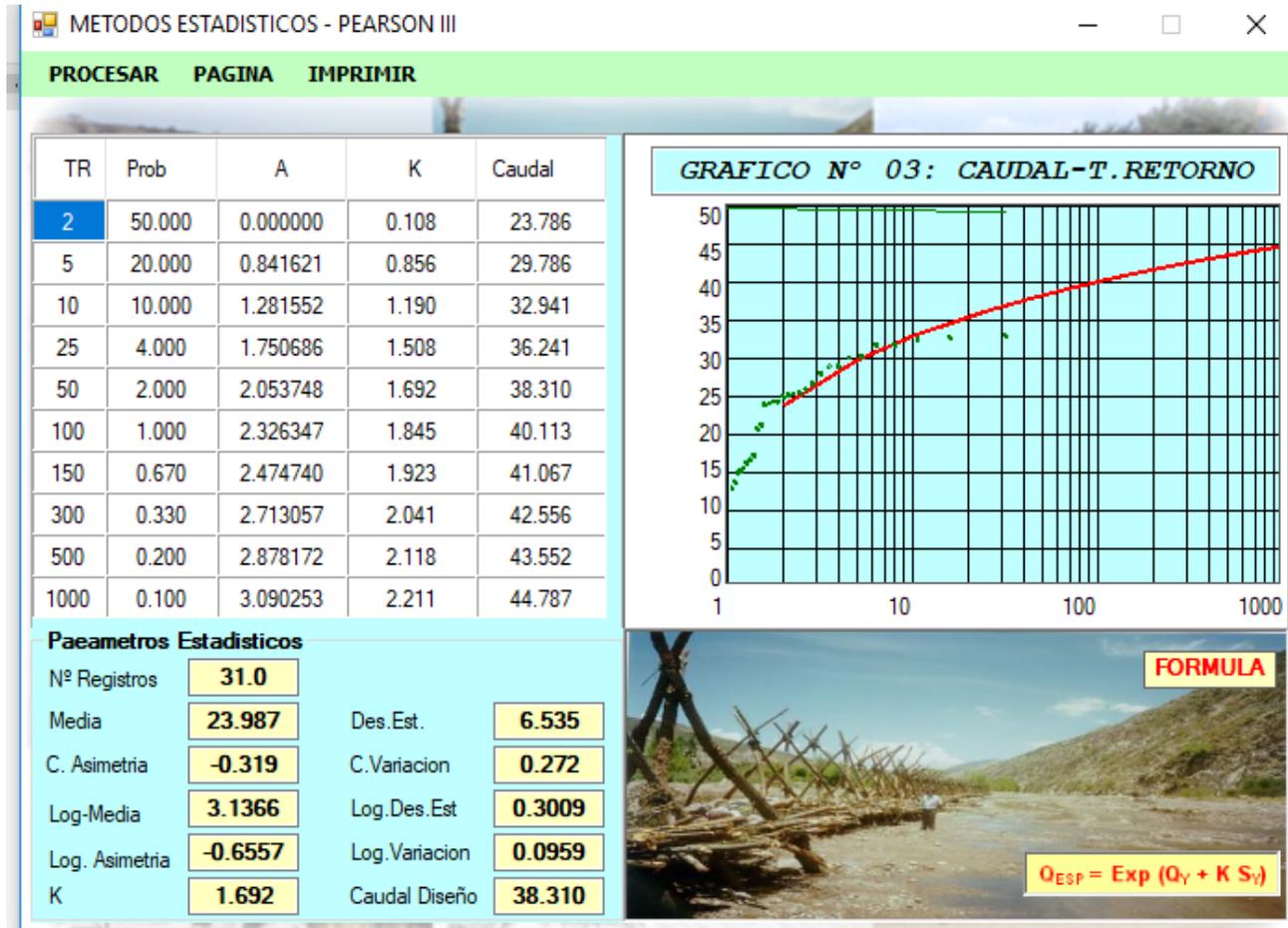
Fuente: Elaboración propia en software RIVER.

Figura 18- Distribución Gumbel.



Fuente: Elaboración propia en software RIVER.

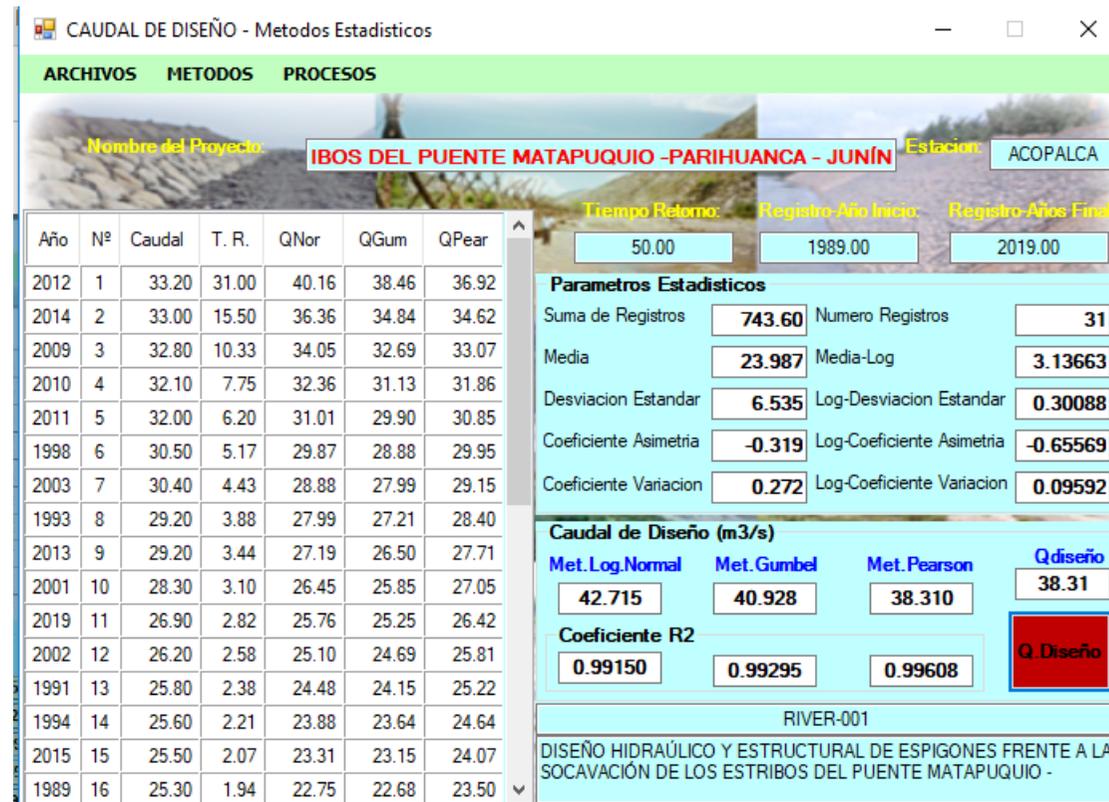
Figura 19- Distribución Pearson III.



Fuente: Elaboración propia en software RIVER.

De acuerdo al procesamiento de datos de precipitación de la estación Acopalca, para un periodo de retorno de 50 años se ha determinado un caudal de diseño de 38.31 m<sup>3</sup>/seg (Ver figura N° 20):

**Figura 20- Caudal de Diseño.**



Fuente: Elaboración propia en software RIVER.

➤ **Ancho Estable del Cauce (B):** Para el cálculo del ancho estable del cauce (B), se ha teniendo en cuenta la pendiente en m/m, el caudal de diseño y los cinco métodos que a continuación se detalla:

- **Método de Petits;** está fórmula está en función del caudal de diseño.
- **Método de Simons y Henderson;** la formula está basado en la teoría de régimen estable y está en función del caudal de diseño y de las condiciones de fondo del río.
- **Método de Blench y Altunin;** está basado en la teoría de régimen estable y en función del caudal de diseño, factor de fondo (Fb) y en el factor de orilla (Fs). Fb y Fs, tienen en cuenta la concentración del material transportado en suspensión, el diámetro de las partículas de fondo y la resistencia de las orillas a ser erosionada.
- **Método Manning y Strickler;** basado en la teoría de régimen estable y en función del caudal de diseño, pendiente del tramo en estudio (m/m), coeficiente de rugosidad (n) y coeficiente de material de cauce (k) y el coeficiente de tipo de río (m).

Se ha calculado el ancho estable del río Yuracyacu, para el sector de estudio del puente Matapuquio, cuya aplicación ha sido en una hoja de cálculo excel, el cual se muestra en la siguiente tabla:

Tabla 4 – Calculo de la Sección Estable del Rio Yuracyacu.

