



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

“Reforzamiento estructural de riberas del río Huaycon para evitar erosión en épocas de máximas avenidas distrito Pacucha – Andahuaylas – 2020”

TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

Ingeniero Civil

AUTORES:

Leguia Vergara, Kristel Daniela (ORCID: 0000-0003-0264-2798)

Muñoz Orosco, Marino (ORCID: 0000-0001-6763-6757)

ASESOR:

MS. Ing. Aybar Arriola, Gustavo Adolfo (Código ORCID: 0000-0001-8625-3989)

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:

DISEÑO DE OBRAS HIDRAULICAS Y SANEAMIENTO

CALLAO – PERÚ

2020

Dedicatoria

La presente investigación la dedico a Dios, a mi madre Bethy Vergara Ortiz por haberme apoyado en este largo camino, a Luca por ser siempre tan persistente en mi crecimiento profesional, a toda mi familia y amigos por acompañarme hasta el día de hoy a alcanzar una de mis metas más importantes, ser ingeniero civil.

La presente investigación la dedico a mi querida madre e hija: Saturnina Orosco y Erika Muñoz quienes fueron parte fundamental en la formación de mi carrera fomentando en mi la perseverancia y resiliencia haciendo de mí una persona con objetivos claros,

Kristel Daniela Leguia Vergara
Marino Muñoz Orosco

Agradecimiento

Expresamos nuestro agradecimiento a la universidad Cesar Vallejo por otorgarnos la oportunidad de obtener nuestro título profesional de ingenieros civiles, a nuestro docente Gustavo Adolfo Aybar Arriola por el tiempo y dedicación que le ha puesto al incentivo de nuestro trabajo de investigación. Un agradecimiento muy especial para nuestras familias por siempre apoyarnos y confiar en nosotros.

Kristel Daniela Leguia Vergara

Marino Muñoz Orosco

ÍNDICE DE CONTENIDOS

Dedicatoria	i
Agradecimiento	ii
RESUMEN	vii
ABSTRACT	viii
I. INTRODUCCIÓN	1
II. MARCO TEÓRICO	6
III. METODOLOGÍA.....	50
3.1. Diseño de Investigación.....	51
3.2. Tipo de Estudio.....	51
3.3. Enfoque de Estudio	51
3.4. Operacionalización de variables	52
3.5. Población y Muestra	52
3.6. Técnicas e instrumentos de recolección de datos, validez y confiabilidad. 53	
3.6.1. Validez y confiabilidad	54
3.7. Procedimiento.....	54
3.8. Método de Análisis	54
3.9. Aspectos éticos.....	55
IV. RESULTADOS	56
V. DISCUSIÓN	134
VI. CONCLUSIONES.....	140
VII. RECOMENDACIONES	143
REFERENCIAS.....	145
ANEXOS	153

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Vías de acceso a la ciudad de Pacucha	58
Tabla 2. Puntos del levantamiento topográfico.	61
Tabla 3. Descripción de material de las calicatas.	76
Tabla 4. Resultados de Estudio de Suelos	82
Tabla 5. Análisis Granulométrico por Tamizado C-1.....	83
Tabla 6. Análisis Granulométrico por Tamizado C-2.....	84
Tabla 7. Contenido de Humedad de muestras.....	85
Tabla 8. Capacidad de carga admisible.....	85
Tabla 9. Capacidad última del terreno.	86
Tabla 10. Área y Perímetro de las cuencas de Pacucha.	87
Tabla 11. Áreas parciales de cuenca en diferentes cotas.....	88
Tabla 12. Perfil Longitudinal.....	90
Tabla 13. Estaciones Pluviométricas del SENAMHI Evaluados.....	93
Tabla 14. Promedio base de registro de precipitaciones.	98
Tabla 15. Distribución de probabilidades.	102
Tabla 16. Coeficiente de duración de lluvias entre 48 horas y una hora.....	103
Tabla 17. Hietograma de precipitación (mm).	105
Tabla 18. Hietograma de precipitación (mm/hr).....	106
Tabla 19. Valores Máximos Recomendados de riesgo admisible de obras de drenaje.	108
Tabla 20. Hietograma TR=100 años.....	109
Tabla 21. Población Censada – 2017.	111
Tabla 22. Zonas afectadas en el tramo de intervención.	111
Tabla 23. Pesos Específicos de las rocas.....	113

ÍNDICE DE GRÁFICOS Y FIGURAS

Figura 1. Etapas de la erosión.....	28
Figura 2. Elementos constituyentes de los gaviones tipo caja.	35
Figura 3. Fardos de Gaviones y ralla de alambre de amarre.	35
Figura 4. Elementos constituyentes de los gaviones tipo Colchón.....	37
Figura 5. Elementos constituyentes de los gaviones tipo saco.	37
Figura 6. Abertura de la malla.	39
Figura 7. Diseño de muros de gravedad para taludes estables.	41
Figura 8. Muro de Semi gravedad.....	43
Figura 9. Muro de Contención con voladizo.	44
Figura 10. Muro de contención con Contrafuerte.	46
Figura 11. Mapa Político del Perú y de la provincia de Andahuaylas.....	57
Figura 12. Ubicación de la zona de estudio.	58
Figura 13. Mapa de Zonificación Sísmica.	73
Figura 14. Zonificación Sísmica del distrito de Pacucha	74
Figura 15 Factores de Zona “Z”	74
Figura 16. Factor de Suelo “S”	75
Figura 17. Periodos “Tp” y “Tl”	75
Figura 18. Límites de Atterberg.....	78
Figura 19. Símbolos de Grupo y Nombre con el uso de ensayos de Laboratorio. 80	
Figura 20. Tabla de Clasificación AASHTO.....	81
Figura 21. Cuenca Río Pampas e Intercuencas.....	87
Figura 22. Delimitación de las cuencas Pacucha.....	88
Figura 23. Registro de precipitaciones – Estación Andahuaylas.....	94
Figura 24. Registro de Precipitaciones – Estación Uripa.	95
Figura 25. Registro de Precipitaciones – Estación Andarapa.....	96
Figura 26. Registro de Precipitaciones – Estación Huancaray.....	97
Figura 27. Histograma de precipitaciones de estación base.	99
Figura 28. Caudal máximo por el método de HEC-HMS para un periodo de retorno T=100 años.	110
Figura 29. Tipo de Malla.....	113
Figura 30. Estructura de Gavión.....	115
Figura 31. Detalle de bloque 1, 2 y 4 de gavión.	115

Figura 32. Detalle de bloque 3 de gavión.....	116
Figura 33 Esquema de muro de Contención con Voladizo	120
Figura 34. Metrado de cargas en muro de contención con voladizo	121
Figura 35 Muro de Contención con voladizo – Diseño.....	132

RESUMEN

La presente investigación se realizó en el río Huayccon que se encuentra en la comunidad de Anccopaccha del distrito de Pacucha en 1+000 kilómetro del río que empieza en el Puente Laguna, lugar en que por efectos de las precipitaciones fluviales en épocas de lluvia las laderas han sufrido erosión y socavación provocando las inundaciones, elementos que afectan a los terrenos agrícolas que se encuentran en la ribera del río, así como también a las viviendas habitadas por pobladores de la comunidad; esto genera una crisis económica en la zona porque la principal actividad es dañada por efectos de la naturaleza en las cuales el hombre aún no ha intervenido.