SECCIÓN ESTABLE O AMPLITUD DE CAUCE ( B )								
Q DISEÑO (m <sup>3</sup> /seg)	MÉTODO DE SIMONS Y HENDERSON			MÉTODO DE MANNING			MÉTODO DE BLENCH - ALTUNIN	
	B = K <sub>1</sub> Q <sup>1/2</sup>			B = (Q <sup>1/2</sup> /S <sup>1/5</sup> ) (n K <sup>5/3</sup> ) <sup>3/(3+5m)</sup>			B = 1.81(Q F <sub>b</sub> /F <sub>s</sub> ) <sup>1/2</sup>	
38.31	Condiciones de Fondo de río	K <sub>1</sub>	B (m)	Valores rugosidad de Manning (n)		B (m)	Factores	
Pendiente Zona del Proyecto (m/m)	Fondo y orillas de grava	2.9	17.95	Descripción	n	42.14	Factor de Fondo	F <sub>b</sub>
				Cauces de Río con fuerte transporte de acarreo = 0.035			0.035	Material Grueso
MÉTODO DE PETTIS			Descripción	K	Factor de Orilla		F <sub>s</sub>	
0.00030	B = 4.44 Q <sup>0.5</sup>			Material aluvial = 8 a 12				12
	B (m)			Coeficiente de Tipo de Río				
	27.48			Descripción	m			
				Para cauces aluviales		1		
RESUMEN :								
MÉTODO							B (m)	
MÉTODO DE SIMONS Y HENDERSON							17.95	
MÉTODO DE PETTIS							27.48	
MÉTODO DE MANNING							42.14	

				MÉTODO DE BLENCH - ALTUNIN			38.81		
				RECOMENDACIÓN PRACTICA			70.00		
				=====> PROMEDIO B :			39.28		
				=====> SE ADOPTA B :			40.00		
							<i>Se elige este ancho por adaptarse a la</i>		

- **Sección:** Este punto hace referencia a la sección teórica del cauce, para lo cual comprendio calcular el tirante (Y), ancho (T), área (A), Perímetro, velocidad y N° Fraude; mediante el método de Manning y Strickler, los cálculos lo podemos apreciar en la siguiente tabla desarrollada en una hoja excel:

**Tabla 5 – Calculo de la Sección Típica del Espigón.**

<b>CALCULO DEL TIRANTE</b> <b>MÉTODO DE MANNING - STRICKLER (B &gt; 30 M)</b> $t = ((Q / (Ks * B * S^{1/2}))^{3/5}$			t
Valores para Ks para Cauces Naturales (Inversa de n)		(m)	
Descripción	Ks	1.5	
Cauces de Río con fuerte transporte de acarreo = 28	28		
<b>Caudal de Diseño (m<sup>3</sup>/seg)</b>			
<b>Q = 38.31</b>			
<b>Ancho Estable - Plantilla (m)</b>			
<b>B = 40.00</b>			
<b>Pendiente del Tramo de estudio</b>			
<b>S = 0.00030</b>			

<b>Formula de Manning : Velocidad Media (m/s)</b> >>>>> $V = R^{2/3} * S^{1/2} / n$							
--	--	--	--	--	--	--	--

<b>Radio Hidráulico &gt;&gt;&gt; R = A / P &gt;&gt;&gt;&gt;&gt;&gt;&gt;</b>				<b>R :</b>		<b>Pendiente de Fondo &gt;&gt;&gt; S</b>		
<b>Tirante medio (y )</b>			<b>Taluz de Borde (Z)</b>		1.36	S = 0.00030		
y =	1.50	Z =	2	<b>Coefficiente de Rugosidad de Manning</b>				
<b>Ancho de Equilibrio (B)</b>						<b>Descripción</b>		<b>n</b>
B = 40.00						Cauces de Río con fuerte transporte de acarreo = 0.035		0.035
<b>Área (m2)</b>				<b>Perímetro (m)</b>				
A = 55.5				P = 40.71				

>>>>>>> **V = 0.61 m/seg**

**Numero de Froude :  $F = V / (g * y)^{1/2}$**

<b>Velocidad media de la corriente (m/s)</b>	<b>Aceleración de la Gravedad</b>	<b>Profundidad Hidráulica Media = Área Mojada / Ancho Superficial:</b>	<b>Froude (F)</b>
V = 0.61	g = 9.81	y = A / B >>> y = 1.39	0.16

**Tipo de Flujo : FLUJO SUBCRITICO**

**Calculo de la Altura de Dique >>>>>>>**

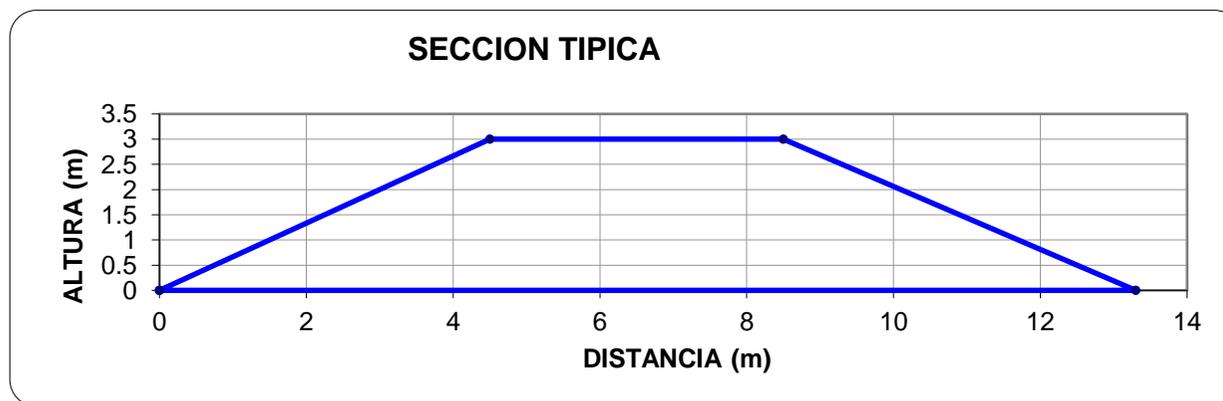
<b>Bordo Libre (BL) = <math>\phi e</math></b>						<b>ALTURA DE MURO (H<sub>b</sub>)</b>
Caudal máximo m <sup>3</sup> /s		$\phi$	$\phi$	$e = V^2/2g$	BL	H <sub>M</sub> = y + BL
3000.00	4000.00	2	1.1	0.02	0.02	y : Tirante de diseño (m)
2000.00	3000.00	1.7				y = 1.50
1000.00	2000.00	1.4				>>>>>>> H <sub>M</sub> = 1.52

500.00	1000.00	1.2				Por Procesos Constructivos
100.00	500.00	1.1				>>>>>> H <sub>M</sub> = 3.00

**Caudal de Diseño**  
(m<sup>3</sup>/seg) : 38.31

Por lo Tanto las características Geométricas del dique a construir son :

ALTURA PROMEDIO DE DIQUE (m)	=	3.00
ALTURA PROMEDIO DE ENROCADO (m)	=	3.00
ANCHO DE CORONA (m)	=	4.00
TALUD :	H	V
Cara Húmeda	1.6	: 1
Cara seca	1.5	: 1
AREA (m <sup>2</sup> )	=	19.95



➤ **Profundidad de Socavación:** Para la estimación de la profundidad de la socavación se ha aplicado la metodología de Lichtvan - Lebediev.

El resultado obtenido de la profundidad de socavación es de: 0.63 m, para el período de retorno de 50 años, el cálculo se muestra en la tabla siguiente, el cual fue desarrollado en una hoja Excel:

**Tabla 6 – Calculo de la Profundidad de Socavación.**

CALCULO DE LA PROFUNDIDAD DE SOCAVACION (Hs)				
METODO DE LL. LIST VAN LEVEDIEV		<p>1. Perfil antes de la erosión 2. Perfil de equilibrio tras la erosión</p>		
<b>Suelos Granulares - No Cohesivos</b>				
$t_s = ((\alpha t^{5/3}) / (0.68 D_m^{0.28} \beta))^{1/(x+1)}$ .....(1)				
<b>Suelos Cohesivos</b>				
$t_s = ((\alpha t^{5/3}) / (0.60 \gamma_s^{1.18} \beta))^{1/(x+1)}$ .....(2)				
Donde:				
$t_s$ = Tirante después de producirse la socavación (m)				
$t$ = Tirante sin socavación (m)				
$t = 1.5$ m				
$D_m$ = Diámetro Medio de las partículas (mm)				
$D_m = 12$ mm				
$\gamma_s$ = Peso Específico suelo (Kg/m3)				
$\mu$ = Coeficiente de Contracción				
$\alpha$ = Coeficiente >>>>>				
$\alpha = Q / (t_m^{5/3} B \mu)$				
Tirante medio ( $t_m$ ) = A/B	Q (Caudal de Diseño)	Coeficiente de Contracción ( $\mu$ ) Tabla N° 01	Ancho Estable	$\alpha$
$t_m = 1.39$	38.31	$\mu = 1.00$	B = 40.00	0.55

**PROFUNDIDAD DE SOCAVACION PARA SUELOS NO COHESIVO**  
.....(1) :

X : Exponente que depende de : $D_m$ para suelos Granulares No Cohesivos y $\gamma_s$ para suelos cohesivos. >>>>> TABLA N° 03	Coeficiente por Tiempo de Retorno : $\beta$ (Tabla N° 04)	TIRANTE DE SOCAVACION SUELOS GRANULARES - NO COHESIVOS
X (Tabla N° 03)		$1/x+1$

$x =$	0.34	0.75	$\beta =$	0.97	$t_s =$	0.87 m
-------	------	------	-----------	------	---------	--------

PROFUNDIDAD DE SOCAVACION ( $H_s$ )	
$H_s =$	$t_s - t$
<b><math>H_s =</math></b>	<b>(0.63) m</b>

- **Profundidad de Uña:** El resultado obtenido de la profundidad de uña es de: 1.00 m, el cálculo se muestra en la tabla siguiente, el cual fue desarrollado en una hoja Excel:

**Tabla 7 – Calculo de la Profundidad de la Uña.**

<b>Profundidad de Socavación (<math>H_s</math>) = (0.63)</b>	<b>=====&gt;</b>	<b>Profundidad de Uña (<math>P_{UÑA}</math>) = <math>FS * H_s</math></b>
		<b>FS = 1.5</b>
		<b><math>P_{UÑA} = (0.95)</math></b>
	Por lo Tanto Seleccionamos :	<b><math>P_{UÑA} = (1.00) m</math></b>

## B) Diseño Estructural de Espigones Frente a la Socavación de los Estribos del Puente Matapuquio

- **Dimensionamiento Estructural:** El dimensionamiento estructural de espigones comprenden los cálculos de dimensiones, separación y orientación de espigones, estos cálculos se pueden apreciar en la siguiente tabla, la cual fue desarrollada en una hoja Excel:

**Tabla 8 – Calculo Estructural de Espigones.**

Tipo :	DIMENSIONAMIENTO		CALCULO DE LA ALTURA Y PENDIENTE:		Taludes	V	H
No Sumergibles	Longitud : $L = L_A + L_T$				Espalda	1 : 1.25 a 1 : 3.0	
Características :	Longitud de Trabajo >>>> $y < L_T < B/4$				$T_E =$	1	1.5
Son más baratos, pero causan menos sedimentación, y crean turbulencia durante el proceso de sumergencia, por lo que las protecciones al pie de los taludes deben ser de mayor longitud.	Tirante medio (m): $y =$	1.50	Progresivas 0+000	Pendiente de la Cresta : S	Frente	1 : 1.25 a 1 : 3.0	
	Ancho medio del cauce (m): $B =$	40.00			$T_F =$	1	1.25
	>>>>> 1.5 < $L_T$ < 10	>>>> Longitud de Trabajo (m)	-		Morro	1 : 2.5 a 1 : 5.0	
	Seleccionamos ==> $L_T =$	10.00	Corregida por el $\alpha :$	-	$T_M =$	1	2.5
	Orientación >>>> Aguas Abajo	8.66	Calculo de Altura de Espigon =====> $H_E :$		Corona de Espigón :		
	Angulos de Inclinación ( $\alpha$ ) >>>> 60 °	$y =$	1.50	2.00	C = 2		
	Longitud de Anclaje >>>> $L_A = 0.1$ a $0.25 L_T$	Borde Libre : BL	>>>> $H_E$				
	$L_A =$	-	BL	0.5	2.00		
Longitud de Espigon >>>> $L = L_A + L_T$	Será empotrado al Dique enrocado						
$L =$	10.00						

- **Calculo de la Estabilidad:** Este cálculo se pueden apreciar en la siguiente tabla, la cual fue desarrollada en una hoja Excel:

**Tabla 9 – Calculo de Estabilidad de Espigones.**

<b>ESTABILIDAD DEL TERRAPLEN</b>			<b>ANALISIS DE ESTABILIDAD</b>
<b>Fuerza Resistente (Kg/m)</b>			
<b><math>R = W * \text{Tag } \emptyset</math></b>			
<b>W = Peso del Terraplén</b>		<b>R</b>	
Área Dique (m <sup>2</sup> )	19.95	<b>26,960.44</b>	
Peso Específico del material (Kg / m <sup>3</sup> )	1930.00		
<b>W = 38,503.50</b>			
<b>Angulo de fricción interna en grados(tipo de material de rio)</b>			
$\emptyset$	35		
Tag $\emptyset$	0.70		
<b>Presión del Agua (Kg/m<sup>2</sup>)</b>			
			<b>R &gt; P =====&gt; EL ESPIGON ES ESTABLE A LA PRESION DEL AGUA</b>

<b>P = P<sub>w</sub> * t<sup>2</sup>/2</b>		<b>P</b>
P <sub>w</sub>	=	1000.00
<b>Tirante</b>		<b>1,125.00</b>
t	=	

<b>PROBABILIDAD DE MOVIMIENTO DE LA ROCA</b>		
<b>F<sub>roca (D50)</sub> = 0.56 *(V<sup>2</sup>/2g) * (1/ D<sub>50</sub> )* (1/ Δ)</b>		<b>F<sub>roca</sub> (%)</b>
<b>Velocidad caudal de diseño (V)</b>		
Velocidad		0.61
$\Delta = \frac{\gamma_s - \gamma_a}{\gamma_a}$		Δ
<b>Peso específico de la roca (cantera) Kg/m<sup>3</sup></b>		0.01
$\gamma_s$		
=	2,640.00	
<b>Peso específico del agua Kg/m<sup>3</sup></b>		1.64

$\gamma_a$	=	1,000.00
<b>Diámetro medio de la roca (D<sub>50</sub>)</b>		
D <sub>50</sub>	=	0.80

<b>ESTABILIDAD DEL REVESTIMIENTO DEL ENROCADO</b>				
<b>ESFUERZO MAXIMO CORTANTE ACTUANTE</b>		<b>ESFUERZO CORTANTE CRITICOS</b>		
$\tau_a = \gamma_a * t$	$\tau_a$	$\tau_c = C * (\gamma_s - \gamma_a) * D_{50} * K$	$\tau_c$	Verificación ==>
<b>Peso específico del agua Kg/m<sup>3</sup></b>	9.75	<b>Peso específico del agua Kg/m<sup>3</sup></b>	101.68	Si $\tau_a < \tau_c$
$\gamma_a = 1,000.00$		$\gamma_a = 1,000.00$		
<b>Tirante de diseño (m)</b>		<b>Peso específico de la roca (cantera) Kg/m<sup>3</sup></b>		
$t = 1.50$		$\gamma_s = 2,640.00$		
<b>Pendiente Tramo de estudio</b>				<b>EL REVESTIMIENTO DEL ENROCADO ES ESTABLE</b>

	<b>Factor de Talud (K)</b>
S = 0.00650	$K = \sqrt{1 - \frac{\text{sen}^2 \alpha}{\text{sen}^2 \phi}}$
	Angulo del Talud ( $\alpha$ )
	Z = 2
	
	Angulo de friccion interna del material (Enrocado) ( $\Phi$ )
	$\Phi = 45$
	<b>Factor de Talud (K)</b>
	K = <b>0.775</b>
	<b>Coficiente de Shields</b>
	C = 0.100

### **C) Diseño Hidráulico y Estructural de Espigones Mediante Análisis y Definición de Elementos a Diseñar Frente a la Socavación de los Estribos del Puente Matapuquio**

Con base en la experiencia que se ha encontrado en diferentes métodos de observación, las normas de diseño propuestas se elaboran en la estructura propuesta, debido a que la topografía del cauce va adquiriendo un comportamiento cambiante a lo largo de los años, principalmente el cauce del río, lo que ha llevado al diseño hidráulico y cálculo estructural de espigones.

**Diseño Hidráulico y Calculo Estructural:** El río se considera un canal abierto, por lo que es necesario realizar investigaciones bajo consideraciones de caudal a largo plazo y realizar cálculos geométricos o simulaciones de dotación. El cálculo estructural se realiza al caudal máximo instantáneo.

**Características Hidráulicas del Río:** Suponiendo que la forma del lecho del río es rectangular y tiene el valor del ancho del canal, la ecuación de Manning se utiliza para determinar las características hidráulicas del lecho del río.

#### **Consideraciones Estructurales Para el Espigón:**

- **Dimensiones del espigón:** Las dimensiones del espigón se considera de fuentes semejantes de defensas en otros ríos y coadyuvados por experiencias de profesionales.
- **Separación entre espigones:** En el caso de tramos rectos, la separación es entre los puntos de inicio del espigón (en la orilla).
- **Orientación de espigones:** Los espigones puede dirigirse aguas abajo, aguas arriba o perpendicular a la corriente.

La inclinación del espigón aguas abajo debe hacer que la dirección del flujo del agua cambie gradualmente, sin cambios

bruscos, porque esto puede tener un impacto grave en otras partes del río.

Los espigones suelen ser a contracorriente, formando un ángulo de unos 20 a 30 grados con el radio de la curva, lo que equivale a considerar un ángulo de 60 a 70 grados con el eje de la corriente. De esta forma, debido al bloqueo entre los espigones, se puede realizar la fusión del nuevo banco.