Por lo antes expuesto este proyecto denominado “Reforzamiento estructural de riberas del río Huayccon para evitar erosión en épocas de máximas avenidas distrito Pacucha – Andahuaylas – 2020” tiene como principal objetivo proponer el diseño estructural que permita proteger la erosión e inundación causada por el río Huayccon.

El diseño de investigación es no experimental, tipo de estudio aplicada, con una población del tramo total del río Huayccon y una muestra de 1+000 km que fue elegida convenientemente luego de la visita campo.

Palabras clave: Defensa ribereña, erosión, socavación, inundación, diseño estructural.

ABSTRACT

The present investigation was carried out in the Huayccon river that is located in the Ancopaccha community of the Pacucha district in 1 + 000 kilometer of the river that begins in the Laguna Bridge, a place where, due to the effects of fluvial precipitation in times of rain they have suffered erosion and scour causing flooding, elements that affect the agricultural lands that are on the river bank, as well as the homes inhabited by community residents; This generates an economic crisis in the area because the main activity is damaged by the effects of nature in which man has not yet intervened.

Due to the aforementioned, this project called "Structural reinforcement of the banks of the Huayccon river to avoid erosion in times of maximum avenues Pacucha district - Andahuaylas - 2020" has as its main objective to propose the structural design that allows to protect the erosion and flooding caused by the Huayccon river.

The research design is non-experimental, type of applied study, with a population of the entire Huayccon river section and a sample of 1 + 000 km that was conveniently chosen after the field visit.

Keywords: Riparian defense, erosion, scour, flood, design structure.

I. INTRODUCCIÓN

Realidad Problemática

El departamento de Apurímac se caracteriza por tener dos provincias en desarrollo con más población en comparación con las otras 5 provincias, estas son la ciudad de Abancay que es la capital de la región y la provincia de Andahuaylas, esta última provincia cuenta con 20 distritos en toda su extensión entre ellas la provincia de Pacucha que es precisamente donde se realiza la presente investigación, cuenta con 170.39 km², con una topografía típica de la sierra presentando relieves accidentados con pendientes fuertes, áreas de pastizales, chacras, caminos de herradura y sobre sale la laguna de Pacucha a una altura de 3125 m.s.n.m. Cabe señalar que la actividad principal de esta región se centra en la agricultura y en menos medida en la ganadería y minería. Según los datos estadísticos del Instituto Nacional de Estadística e Informática (INEI) en el año 2017 la región de Apurímac tiene una población de 449,365.00 habitantes, la provincia de Andahuaylas alberga a una población de 142,477.00 habitantes y el distrito de Pacucha específicamente cuenta con 7,989.00 habitantes.

En el distrito de Pacucha, se encuentra el río Huayccon que se origina del encuentro entre el río Parco y río Argama y tiene origen en las lagunas Parco – Chinquillay; este río desde Argama se presenta con pequeños curvas y lugares alargados que obedecen a la forma de los paisajes de la planicie, se exponen zonas de inundación en valles levemente extensos.

La presente investigación se realiza gracias a la problemática que presenta la localidad de Ancopaccha en el distrito de Pacucha que en el transcurso de los últimos años se ha visto afectada por cambios hidro-climáticos que han influenciado la conducta hidráulica e hidrológica en los distintos cursos de agua que forman la cuenca Pacucha. Estos eventos se vuelven en ocurrencias como sequías o grandes avenidas de agua; de cualquier forma y en cualquiera de los dos casos se ve afectada la actividad económica principal de los comuneros de este sector. Con respecto a la crecida de caudales de los ríos son los que originan el desbordamiento de agua que causan las inundaciones de áreas grandes en las riberas, perjudicando no solo áreas agrícolas, sino también llegando a las áreas de viviendas.

La calidad de vida de los pobladores que se ven afectados directamente con la problemática de la presente investigación es precaria encontrándose viviendas de

adobe antiguas que se caen con el paso de los años, cuentan con los servicios básicos pero el mantenimiento de estos es precario complicando más el estado de estas áreas en las épocas de fuertes precipitaciones. Es así, que en esta investigación se realiza el diseño de dos tipos de defensas ribereñas como son los muros de gavión y los muros de concreto armado con voladizo a fin de evitar las inundaciones en épocas de máximas avenidas.

La finalidad de esta tesis es la de proponer una alternativa de solución enfocada en defensa ribereña para la protección de las áreas y población en general que se encuentran asentadas al borde del río Huayccon. Esta alternativa trata de proponer que la ejecución de esta infraestructura no genera gastos económicos fuertes pero que sin embargo sea duradero en tema de calidad y vida útil, la alternativa de solución será: Muro de gaviones y muros de contención con voladizo en el tramo propuesto.

Este proyecto de defensa de riberas del río Huayccon beneficiará a los pobladores asentados en las cercanías, quienes pierden la posibilidad de tener una buena cosecha y ganancia de sus productos gracias a que el evento por inundación afecta a las plantas y los caminos de ingreso imposibilitándolos de extraer sus productos.

Para la elaboración de la presente tesis se realiza los estudios básicos como levantamiento topográfico, estudio de mecánica de suelos y estudio hidrológico.

Ante lo planteado anteriormente se plantea el siguiente problema de manera general ¿Cómo dar solución al problema de reforzamiento estructural en laderas del río Huayccon por erosión y socavación? y seguidamente se plantean tres problemas específicos, el primero ¿Cómo se podría evitar la erosión en épocas de máximas avenidas en el río Huayccon?, segundo, ¿Cómo se podría evitar la socavación en épocas de máximas avenidas en el río Huayccon? el por último ¿Cómo se podría reforzar las riberas del río Huayccon?.