#### **D) Viabilidad Técnica Para la Propuesta de Construcción de Espigones Frente a la Socavación de los Estribos del Puente Matapuquio**

Teniendo en cuenta los objetivos del estudio, es decir, controlar la erosión del estribo del puente Matapuquio, el comportamiento hidrológico del río Yuracyacu, las características del agua del tramo objetivo o del área problemática, y la evaluación en el área. Con base en el análisis de los resultados de la investigación de ingeniería básica realizada en preparación para este estudio, se han desarrollado los métodos alternativos recomendados para establecer el óptimo de la solución correcta.

**Planteamiento Hidráulico:** Teniendo en consideración las causas que ocasionan la erosión y/o socavación, así como las inundaciones, también, conociendo las características hidrodinámicas del río Yuracyacu, de la topografía del área donde se emplaza el puente Matapuquio y de la evaluación de la hidráulica fluvial del cauce en el tramo de interés, así como del lugar donde se produce la erosión y/o socavación, se ha planteado el diseño hidráulico y estructural de espigones como una obra de defensa ribereña que pueda contrarrestar los efectos del río Yuracyacu, con la finalidad de controlar el proceso de socavación de los estribos del puente Matapuquio. De esta manera se podrá recuperar la morfología del cauce, regulando así, el comportamiento hidráulico del río Yuracyacu en el tramo de interés.

Esta alternativa, considera la construcción de obras transversales de protección de riberas conformada por “Espigones deflectores de flujo” de mediana longitud, emplazados y anclados en la margen del cauce del río Yuracyacu y dispuestos de manera angular a la dirección principal del flujo de agua a lo largo de la ribera y que se ubica en el lugar del puente Matapuquio, para de esta manera neutralizar el proceso erosivo de los estribos de dicha estructura.

## CAPÍTULO V

### DISCUSIÓN DE RESULTADOS

#### 5.1. Discusión de Resultados Específicos

- A. Debido a su ubicación de los estribos del puente Matapuquio, está se encuentra expuesto a los severos impactos de la corriente del río Yuracyacu, con enorme carga energética, y por lo tanto corren serios peligros de los daños y/o destrucción por erosión y/o socavación de sus estribos, por lo que fue necesario realizar el planteamiento de protección mediante el diseño hidráulico de espigones. De los resultados mostrados, podemos mencionar; como resultado de los cálculos hidrológicos de la sub cuenca en estudio, tenemos que el caudal de diseño para un periodo de retorno de 50 años es de 38.31 m<sup>3</sup>/seg, el cálculo del ancho de equilibrio del río Yuracyacu teniendo en cuenta las propiedades hidráulicas y sedimentarias del cauce de una corriente equilibrada es de 40 mt., con el fin de realizar una adecuada protección contra la erosión, se ha calculado la profundidad de cimentación resultando el valor de 0.63 mt para el período de retorno de 50 años y la profundidad de la uña dio como resultado 1.00 mt.
- B. De los resultados mostrados, y en base a los cálculos precedentes se realizó el cálculo estructural de espigones de protección sobre el río Yuracyacu en el sector puente Matapuquio, de acuerdo a las evaluaciones de estabilidad se considera las siguientes características geométricas; longitud del espigón de 10 mt., ángulo de inclinación del espigón de 60°, orientación del espigón es aguas abajo.
- C. Con base en la experiencia que se ha encontrado en diferentes métodos de observación, los estándares de diseño propuestos se elaboran en la estructura propuesta, debido a que la topografía del cauce va adquiriendo comportamientos cambiantes a lo largo de los

años, principalmente cauces, resultando en áreas casi planas; razones son lo de realizar el diseño hidráulico, los cuales comprenden; caudal de diseño, ancho estable del cauce, profundidad de socavación, profundidad de uña y el cálculo estructural, el cual comprende; longitud, ángulo, orientación y estabilidad del espigón.

- D. Teniendo en cuenta el propósito de la prospección, es decir, controlar la erosión del estribo del puente Matapuquio y el comportamiento hidrológico del río Yuracyacu, las características hidráulicas del río en el tramo objetivo o área problemática, y el control de las actividades de erosión (efectos hidrodinámicos) sobre el río y desborde de agua. El impacto se evalúa in situ y se analiza en base a los resultados de la investigación de ingeniería básica realizada en preparación para este estudio, donde se han desarrollado métodos alternativos recomendados para establecer la solución más adecuada.

## CONCLUSIONES

- A. Debido a su ubicación de los estribos del puente Matapuquio, está se encuentra expuesto a los severos impactos de la corriente del río Yuracyacu, con enorme carga energética, y por lo tanto corren serios peligros de los daños y/o destrucción por erosión y/o socavación de sus estribos, por lo que fue necesario realizar el planteamiento de protección mediante el diseño hidráulico de espigones. De los resultados mostrados, podemos mencionar; como resultado de los cálculos hidrológicos de la sub cuenca en estudio, tenemos que el caudal de diseño para un periodo de retorno de 50 años es de 38.31 m<sup>3</sup>/seg, el cálculo del ancho de equilibrio del río Yuracyacu teniendo en cuenta las propiedades hidráulicas y sedimentarias del cauce de una corriente equilibrada es de 40 mt., con el fin de realizar una adecuada protección contra la erosión, se ha calculado la profundidad de cimentación resultando el valor de 0.63 mt para el período de retorno de 50 años y la profundidad de la uña dio como resultado 1.00 mt.
- B. De los resultados mostrados, y en base a los cálculos precedentes se realizó el cálculo estructural de espigones de protección sobre el río Yuracyacu en el sector puente Matapuquio, de acuerdo a las evaluaciones de estabilidad se considera las siguientes características geométricas; longitud del espigón de 10 mt., ángulo de inclinación del espigón de 60°, orientación del espigón es aguas arriba.
- C. Con base en la experiencia que se ha encontrado en diferentes métodos de observación, los estándares de diseño propuestos se elaboran en la estructura propuesta, debido a que la topografía del cauce va adquiriendo comportamientos cambiantes a lo largo de los años, principalmente cauces, resultando en áreas casi planas; razones son lo de realizar el diseño hidráulico, los cuales comprenden; caudal de diseño, ancho estable del cauce, profundidad de socavación, profundidad de uña y el cálculo estructural, el cual comprende; longitud, ángulo, orientación y estabilidad del espigón.

- D. Esta investigación, considera la construcción de obras transversales de protección de riberas conformada por “Espigones deflectores de flujo” de mediana longitud, emplazados y anclados en la margen del cauce del río Yuracyacu y dispuestos de manera angular a la dirección principal del flujo de agua a lo largo de la ribera y que se ubica en el lugar del puente Matapuquio, para de esta manera neutralizar el proceso erosivo de los estribos de dicha estructura, por lo que el proyecto es viable técnicamente porque representa una estructura adecuada de defensa y/o protección que aliviará los efectos de socavación de los estribos del puente Matapuquio, más aún en los tiempos de lluvia.

## **RECOMENDACIONES**

1. Se recomienda promover el diseño y construcción de obras de Protección frente a Erosión de estribos de puentes, a fin de garantizar la vida útil de estas estructuras y prevenir desastres.
2. Se recomienda hacer uso de datos de precipitación obtenidas de una estación o estaciones cercanas a la zona del proyecto.
3. En la ribera del río, toda nueva obra en el medio acuático afectará de alguna forma al comportamiento del medio, por lo que es necesario analizar cómo esto afectará finalmente a la obra existente e introducir medidas de consolidación en las nuevas condiciones.
4. Se recomienda que profesionales competentes lleven a cabo investigaciones especiales sobre el tema antes de proponer soluciones, o al menos brindar sugerencias.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Akan, Osama. Open Chanel Hidraulic. Oxford: Elsevier, 2006.
- Alambrec, Ideal. "Ideal Alambrec." 2010. 13 octubre 2010 <<http://www.idealalambrec.com/web/ideal>>.
- Barboza Cabrera, Segundo: Informe de Ingeniería "Defensa Ribereña y Encauzamiento del rio Chaman-Sector Huacablanca". Carretera Panamericana Tramo II. Año 1997.
- Blair Enrique F.: "Manual de Riegos y Avenamiento" – 1959.
- Chow, Ven Te. Hidráulica de los canales abiertos. Colombia: Nomos, 1994.
- das, Braja M. Fundamentos de Ingeniería Geotécnica. Sacramento: Thompson Learning, 2001.
- Cámara Peruana de Construcción: "Suplemento Técnico junio 2010 –mayo 2011".
- Cisneros Chicoma A. y Prado Ribera, L.: Tesis: "Estudio De Encauzamiento y Diseño De Defensas Ribereñas En El Rio Reque". Año 1988.
- Cueva Moscol Elvis y Panta Monteza José: Tesis: "Estudio Definitivo de Encauzamiento y Diseño de Defensas Ribereñas en el rio Motupe - Sector Pueblo Joven el Salvador – Jayanca. Año 1997.
- Felices, Arturo Rocha. "Consideraciones sobre las defensas fluviales a base de espigones." XVI Congreso de Ingeniería Civil. Arequipa, 2007. 44.
- Juarez Badillo, G.: "Mecánica de Suelos III" - 7ma. Edición. México, Editorial. Limusa, 414 páginas. Año 1984.
- Linsley Ray K. y Joseph B. Franzini: "Ingeniería de Recursos Hidráulicos". Campaña Editorial Continental, S.A. De C.V., México.
- Linsley, Kohler, Paulus: "Hidrología para Ingenieros" – Segunda Edición. Editorial Mc Graw-Hill Latinoamericana S.A.
- Maccaferri. "Defensas Ribereñas." Deflectores. Russell, George. Hidráulica. México: CECSA, 1976.
- Maccaferri: "Gaviones y Revestimientos". Año 2001.
- Montes De Oca: "Topografía". Edición representaciones Miguel y Servicios de Ingeniería – México. 1976.

Paulet I. Manuel: "Análisis de Frecuencias de Fenómenos en Hidrología – Método de Gumble". Publicación N<sup>o</sup> 34. Año 1974.

Perpec III: "Encauzamiento del Rio Chancay - Sector Tabacal-Las Minas". Expediente Técnico, Chiclayo-Lambayeque, 92 páginas. Periodo agosto a diciembre 2000.

Perpec III: "Encauzamiento del Rio Chancay - Sector Puente Saltur-Reque". Expediente Técnico, Chiclayo-Lambayeque. Periodo agosto a diciembre 2000.

Rocha Felices, Arturo: "Introducción a la Hidráulica Fluvial". Primera Edición. Noviembre 1998.

Reyes Salazar, Jorge. Curso: "Diseño de Obras Hidráulicas Menores". Colegio de Ingenieros del Perú. Octubre del 2003.

Rocha A. "Recursos Hidráulicos". CIP Lima – Perú. 1993.

Teran, Rubén: "Diseño y Construcción de Defensas Ribereñas". Año 1998.

United States Department Of The Interior: "Diseño de Presas Pequeñas". Bureau of Reclamation, Floyd G. Dominy, Commissioner. Marzo 1985.

Vasquez Villanueva, Absalón: "Manejo de Cuencas Alto andinas". Tomo I. Universidad Nacional Agraria La Molina. Impreso en Perú, 2000.

Villaseñor C. Jesús: "Proyectos de Obras Hidráulicas". México. Diciembre 1978.

Vide, Martín. Ingeniería Fluvial. Colombia: Editorial Escuela Colombiana de Ingeniería, 2003.

Vide, Matín. Ingeniería de Ríos. Catalunya: Alfaomega, 2003.

## **ANEXOS**

ANEXO 01 – Matriz de Consistencia.

ANEXO 02 – Datos de Precipitación Estación Acopalca.

ANEXO 03 – Estudio de Mecánica de Suelos.

ANEXO 04 – Plano Topográfico.

ANEXO 05 – Plano Secciones Transversales.

**Diseño de Espigones en la protección de los Estribos de puente Matapuquio –Distrito de Parihuanca**

PROBLEMA	OBJETIVOS	HIPOTESIS	VARIABLES	INDICADORES	METODO
PROBLEMA PRINCIPAL	OBJETIVOS GENERAL	HIPOTESIS GENERAL			
¿De que manera el diseño de espigones influye en la protección de los estribos del puente Matapuquio –Distrito de Parihuanca?	Determinar el diseño de espigones en la protección de los estribos del puente Matapuquio –Distrito de Parihuanca	El diseño de espigones influye positivamente en la protección de los estribos de puente Matapuquio -Distrito de Parihuanca	VARIABLE INDEPENDIENTE ESPIGONES	Punta del espigón	METODO GENERAL: El método general de investigación que se empleará es el método científico.
				Cresta de Espigón	
				Anclaje	
				Profundidades de aguas mínimas, normales y máximas.	
				Cantidad de carga suspendida con relación a la carga de fondo.	
				Pendiente y velocidad del río.	METODO ESPECIFICO: El método específico de la investigación será el método analítico sintético. Se usará el método analítico cuantitativo para el cálculo de las diferentes mediciones y el cualitativo para la descripción de los datos que son susceptibles a la interpretación por ser datos categoriales y que se someterán a un análisis estadístico, es decir a analizar y evaluar cada una de las hipótesis planteadas.
PROBLEMA SECUNDARIO	OBJETIVOS ESPECIFICO	HIPOTESIS ESPECIFICA		Características del material de fondo (arcilla, limos, arena, grava, cantos, guijarros).	
				Tamaño del canal (ancho y sección).	
				Régimen hidráulico del río.	
				Cálculo de socavación del cauce con el espigón.	
¿De que manera el diseño hidraulico en espigones influye en la protección de los estribos del puente Matapuquio–Distrito de Parihuanca?	Determinar la influencia del diseño hidraulico en espigones en la protección de los estribos del puente Matapuquio –Distrito de Parihuanca.	El diseño hidraulico en espigones influye positivamente en la protección de los estribos del puente Matapuquio –Distrito de Parihuanca.	VARIABLE INDEPENDIENTE ESPIGONES	Diseño de una cimentación con la profundidad adecuada.	TIPO DE INVESTIGACION: De acuerdo a los propósitos de la investigación y la naturaleza de los problemas planteados, la presente investigación es la aplicada y/o tecnológica.
				Diseño estructural (resistencia y flexibilidad) del espigón.	
				Localización en planta. Radios de las curvas	
				Longitud de las tangentes, ancho estable del río.	
				Longitud de los espigones.	
				Elevación de la cresta de los espigones	
				Espaciamiento entre espigones.	
				Número de espigones	
				Pendiente de la corona.	
				Angulo de orientación respecto a la azija	
			Taludes laterales de los espigones.	NIVEL DE LA INVESTIGACION: Basados en los criterios y según el tipo de estudio y la estrategia de investigación, el nivel de investigación será descriptivo - explicativo.	
			Permeabilidad del espigón.		
			Características y tamaño de los Materiales para la construcción de los espigones.		
			Determinación de las condiciones de flujo alrededor de los espigones.		
¿Cuál es el diseño de espigones pertinente para la protección de los estribos del puente Matapuquio –Distrito de Parihuanca?	Diseñar los espigones mediante el análisis y definición de elementos a diseñar, el cual sirve en la protección de los estribos del puente Matapuquio –Distrito de Parihuanca.	El diseño pertinente es el de espigones el cual es óptimo en la protección de los estribos del puente Matapuquio –Distrito de Parihuanca.	VARIABLE DEPENDIENTE PROTECCION DE PUENTE	Pendiente media del cauce	DISEÑO DE LA INVESTIGACION: El diseño de la investigación según su intención de los objetivos será analítico. Según el número de mediciones de las variables será un diseño longitudinal. En función a los criterios de grado de control de las variables será cuasi - experimental .
				Secciones transversales del cauce	
				Diámetro medio del suelo: d50	
				Caudales maximos	
				Ancho estable	
				Socavacion local	
				Rugosidad del cauce	
				Tirante de maxima avenida	
				Velocidad de flujo	

Bach. Frans Erick Matamoros Castro



PERÚ

Ministerio del Ambiente

Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú - SENAMHI

Dirección Zonal 11

"AÑO DE LA UNIVERSALIZACION DE LA SALUD"

ESTACIÓN: CO ACOPALCA

LATITUD: 11°59'14.36" SUR

DPTO.: Junin

LONGITUD: 75° 6'12.68" OESTE

PROV.: Huancayo

ALTITUD: 3894 msnm

DIST.: Huancapo

Parametro: Precipitacion Maxima 24 horas (mm)

ANEXO: Acopalca

Día	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC
2009	18.4	27.3	32.8	17.4	20.1	18.4	3.8	18.5	17.5	28.6	16.7	17.3
2010	32.1	27.0	14.5	7.4	10.5	0.5	5.0	2.4	3.6	12.4	9.6	25.0
2011	21.2	18.1	32.0	18.6	9.2	1.0	5.6	1.2	15.6	16.0	15.6	16.2
2012	18.8	33.2	14.1	14.7	0.0	0.0	23.0	22.0	21.1	17.0	9.8	24.1
2013	21.9	16.6	12.4	11.9	5.1	4.0	7.2	11.3	29.2	22.0	29.2	17.5
2014	23.2	14.9	33.0	15.0	7.2	1.2	3.0	3.0	15.5	14.4	19.0	20.8
2015	25.2	24.6	14.3	12.6	8.7	4.1	6.0	5.3	25.2	25.5	20.1	17.6
2016	14.7	21.8	15.0	14.7	8.1	1.5	1.4	7.9	15.8	24.2	18.0	17.6
2017	16.2	18.0	24.6	16.4	8.8	2.0	4.2	6.4	13.0	24.0	20.5	20.0
2018	24.6	13.4	21.3	8.0	4.8	4.7	3.2	7.3	13.5	17.0	12.0	7.0
2019	16.0	26.9	15.2	10.4	6.0	0.5	5.0	0.2	2.0	11.8	12.0	25.4