La presente investigación presenta una justificación tecnológica ya que brinda de mayor conocimiento sobre muros de sostenimiento y su empleo en encauzamientos de ríos, además se evaluará la zona donde se producen las inundaciones en las épocas de máximas avenidas y se planeará la solución para el refuerzo estructural de las riberas de Río Huayccon, justificación social porque el tema a solucionar

beneficia a familias que poseen viviendas y sembríos en la comunidad de Anccopaccha del distrito de Andahuaylas evitando que las inundaciones afecten la normal evolución de sus productos que provienen de la tierra y el alimento para sus ganados, así como también evitará que contraigan enfermedad causadas por insectos que se asientan en aguas estancadas y por otro lado contiene un justificación económica ya que evitará que se produzcan pérdidas económicas debido a la falta de defensas ribereñas que protegen zonas de cultivo de las inundaciones evitando así mayores inversiones en la limpieza y mantenimiento de la zona en estudio.

Como hipótesis general se establece que se podrá evitar la erosión si se refuerza adecuadamente las laderas donde se podrían producir socavación. Adicionalmente se presentan tres hipótesis y la primera establece que El estudio Hidrológico permite determinar las máximas avenidas del río Huayccon, la segunda, que el estudio topográfico adecuado permite modificar las zonas erosionables del río Huayccon y por último que el reforzamiento estructural adecuado evitará que se produzca la socavación y erosión de riberas del río Huayccon en el distrito de Pacucha, provincia de Andahuaylas del departamento de Apurímac.

El objetivo fundamental de la presente tesis es proponer el diseño estructural que permita proteger de la erosión e inundación causadas por el río Huayccon. Así mismo se presentan tres objetivos específicos. El primero, detallar el estudio Hidrológico del río Huayccon, el segundo, realizar el estudio topográfico para crear islas en zonas erosionables del río Huayccon y el tercero detallar el reforzamiento de las riberas del río Huayccon.

La presente investigación tiene justificación técnica porque brinda estudios básicos y necesarios para la ingeniería y sobre todo para el diseño de defensas ribereñas, valida las teorías de topografía, estudio de mecánica e hidráulica de suelos en la Ingeniería Civil. Brinda de mayor conocimiento sobre muros de sostenimiento y su empleo en encauzamientos de ríos, además se evaluará la zona donde se producen las inundaciones en las épocas de máximas avenidas y se planeará la solución para el refuerzo estructural de las riberas de Río Huayccon. Justificación metodológica porque aporta a la orientación de teorías que se aplicarán en la defensa ribereña del río Huayccon la misma que es afectada por inundaciones en

épocas de precipitaciones fuertes y máximas avenidas. Este método contribuirá a que exista la posibilidad de prevenir inundaciones que posteriormente se generen en pérdidas económicas y de bienes como son viviendas y chacras. Se debe indicar que esta investigación servirá de consulta y cita para estudios e investigaciones que se realicen posteriores a esta, todas relacionadas al diseño de reforzamiento estructural de riberas. Justificación práctica porque presenta el método más adecuado utilizando gaviones y muro de concreto armado para resolver el problema de inundaciones por erosión y socavación en épocas de precipitaciones fuertes generando máximas avenidas en el río Huayccon. Justificación económica porque evitará que se produzcan pérdidas económicas debido a la falta de defensas ribereñas que protegen zonas de cultivo de las inundaciones evitando así mayores inversiones en la limpieza y mantenimiento de la zona en estudio. La solución al problema de la presente investigación es ventajosa porque los materiales a utilizar para su construcción en su mayoría se encuentran en la zona y no necesita mano de obra calificado por ende el costo del proyecto es bajo además de que no incurre en contaminación ambiental ya que el tipo de estructura se encuentra acorde a la zona. Justificación social ya que con la aplicación de este proyecto se busca solucionar el problema de inundaciones protegiendo las zonas vulnerables además de evitar pérdidas humanas y económicas, también aportará a la conservación del medio ambiente. El tema a solucionar beneficia a familias que poseen viviendas y sembríos en la comunidad de Ancopaccha del distrito de Andahuaylas evitando que las inundaciones afecten la normal evolución de sus productos que provienen de la tierra y el alimento para sus ganados, así como también evitará que contraigan enfermedad causadas por insectos que se asientan en aguas estancadas.

II. MARCO TEÓRICO

Antecedentes Internacionales

(ROJAS Montalvo, 2014), en su tesis “Bases de diseño Hidráulico para los encauzamientos o canalización de ríos”, plantea como objetivo principal proteger a un territorio en concreto de inundaciones dificultando que ocurra el fenómeno a través de metodologías. Este objetivo se apoya en la necesidad de reducir las afecciones económicas que sufre la población, además de los enfermedades y riesgos para la vida, estas inundaciones se llevan a cabo en zonas habitadas y no siempre en ambas márgenes del río. Cuando propone proteger las márgenes del río se refiere a que su investigación busca impedir la destrucción de las áreas adyacentes y de especial manera las riberas con el fin de mantenerlas estables. Para cumplir con el objetivo se realizaron los ensayos de análisis granulométrico y fluviométrico para el dimensionamiento del encausamiento, el caudal de diseño, curva de descarga de caudales líquidos y sólidos. El autor concluye que para mantener la seguridad de las riberas y de las zonas donde habita la población es necesario e imprescindible construir la defensa ribereña tomando en cuenta sus características, la cronología de avenidas máximas, la socavación y erosión que se genera, entre otros.

(BALTAZAR Coyoja, 2009), “Diagnóstico de la situación del río Colina y análisis de su estabilidad frente a crecidas pluviales”, tiene como finalidad elaborar el modelamiento hidráulico bajo la consigna de encontrar una solución para la alteración que introducen los áridos en el cauce natural de río Colina, además de reconocer la vulnerabilidad del cauce. Para el presente objetivo se realizó primero el reconocimiento del tramo afectado que resulto en una longitud de 13 km, se realizaron también visitas constantes a fin de describir y relacionar las diversas situaciones observadas plasmándolas en fotografías, luego de analizar el antecedente se procedió a ejecutar el modelamiento hidráulico con asistencia del programa Hec-Ras con geometría en base a restitución digital y levantamientos topográficos locales. Se llega a la conclusión de que la actividad incentiva el avance de los deslindes ribereños sobre el bien nacional de uso público, problema enorme que están incubando las comunas con ríos de alta oferta de áridos, tales como San Bernardo, Buin, Isla de Maipo, entre otras. El fenómeno de “aluvión” junto al requisito de “accesión” es el único medio por el cual los propietarios ribereños

pueden extender el dominio privado. En los resultados de modelamiento de esta investigación se muestran que guardan suma concordancia con el análisis que se realizó previo a los cálculos, el autor ha recomendado que se debe paralizar la actividad de extracción en el tramo Puente Esmeralda – Puente Colina con la justificación de una distancia más arriba el terreno se encuentra libre y dispuesto a ser explotado lo que no puede ocurrir en tramo antes mencionado. En cuanto a los resultados del análisis de la caracterización y modelación del tramo del Río Colina en estudio, se estableció una clara concordancia con la evidencia de terreno. Se recomienda la paralización de la actividad extractiva en el tramo Puente Esmeralda - Puente Colina. El tramo de aguas arriba es factible de explotar, dada la amplitud de los perfiles transversales. Se sugiere un encauzamiento del tramo Sifón Peldehue – Puente Esmeralda, en virtud del desnivel que provocó la escisión en el tramo de aguas abajo.

(PIÑAR Venegas, 2008), “Proyecto de Construcción de un muro de gaviones de 960 m³”, refiere que los muros de contención con gaviones son estructuras de gran magnitud y se ordenan como muros de gravedad. Los muros de gaviones se conforman por cajones de malla hexagonal que comúnmente tienen dimensiones de 2x1x1m y las de 1.5x1x1m, aunque pueden variar de acuerdo al caso en el que se encuentre el proyecto, éstas cajas se rellenan con roca previamente analizada de alguna cantera cercana. Los muros de gaviones se deben diseñar para sostener las cargas del terreno y sobrecargas que se aplican sobre este sin que suceda la deformación o la rotura del mismo. Las características de los muros de gavión son la flexibilidad, factibilidad, permeabilidad los cuales la convierten en favorita para los muros de sostenimiento en el país de Costa Rica. Como parte de las soluciones de los muros de gaviones en Costa Rica, se encuentra el proyecto de urbanización La Estefanía, ubicada en El Carmen de Guadalupe, Goicoechea. El acceso principal de dicha urbanización requirió ser estabilizado mediante una estructura de gaviones, de una longitud total de 80 metros y altura variable entre 3 y 6.5 metros. La empresa Gaviones Bekaert SA asumió la construcción de este muro de contención, cuyos resultados se muestran en el presente documento. El objetivo principal de la práctica fue llevar a cabo todos los procesos de ingeniería del proyecto de muro de gaviones ubicado en dicha localidad, con un volumen estimado de 989.25 m³. Para tal fin, se desarrolló el diseño de cada una de las

secciones en que se dividió el muro, se generó el plano respectivo y se verificó la correcta construcción de los gaviones.

(GALANTON M., y otros, 2007), “Descripción de las defensas rivereñas.” Tiene como finalidad describir los tipos de defensas que se debe utilizar para proteger estructuras cercanas al río. En la investigación se describen los tipos de defensas, los materiales adecuados a utilizar en los diferentes tipos de defensa y la distancia en que se deben colocar estas protecciones además de la clasificación de los tipos de defensas, el diseño de muro de gaviones entre otros procedimientos que juegan un papel fundamental en la elección del tipo de defensa a utilizar. La conclusión de la investigación dice que el muro de gavión, es uno del más apropiado, ya que es una obra construida con materiales flexibles, que cumplen con las exigencias establecidas, y puede adecuarse a deformaciones que puedan producirse una vez puesta en funcionamiento.”

Antecedentes Nacionales

(ALANYA Barzola, 2017), realizó la tesis nombrada “Sistema de la prevención y control de erosión en la ribera del río San Fernando tramo Chayhuamayo – Shugusma, Huancayo – Junín”. Se propone como objetivo principal establecer el tipo de sistema de prevención y control de erosión con el fin de posponer el daño de las riberas del río San Fernando, lugar que se encuentra en Huancayo, región Junín. Como es correcto el autor consigna que en primer lugar se realizó el levantamiento topográfico, el estudio hidrológico y el estudio hidráulico luego se determinó el coeficiente de rugosidad de Manning, la simulación de flujo a través del tramo de estudio, el riesgo de falla – periodo de vida útil, también se realizó el estudio de mecánica de suelos y bajo todos estos resultados se pudo plantear la alternativa de solución con defensa ribereña. Se concluye que los muros gaviones con el sistema de interposición es conveniente para prevenir la erosión basándose en que este muro cumple con todas las condiciones técnicas que son requeridas para el correcto funcionamiento de esta estructura: análisis de estabilidad y económica; refiere que el muro de gaviones es conveniente porque no necesita de mano de obra en cantidades grandes, el uso de maquinaria pesada es mínima, las rocas que se van a utilizar se encuentran en la zona de estudio y cuando la compara

con otro sistema de protección como el enrocado, el muro de gavión resulta ser manos costosa.

(COCHACHIN Villanueva, 2014), tiene como objetivo principal en su trabajo de investigación denominado “Diseño de muro de gaviones para la protección de la margen izquierda del río Mosna en el tramo km: 17+000 al km: 17+330 en el distrito de Chavín, aplicando HEC RAS, 2013”, el diseño de muro de gaviones para la protección de la margen izquierda del río Mosna en el tramo Km: 17+000 al Km: 17+330 que se encuentra en el distrito de Chavín, utilizando el programa Hec-Ras, para este fin se ha calculado los caudales máximos y mínimos del río en mención, también se ejecutaron los ensayos necesarios para la resolución de las características que contienen los suelos en la margen izquierda del río Mosna desde el tramo 17+000 al 17+330, en un intención de empezar a ser dinámicos con la tecnología se utiliza el programa HEC-RAS el cual nos ayuda a calcular la altura de agua y para finalizar y llegar a conclusiones exactas mediante cálculos que se encuentran dentro de los rangos de seguridad para el diseño estructural del muro de contención y en base a este diseño se comprobó la estabilidad con la que cuenta. Para concluir con esta investigación el autor menciona que la altura del muro se adquirió por medio de la pantalla de aguas que es de 3.60m y por la socavación local que genera de 1.5 m, para este último se diseñó muros de gavión con altura de 4.00 m, los cuales cumplen en los rangos que exige el factor de seguridad por deslizamiento, el factor de seguridad por volteo y la reacción del suelo usaron gaviones de tipo A y de tipo B de l.Oxl.Om con recubrimientos de zinc y el costo de ejecución de obra 1 ,220, 178.76 nuevo soles.