INFORMACION PREPARADA PARA:  
Bach. Frans Erick Matamoras Castro

FECHA: 21 DE SETIEMBRE DEL 2020

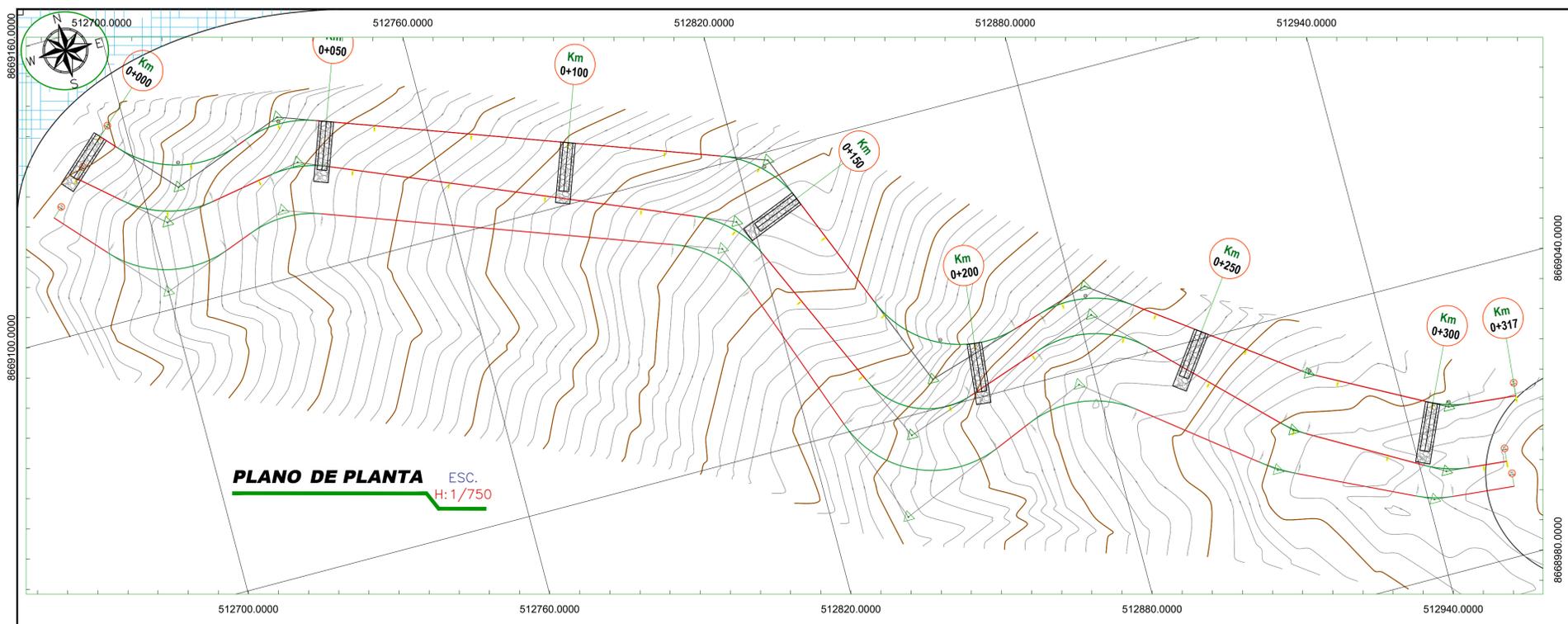


Firma Digital  
Firmado digitalmente por SANCHEZ PAUCAR Eusebio Rolando FAU  
20131366028 soft  
Motivo: Soy el autor del documento  
Fecha: 21.09.2020 15:34:01 -05:00



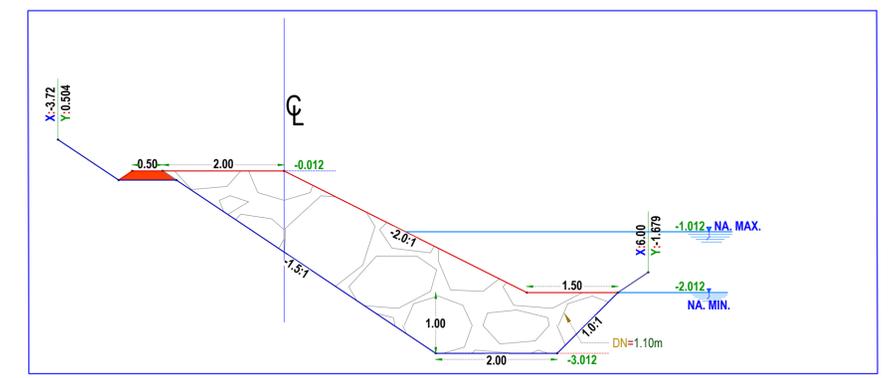
Dirección Zonal SENAMHI-JUNÍN  
JR. TRES DE MARZO S/N, CONCEPCION  
Tel; 990866893  
Email: esanchez@senamhi.gob.pe  
www.senamhi.gob.pe

VALIDO SOLO CON LA FIRMA DIGITAL



ELEMENTOS DE CURVA												
Nº	S	R	L	T	Δ	C	E	M	P.C.	P.T.	P.I. ESTE	P.I. NORTE
C1	1	22	26.20	14.90	068°13'58"	24.68	4.57	3.79	0+004.30	0+030.50	512707.452	8669123.893
C2	8	22	15.51	8.09	040°23'44"	15.19	1.44	1.35	0+032.41	0+047.92	512730.761	8669132.654
C3	8	22	18.42	9.79	047°57'39"	17.88	2.08	1.90	0+131.50	0+149.92	512826.229	8669098.291
C4	1	22	32.43	19.96	084°26'51"	29.57	7.71	5.71	0+176.63	0+209.06	512847.603	8669046.029
C5	8	22	20.27	10.92	052°47'12"	19.56	2.56	2.29	0+214.86	0+235.13	512882.742	8669056.565
C6	1	22	3.08	1.54	008°00'37"	3.07	0.05	0.05	0+272.19	0+275.27	512922.757	8669027.390
C7	1	22	8.71	4.41	022°40'41"	8.65	0.44	0.43	0+298.96	0+307.66	512948.908	8669013.435