(ACERO Nicanor, y otros, 2018), “Diseño de defensa ribereña del río Pomabamba, en el tramo puente Los Baños distrito de Pomabamba – provincia Pomabamba – Ancash”, tiene como principal objetivo diseñar la defensa ribereña en el río Pomabamba para el tramo puente Los Baños que se encuentra en el distrito de Pomabamba, en esta investigación el primer paso que dio el autor fue identificar las propiedades del suelos en la zona donde se proyectaría la defensa ribereña, el levantamiento topográfico que le mostró los puntos en donde intervenir, lo cual concluyó en que se construirían muros de gaviones en una longitud de 414m utilizando los programa de ingeniería como el AutoCAD, hojas de cálculo y

programas en estudio de suelo además de las herramientas topográficas. Este autor concluye que el método más eficaz y confiable se encuentra en la construcción de gaviones porque cumplen con los factores de estabilidad al volcamiento, estabilidad ante el deslizamiento y reacción del suelo, con valores de 2.82, 1.60 y 0.46 kg/cm².

(LUJÁN López, 2017), “Uso de gaviones para mejorar la defensa ribereña del Río Huaycoloro, zona de Huachipa distrito de Lurigancho, Lima 2017” esta investigación tomó como finalidad probar que el uso de muros de gavión contribuye positivamente a la resistencia contra la erosión del río Huaycoloro que se encuentra en el distrito de Huachipa, provincia de Chosica, adicionalmente de como mejora en la socavación del río. En esta investigación los planos de diseño y el cálculo de diseño fueron fundamentales para obtener la resistencia a la erosión y socavación, como en cualquier diseño este autor cumplió con los factores de seguridad que requiere el muro de gavión (durabilidad, fuerza de seguridad al deslizamiento y fuerza de seguridad al volteo) bajo los conceptos del Reglamento Nacional de Edificaciones. La conclusión de esta investigación fue que es muy importante la construcción de muros de gavión como una opción para mejorar la defensa ribereña y así evitar el desbordamiento sin prevención, el principal problema con que se encontró el autor fue que la zona no cuenta con un pluviómetro y es por eso que no pudo obtener los registros de precipitaciones. Para el cálculo del caudal de diseño se tomó en cuenta los números que ha dejado el fenómeno del “Niño Costero”, además la recopilación de datos en campo y el levantamiento topográfico incluyeron un aporte importante.

Bases teóricas

Ley de los Recursos Hídricos Ley N° 29338.

Esta ley reglamenta el uso y administración del recurso hídrico (agua), considerándose el agua superficial, subterránea, continental y los bienes asociados a esta. El fin principal de esta ley y por la que fue promulgada es regular el uso del agua, la intervención del estado y los apartados que de esta se desprenden, como son trámites, derechos y usos. (Ley de los Recursos Hídricos Ley N° 29338, 2019 p. 11).

Ley General del Ambiente – Ley N° 28611

La presente ley es la que ordena la normatividad legal para la gestión ambiental en el Perú. Propone las normas específicas para resguardar el derecho a un medio ambiente saludable que cada peruano tiene, este ambiente debe ser adecuado para que las personas puedan desarrollarse con normalidad sin afectaciones a la salud, también regula cómo las personas deben aportar a la gestión ambiental y la responsabilidad que tienen sobre el medio ambiente con el fin de protegerlo y por ende resguardar la salud y la vida de la población en general. “la presente ley normaliza en las acciones de cumplimiento de los deberes ligados a la correcta gestión ambiental, que involucre el aumento de la calidad de vida de la población, el crecimiento sostenible de las actividades económicas, el progreso del entorno urbano y rural” (Ley General del Ambiente - Ley N° 28611, 2005 p. 22). Así mismo esta ley regula la conservación del patrimonio natural del país.

Manual de Hidrología, hidráulica y drenaje

El manual de hidrología, hidráulica y drenaje es el documento donde se encuentra la información más importante con respecto a la hidrología, hidráulica y drenaje, ha servido para elaborar el diseño de drenaje de aguas superficiales y subterráneas de infraestructura vial (Manual de Hidrología, Hidráulica y Drenaje, 2012 p. 16).

Este Manual contempla predilecciones de proyectos universales para la realización de estudios hidrológicos, hidráulicos y de drenaje, cuyas metodologías antes a su diligencia tienen que ser aprobadas a las condiciones particulares de cada proyecto. El proyectista se basa en este manual buscando conceptos con enfoque ingenieril que contenga métodos y recomendaciones para lograr la verdadera y confiable estimación del caudal de sueño para diversos tiempos de retorno, así como también para plantear obras de drenaje.

Manual de procedimientos para la ejecución física y financiera del programa de encauzamiento de ríos y protección de estructuras de captación – PERPEC. 2008.

(Manual de procedimientos para la ejecución física y financiera del programa de encauzamiento de ríos y protección de estructuras de captación - PERPEC, 2008 p. 2),” Su objetivo principal es establecer normas para la correcta realización técnica, financiera y administrativa del Perpec”.

Norma Técnica E.050 Suelos y Cimentaciones 2018”

El fin al que quiere llegar esta norma es implantar las condiciones básicas para la correcta ejecución de los estudios y/o ensayos de mecánica de suelos (EMS), queriendo intervenir en cimentación de edificaciones y otras obras indicadas en la Norma. Los EMS se ejecutan con la finalidad de asegurar la estabilidad y permanencia de las obras y para promover la utilización racional de los recursos. (Norma Técnica E.050 Suelos y Cimentaciones, 2018 p. 24),” Tiene la finalidad de garantizar la constancia de los servicios básicos y de las construcciones sustanciales según lo establecido en la Norma E.030; y reducir los daños al proyecto y estructuras o vías colindantes”.

Reglamento para la delimitación y mantenimiento de fajas marginales en cursos fluviales y cuerpos naturales y artificiales.

“Este reglamento tiene por objetivo instaurar la metódica y los criterios que se deben aplicar para la delimitación de las fajas marginales de los cauces naturales o artificiales” (Reglamento para la delimitación y mantenimiento de fajas marginales en cursos fluviales y cuerpos naturales y artificiales, 2016 p. 1).

Este reglamento se aplica a nivel nacional dentro del territorio peruano y es de obligatorio cumplimiento para las personas, empresas o instituciones que tengan a su cargo la intervención en fajas marginales de los cauces naturales o artificiales, se pueden nombrar algunos como son los Gobiernos Regionales (GR), los gobiernos locales (GL), las JASS, propietarios de terrenos cercanos a la faja marginal, entre otros.

Manual River de Diseño de Defensas Ribereñas. 2013. Perú: Autoridad Nacional del Agua

“El presente manual fue desarrollado para el uso del programa “RIVER” y está dirigido a los profesionales e instituciones que están involucrados en obras de protección de cauces o defensas ribereñas” (Manual River de Diseño de Defensas Ribereñas, 2013 p. 3).

El PERPEC (Programa de Encauzamiento de Ríos y Protección de Estructuras de Captación), fue elaborado por la Dirección de Estudios de Proyectos Hidráulicos

Multisectoriales de la Autoridad Nacional del Agua con el fin de que se tomara como referencia y base para el diseño de estructuras laterales y espigones.

El PERPEC ha demostrado ser eficiente en la supervisión y dirección de proyectos de inversión en lo referente a defensas ribereñas por lo que ha creado y aprobado el programa RIVER diseñado por el Ingeniero Emilse Benavides C. quien se desempeña como personal especialista de la Autoridad Nacional del Agua.

Río

Se llama río a la corriente de agua que discurre libremente. Tras sufrir muchos cambios dentro de recorrido al juntarse con otros ríos forma un gran lecho de agua que termina desembocando en el océano, lago, laguna o simplemente en otro río distinto o aún más grande lo que se llama confluente y a la parte final se le denomina desembocadura.

Los ríos sufren cambios durante su vida que generalmente se generan luego o durante las inclemencias (lluvias), cuando las precipitaciones llegan a puntos altos pueden generar que el cauce de los ríos crezca y genere desbordamientos a causa de que su capacidad es rebasada por el tributo. El agua que hace su recorrida en el fondo del río tarda más en nutrir el caudal del río y puede arribar a él en días, semanas o meses posteriormente de la lluvia que generó la escorrentía.

Los desbordamientos en zonas donde la pendiente es menor se generan las inundaciones, cuando sucede este fenómeno las consecuencias ambientales y económicas son graves.

Para controlar el caudal que trae el Río Huayccon en épocas de máximas avenidas se deben construir protecciones fluviales, además de realizar actividades de limpieza y rectificación del cauce del río.

En lenguaje común, el concepto de río pertenece al campo de la geografía física: Las cuencas fluviales (o de drenaje) son extensiones de tierra que drena todos los arroyos y la lluvia hacia el mismo termino, generalmente un río o el mar, o algunas veces un cuerpo de agua interior. Las cuencas hidrográficas son las líneas que divide dos cuencas fluviales. Cuencas fluviales que desembocan en una masa de agua interior se denominan cuencas endorreicas y forman grandes áreas de Asia central y regiones desérticas, como el Sahara o la Península Arábiga. Las cuencas

fluviales también pueden ser vistos como "recolectores de lluvia" anidados, con pequeños afluentes que convergen a ríos más grandes. Aunque hay indicios de un conocimiento sofisticado tanto de los sistemas fluviales como del ciclo hidrológico por los chinos ya el siglo III a.C. (con una descripción clara de cómo el vapor genera nubes y nubes ríos), y a pesar de las trabajadas habilidades hidráulicas de civilizaciones antiguas y más tarde de los romanos y los árabes, la conceptualización de la hidrología permaneció limitada. Recursos terrestres e hídricos en general fueron explotados por proyectos destinados a canalizar, levantar, almacenar o desviar agua en lugares considerados adecuados, en función de las características del terreno, la comprensión del régimen de flujo, y la tecnología disponible (River basin management, 2017).

Cuencas Hidrográficas

Las cuencas hidrográficas son territorios donde ocurre la unión de todas las aguas que viajan gracias a las precipitaciones para formar un río; es decir que cuando se origina una lluvia las aguas que se desprenden de ella caen a causa de la gravedad por diferentes recorridos que encuentran a su paso para al final encontrarse con una unidad natural hidrológica, a menudo que se avanza aguas abajo el ancho de cuenca va en aumento. Según (FLORES Apaza, 2015 p. 96) "la cuenca puede subdividirse de varias formas, siendo común el uso del término sub cuenca para dominar a las unidades de menor jerarquía, drenadas por un tributario del río principal".

Para utilizar la palabra microcuenca, en primer lugar, debemos saber si la cuenca con la que nos encontramos tiene unidades hidrográficas pequeñas y si está dentro de una cuenca principal, es muy importante dividir las en dos con fines de reconocimiento e intervención específica. Otra forma conocida de dividir las cuencas andinas y basadas en la elevación relativa de sus partes, da lugar a los tipos de cuencas alta, media y baja."

La cuenca hidrográfica Pacucha se utiliza en gran parte para la actividad de agricultura, actividad principal económica de la zona, en este aspecto no se tiene un manejo adecuado de prevención y distribución, aunque se han elaborado sistemas de riego para abastecer a la mayoría de pobladores con terrenos agrícolas. (PATEL, 2014 p. 12) refiere que el manejo de cuencas hidrográficas es

un enfoque para el desarrollo integrado de cualquier área. La consideración básica de este enfoque se centra en la gestión de los recursos hídricos y de la tierra. Las actividades de producción, aunque parecen secundarias, pero en un sentido real, se hace hincapié en el uso o usos apropiados de la tierra en función de las potencialidades de la tierra y la preferencia de los agricultores.

Según (LIPSCOMB, 1998) la particularidad visible de las cuencas y arroyos se determinan generalmente por sus propias características en lo que se refiere a drenaje, estas cuencas en áreas donde existen gran cantidad de montañas con características de pendiente elevada tienen canales derechos y pendientes pronunciadas, mientras que el río que recorre las áreas planas suele tener canales serpenteantes. Los materiales sólidos que se transportan en el agua suelen migrar por grandes llanuras en tan solo un año.

Elementos de la Cuenca

✓ El río principal

El río principal es el que recibe todos los afluentes que llegan a ella y que al juntarse genera el aumento del caudal.

✓ Los afluentes

Se define a los afluentes como pequeños ríos o arroyos que desembocan en el río principal generando la confluencia, se pueden presentar como afluente o tributario que es lo mismo al concepto anterior o efluente y emisario que es el que extrae agua del río principal siendo natural o artificial.

✓ Obras construidas por el hombre

Las obras construidas por el hombre que se encuentran en la cuenca se componen por viviendas, ciudades, chacras y carreteras. Cuando el hombre toma posesión de estas áreas y empieza a modificarlas suele ser el causante de los desastres dentro de la cuenca ya que al tomar su territorio afectan grandemente a su recurso de vegetación lo que luego genera inundaciones.

Máximas Avenidas

Según (MEZA Verastegui, 2019 p. 10), Las máximas avenidas se explican como la relación en la cantidad de líquido que pasa en un segundo por un punto específico

en el río, es en este momento que el tirante se eleva y deja a la orilla del río a falta de desnivel. Al conocer las máximas avenidas de los cauces podemos prevenir inundaciones, erosiones o socavaciones de gran magnitud, adicionalmente es de mucha ayuda para saber el método de defensa ribereña que se debe construir en las laderas del río, es un dato fundamental para calcular el caudal de diseño.