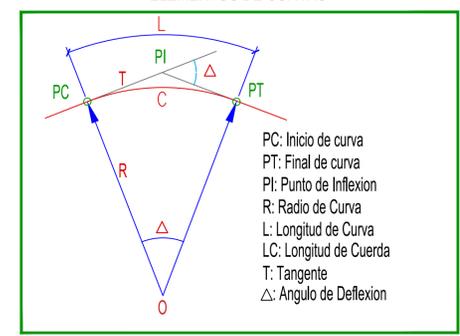
**PLANO DE PERFIL LONGITUDINAL** ESC. H: 1/600 V: 1/60



**PERFIL LONGITUDINAL; Eje Defensa ENROCADO**  
 PROG: 0+000 - 0+317 Escalas - V: 100 H: 100



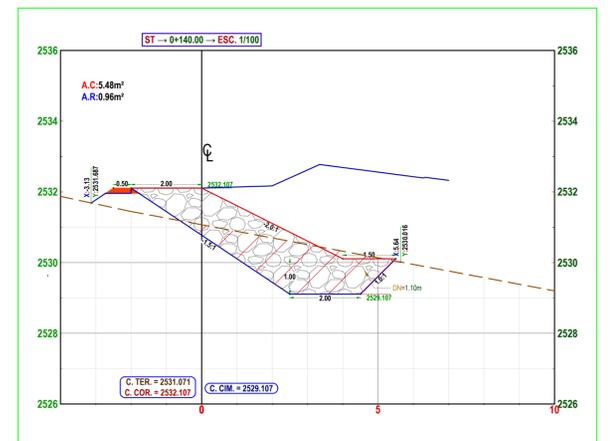
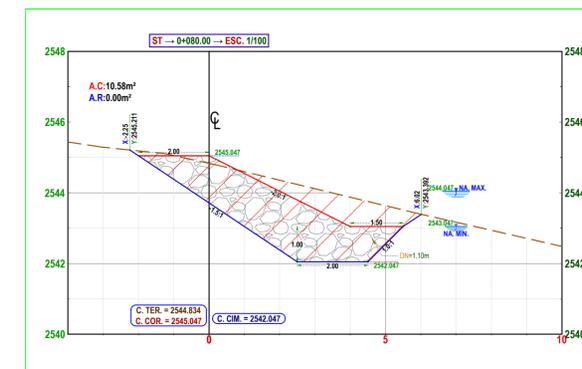
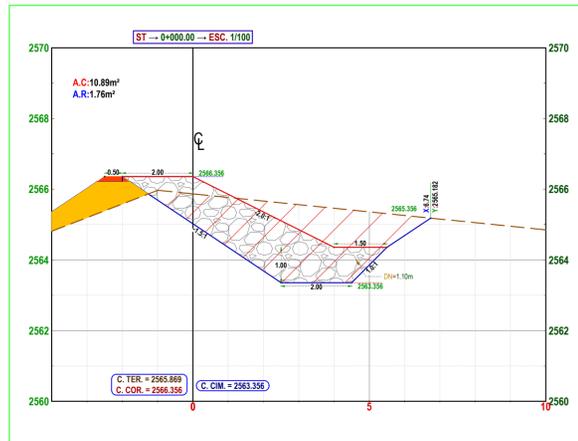
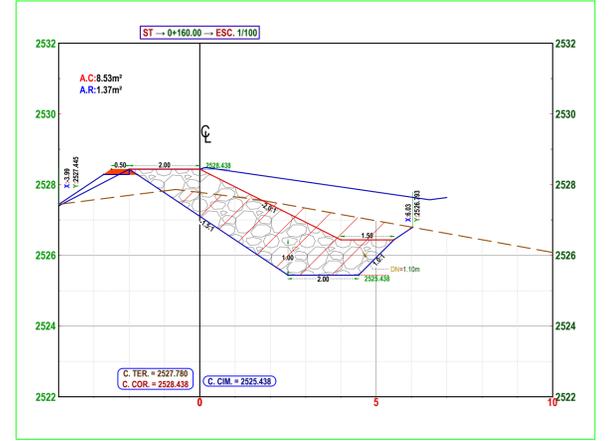
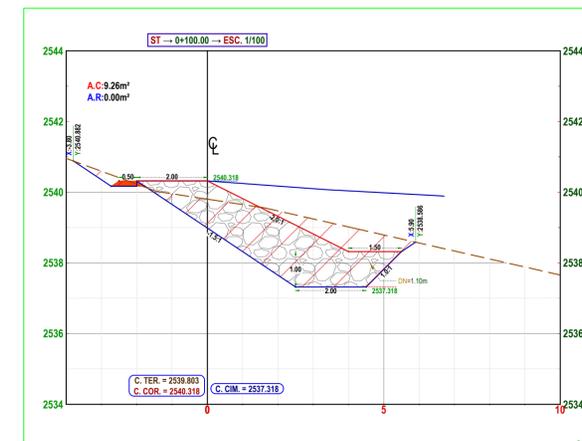
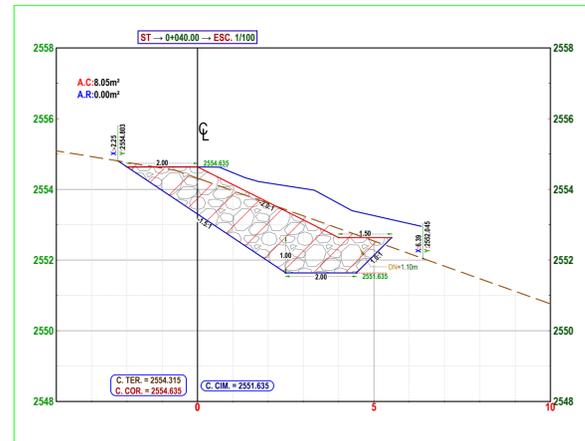
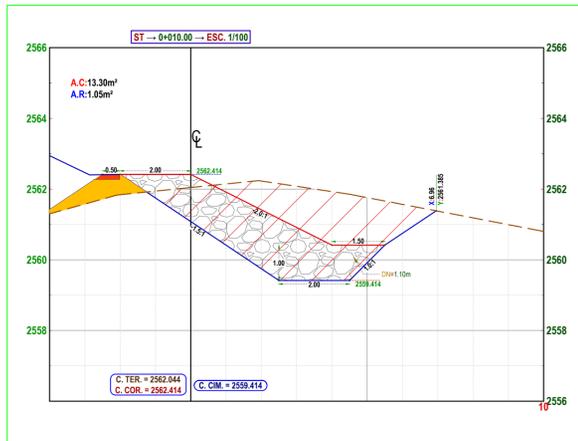
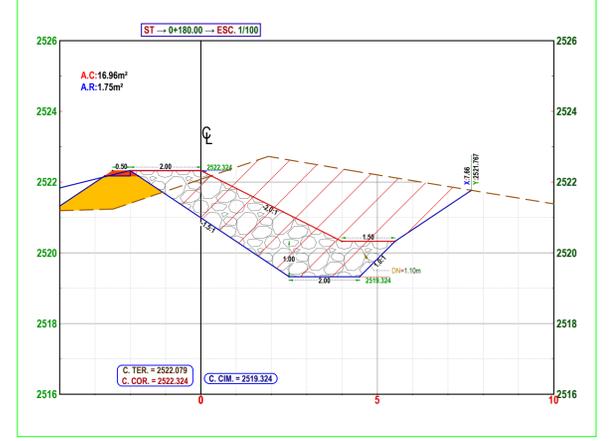
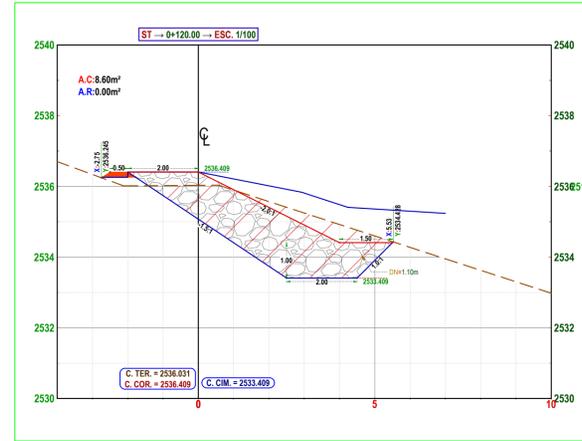
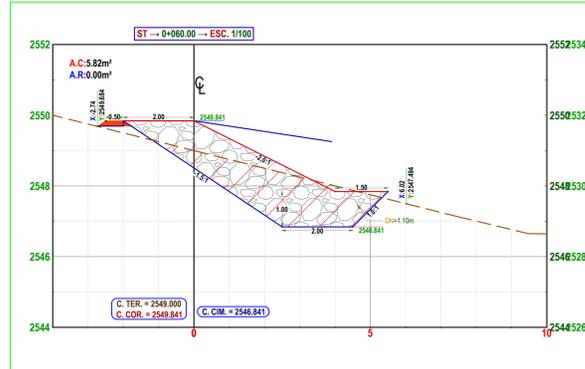
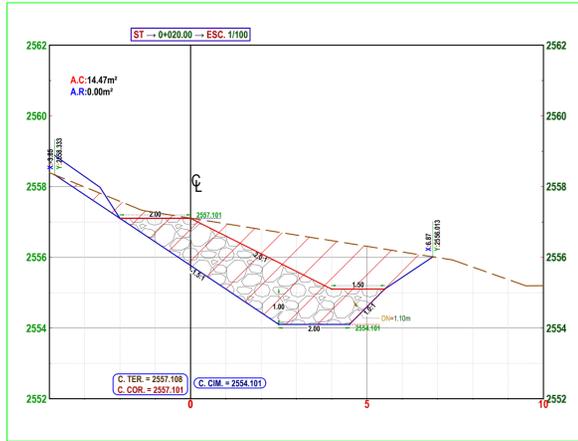
**ELEMENTOS DE CURVAS**



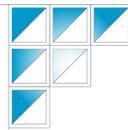
**LEYENDA**

- Curva Mayor C=5m
- Curva Menor C=1m
- Punto De Estación
- Punto De Bñs
- Buzon De Desague
- Canal
- Acceso
- Eje Propocionado

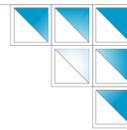
<p><b>UNIVERSIDAD PERUANA LOS "ANDES"</b></p>	<b>FACULTAD DE INGENIERIA</b> PROYECTO: "DISEÑO HIDRAULICO Y ESTRUCTURAL DE ESPIGONES FRENTE A LA SOCAVACION DE LOS ESTRIBOS DEL PUENTE MATAPUQUIO PARIHUANCA - JUNIN" PROYECTISTA: BACH. F.E.M.C.			DIBUJO Y DISEÑO: BACH. F.E.M.C. REVIS: APRUEBA:		PLANO: <b>PLANTA Y PERFIL LONGITUDINAL</b> KM: 00+000 - 00+300 REGION: JUNIN PROVINCIA: HUANCAYO DISTRITO: PARIHUANCA		LAMINA: <b>PT-01</b>
	ESCALA: INDICADA FECHA: 31-ene-22lunes, enero 31, 2022							



LOGO



UNIVERSIDAD PERUANA  
LOS "ANDES"



FACULTAD DE INGENIERIA

PROYECTO:  
"DISEÑO HIDRAULICO Y ESTRUCTURAL DE ESPIGONES FRENTE A LA SOCAVACION DE LOS ESTRIBOS DEL PUENTE MATAPUQUIO PARIHUANCA - JUNIN"

PROYECTISTA:  
BACH. F.E.M.C.

DIBUJO Y DISEÑO:  
BACH. F.E.M.C.