Precipitaciones

La precipitación se produce en varias formas, líquidas o sólidas o incluso mixtas (aguanieve). La precipitación incluye lluvia y llovizna, donde la primera es la más común y más significativa, y este último se caracteriza por tamaños de gota mucho más pequeñas y una intensidad más ligera. El rocío es otra forma líquida, formada por la condensación de vapor de agua (principalmente por la noche) en superficies frías (por ejemplo, en las hojas de los árboles).

Entre las formas sólidas de precipitación, las más importantes son la nieve y el granizo. En latitudes altas o en altas altitudes la nieve es la forma predominante de precipitación. Pueden producirse nevadas cuando la temperatura es baja y la nieve se acumula en el suelo hasta que la temperatura sube lo suficiente como para que se derrita. En por otro lado, el granizo puede caer a temperaturas relativamente altas y generalmente se derrite rápidamente. Mientras los granizos son amorfos y generalmente grandes (de uno a varios centímetros de diámetro), los copos de nieve son simétricos y visualmente atractivos con una tremenda variedad de formas, de modo que no hay dos copos de nieve son lo mismo. La precipitación oculta se induce cuando se forman nubes o niebla en áreas boscosas e incluye líquido (goteo de niebla) y formas sólidas (escarcha). El goteo de niebla ocurre cuando las gotas de agua se depositan en la vegetación superficies, y el agua gotea al suelo. La escarcha se forma cuando las masas de aire super enfriadas se encuentran con objetos expuestos, como árboles, que proporcionan sitios de nucleación para la formación y acumulación de hielo, gran parte del cual puede caer al suelo en forma sólida o líquida. En algunos lugares como en áreas boscosas húmedas (KOUTAOYIANNIS, y otros, 2014 p. 4).

Inundación

La inundación se genera cuando el agua toma lugar en extensiones secas que se encuentran cerca al cauce del río, son provocadas por desbordamientos, lluvia,

granizadas, por crecida de nivel del agua, entre otros. A lo largo del tiempo se han generado diversas inundaciones en todo el mundo lo que ha causado la formación de valles, cuencas, orillas, riachuelos y gracias a estos la población se ha podido asentar como producir en ganadería en las tierras cercanas.

En el caso específico del río Huaycon, este genera inundaciones tras las fuertes precipitaciones que en la zona suele producirse.

Los autores (TSHIMANGA, y otros, 2016) contemplan una percepción regional de sistemas de previsión de inundaciones y gestión de desastres para la cuenca del río Congo para lo cual analizan un proceso de inundación en la cuenca y mencionan que es fundamental para la gestión de inundaciones la capacidad de predecir las respuestas hidrológicas bajo diferentes condiciones espaciales y temporales, incluida la estacionariedad y la no estacionariedad. Una descripción de la dinámica de los procesos atmosféricos terrestres y superficiales es esencial para el éxito de la predicción. El clima, la cobertura, el uso de la tierra y las condiciones de cambio son esenciales para comprender estas dinámicas.

El autor (BIN Md Ali, 2018) afirma que las inundaciones son un peligro natural que resalta de la combinación de factores hidrológicos y factores meteorológicos. Ocurre en la tierra que generalmente se encuentra seca y que es inundada gracias al desbordamiento del agua en los ríos cercanos sumándose también las aguas que existen debajo de la tierra. Los hidrólogos definen a estas inundaciones como el aumento inesperado del nivel del agua. Cuando las lluvias cesen y las inundaciones no se encuentren tan frecuentemente y las aguas se encuentran con un flujo constante o sin flujo.

En general, el flujo de filtración sigue siendo insignificante en comparación con el flujo principal. Sin embargo, a veces puede ser lo suficientemente grande como para afectar adversamente la situación existente de socavación local. Dado que la filtración puede cambiar la condición del límite del flujo y el sedimento existente transporte, la limpieza del lecho del río se cambiaría en consecuencia. Flujo de filtración que ocurre en la interfaz entre el lecho de arena y el agua que fluye es muy complejo. Los resultados de muchos investigadores anteriores fueron a veces de naturaleza contradictoria. (JAHAN, 2014 p. 7).

Causas de las Inundaciones

✓ Meteorológicas

La principal causa de las inundaciones son las fuertes lluvias, pero adicionalmente a esta se encuentra la precipitación que es cuando el terreno natural no es capaz de almacenar el agua que va por la superficie.

✓ No Meteorológicas

Las inundaciones no meteorológicas se dan con mucho menos frecuencia, pero son mucho más devastadoras entre las cuales tenemos la invasión del mar y el deshielo.

Causas Antrópicas

✓ Rotura de presas

Cuando se genera el rompimiento de una presa toda el agua almacenada que está soportada por esta estructura es liberada toscamente y se generan inundaciones de magnitudes grandes y peligrosas.

✓ Intervención Humana

La intervención humana para la generación de inundaciones recae en que cada vez es mayor el crecimiento de infraestructura en las riberas de los ríos como es el ejemplo de asfalto que impermeabiliza en suelo lo que no permite que la tierra absorba el agua y así llega más rápido al cauce, otra causa de inundaciones causada por la intervención humana es que al construir edificaciones el borde de los ríos no dejan espacio para que se formen secciones de evacuación y así se reduce la capacidad de la llanura de inundación del río.

Puede catalogarse también como causa de este fenómeno natural la variación que existe en la temperatura y clima del medio ambiente gracias a la contaminación ambiental. El clima puede cambiar debido a las variaciones en los océanos, en la atmósfera o fuera de él (como en la cantidad de energía solar que llega a la Tierra). La actividad volcánica es un evento terrestre que se considera fuera del sistema climático, pero eso puede tener un efecto pronunciado sobre él. Un factor emergente adicional es el efecto de las actividades humanas en el clima. Muchos de estas actividades están produciendo efectos comparables a las fuerzas

naturales que influyen en el clima. Cambios en el uso de la tierra a través de actividades como la deforestación, la construcción de ciudades, el almacenamiento y el uso de agua, y el uso de energía son todos factores importantes a nivel local. La isla de calor urbano es un ejemplo de cambio climático muy local. En zonas urbanas, la llamada jungla de asfalto de edificios y calles acumulan el calor del Sol durante el día y lo suelta lentamente de noche, haciendo que la noche sea más cálida (por varios grados F en las principales ciudades) que en zonas rurales. Accesorios, luces, acondicionadores de aire, y todos los hornos generan calor. La lluvia en edificios y carreteras se precipita rápidamente hacia alcantarillas y desagües, por lo que el suelo no es húmedo, como lo sería si fuera un campo abierto. Por el contrario, cuando el sol brilla sobre un agricultor campo, el calor suele ir a la superficie de evaporación humedad en lugar de aumentar la temperatura; la presencia de agua actúa como aire acondicionado (TRENBERTH, y otros, 2000 p. 14).