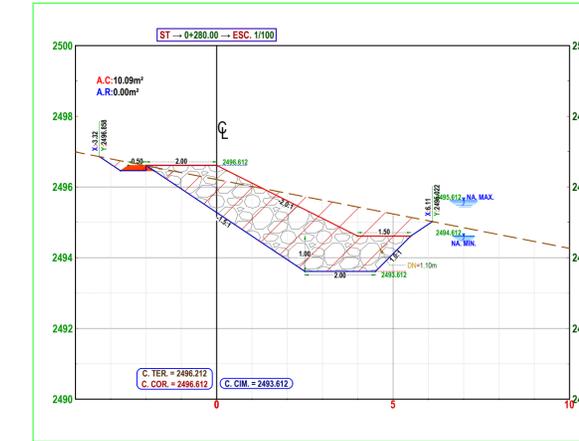
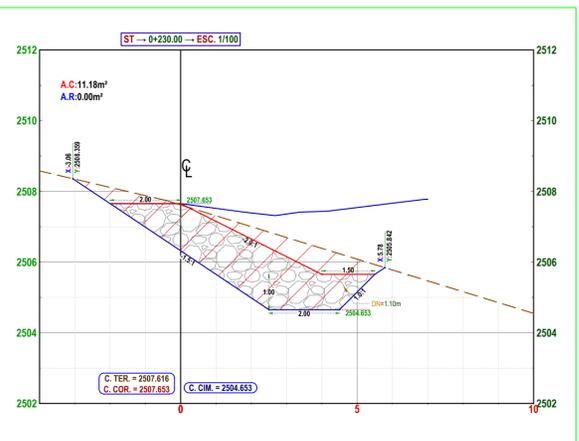
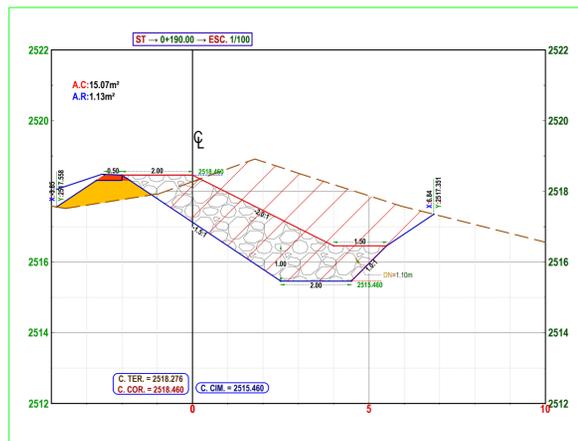
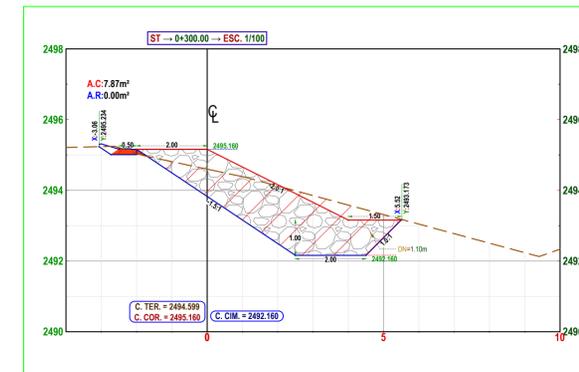
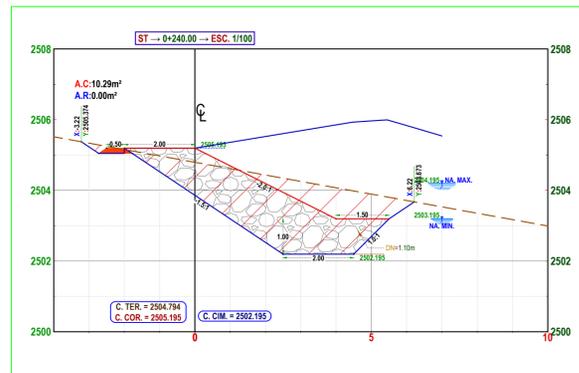
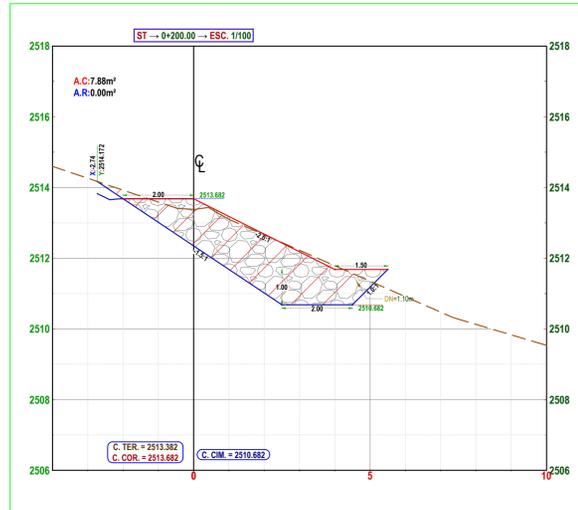
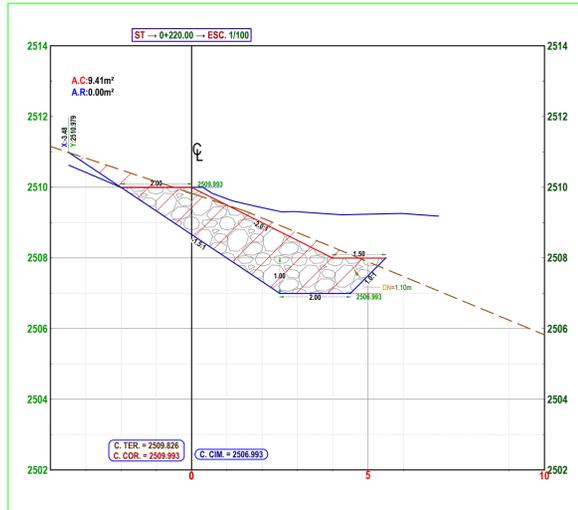
REVISIA:  
APRUEBA:

PLANO:  
SECCIONES TRANSVERSALES

KM: 00+000 - 00+180

REGION: JUNIN  
PROVINCIA: HUANCAYO  
DISTRITO: PARIHUANCA  
ESCALA: INDICADA  
FECHA: 31-ene-22lunes, enero 31, 2022

LAMINA:  
PT-01



CUADRO DE MOVIMIENTO DE TIERRA						
PROG.	AREA C. (m²)	AREA R. (m²)	VOL. C. (m³)	VOL. R. (m³)	VOL. ACUM. Corte (m³)	VOL. ACUM. Relleno (m³)
0+000.00	10.89	1.76	0.00	0.00	0.00	0.00
0+010.00	13.30	1.05	130.05	13.05	130.05	13.05
0+020.00	14.47	0.00	155.58	0.00	285.63	13.05
0+030.00	7.97	0.00	122.98	0.00	408.61	13.05
0+040.00	8.05	0.00	75.48	0.00	484.09	13.05
0+060.00	5.82	0.00	133.19	0.00	617.27	13.05
0+080.00	10.58	0.00	163.95	0.00	781.22	13.05
0+100.00	9.26	0.00	198.38	0.00	979.59	13.05
0+120.00	8.60	0.00	178.59	0.00	1158.18	13.05
0+140.00	5.48	0.00	134.07	0.00	1292.25	13.05
0+160.00	8.53	0.00	131.51	0.00	1423.77	13.05
0+180.00	16.96	1.75	260.74	30.74	1684.51	43.79
0+190.00	15.07	1.13	182.09	12.77	1866.60	56.56
0+200.00	7.88	0.00	127.65	0.00	1994.25	56.56
0+220.00	9.41	0.00	175.52	0.00	2169.77	56.56
0+230.00	11.18	0.00	94.47	0.00	2264.24	56.56
0+240.00	10.29	0.00	101.83	0.00	2366.07	56.56
0+260.00	9.39	0.00	196.78	0.00	2562.85	56.56
0+280.00	10.09	0.00	198.28	0.00	2761.12	56.56
0+300.00	7.87	0.00	180.59	0.00	2941.71	56.56

**LOGO**

UNIVERSIDAD PERUANA  
LOS "ANDES"

FACULTAD DE INGENIERIA

PROYECTO:  
"DISEÑO HIDRAULICO Y ESTRUCTURAL DE ESPIGONES FRENTE A LA SOCAVACION DE LOS ESTRIBOS DEL PUENTE MATAPUQUIO PARIHUANCA - JUNIN"

PROYECTISTA:  
BACH. F.E.M.C.

DIBUJO Y DISEÑO:  
BACH. F.E.M.C.

REVISIA:  
APRUEBA:

PLANO:  
SECCIONES TRANSVERSALES

KM: 00+000 - 00+180

REGION: JUNIN  
PROVINCIA: HUANCAYO  
DISTRITO: PARIHUANCA

ESCALA: INDICADA  
FECHA: 31-ene-22lunes, enero 31, 2022

LAMINA:  
PT-01