Tipos de Inundaciones

(ALVARO Aguilar, y otros, 2014 pp. 25-26) refieren que las inundaciones tienen una clasificación de acuerdo a ciertas características que se presentan como es el caso del tiempo de duración. En este caso el autor enuncia que las inundaciones pueden ocurrir de manera rápida provocadas por la intensidad de la lluvia superior a 180 mm/h sin embargo son muy cortas por lo cual duran menos de una hora y el total de la cantidad de la lluvia no supera los 80 mm. Generalmente según el tiempo de duración de lluvia puede provocar inundaciones locales en ciudades que no cuentan con sistema de drenaje correcto (plazas, garajes, sótanos, etcétera., debido a problemas de drenaje) o en cuencas que tienen pendiente pronunciada, éstas se llaman inundaciones súbitas donde se ve que las intensidad de lluvia es fuerte o moderada superior a 60 mm/h con duración menos a 72 horas. Estas lluvias tienen la característica de que al inundar ríos que transportan material sólido en abundancia y que sumado a eso tienen pendiente pronunciada, generan inundaciones de grandes magnitudes las cuales se separan en dos categorías: Inundaciones catastróficas que se producen por precipitaciones de intensidad mayor y que dura de dos a tres horas, y una duración total del episodio inferior a 24 horas y las inundaciones catastróficas que se producen por precipitaciones de intensidad fuerte y moderada durante dos o tres días; y según el origen que las

genere, PLUVIALES (POR EXCESO DE LLUVIA) Ocurren cuando el agua de lluvia satura la capacidad del terreno y no puede ser drenada, acumulándose por horas o días sobre el terreno. FLUVIALES (POR DESBORDAMIENTO DE RÍOS) La causa de los desbordamientos de los ríos y los arroyos hay que atribuirla en primera instancia a un excedente de agua, igual que la sequía se atribuye el efecto contrario, la carencia de recursos hídricos. El aumento brusco del volumen de agua que un lecho o cauce es capaz de transportar sin desbordarse produce lo que se denomina como avenida o riada. Una avenida es el paso por tramos de un río, de caudales superiores a los normales, que dan lugar a elevaciones de los niveles de agua.”

Caudal

La definición de caudal se refiere al volumen de agua que transcurre por una superficie y tiempo determinado, el caudal se calcula con la fórmula $Q = V/t$.

Caudal de Diseño

Para definir el concepto de caudal de diseño, (FATTORELLI, y otros, 2011 p. 72) sostienen al respecto:

El caudal es la cantidad de líquido (agua) que recorre en una cierta duración de tiempo por una sección. El caudal, es una de las variables más importantes en los estudios hidrológicos y se calculan de modo indirecto en función al nivel de la corriente (y el área de la sección del río), la velocidad con la que viaja el flujo (finalmente el caudal es igual al área por la velocidad).

Para poder calcular el caudal de diseño se presentan diversos métodos de cálculo que para fines de marco teórico hemos descrito cuatro por estos los más utilizados, sin embargo, no son de gran ayuda si no se cuenta con la información suficiente, cabe resaltar que estos métodos también sirven para calcular los caudales máximos, estos son: método directo, método empírico, método de número de curvas y método estadístico, los mismos que a continuación se describen.

Método Directo

Este método hidráulico consiste en que el caudal máximo se calcula luego de que ocurre el paso de una avenida sostenido en los datos que se obtienen en la visita

a campo. Se deben cumplir específicamente las dos siguientes actividades entre otras importantes:

1. La selección de un tramo considerable de río, con la profundidad suficiente y que contenga en nivel de las aguas máximas.
2. El levantamiento de secciones transversales en cada extremo del tramo elegido y determinar lo siguiente:

$$A_1, A_2 = \text{área} \quad \text{hacia} \quad \text{área}$$

$$P_1, P_2 = \text{perímetro} \quad \text{hacia} \quad \text{perímetro}$$

$$R_1, R_2 = \text{radio} \quad \text{hacia} \quad \text{radio} \quad \left(R_1 = \frac{A_1}{P_1} \right)$$

$$A = \frac{A_1 + A_2}{2}$$

$$R = \frac{R_1 + R_2}{2}$$

3. Se determina la pendiente (S) de la superficie dividiendo la diferencia de cotas del primer y último punto entre la longitud total del cauce.
4. Elegir el coeficiente de rugosidad n de Manning de acuerdo a las condiciones físicas del cauce.
5. Se aplica la fórmula de Manning:

$$Q = \frac{1}{n} A \sqrt[3]{S^2}$$

Donde:

Q = caudal máximo (m³/s)

N = coeficiente de rugosidad

A = área hidráulica promedio, m²

R = radio hidráulico promedio m

S = pendiente, m/m

Según (VILLÓN Bejar, 2002, pp. 244-245)

Método Empírico

El método empírico o los métodos empíricos son los que se desprenden del método racional, gracias a la facilidad de aplicación es muy usada, pero al mismo tiempo tiene la desventaja de generar grandes errores porque el proceso de escurrimiento es muy complejo y trabajoso para solo resumirse en una fórmula donde únicamente se utiliza el área de cuenca y coeficiente de escurrimiento.

Método Racional

Este método es el más usado y generalizado en todo el mundo gracias a su facilidad. Se aplica en cuencas de drenaje agrícola de áreas reducidas a menos de 1300 Has.

Este método tiene como hipótesis que mientras la duración de lluvia sea igual al tiempo de concentración (t_c) se produce la escorrentía máxima. Cuando se produce este fenómeno, todas las líneas de la cuenca van a sumar el caudal que se ve reflejado en el punto de salida. Sabemos que si la duración de la lluvia resulta ser igual al tiempo de concentración (t_c), entonces la cantidad contribuye en toda la cuenca, para este caso la intensidad de la lluvia es menor, y su duración mayor, así mismo el caudal es menor

Cuando el tiempo de concentración es mayor a la duración de la lluvia, entonces la intensidad de la lluvia es mayor, aunque en el tiempo que cesa la lluvia, el agua que se encuentra en los puntos lejanos a causa de la precipitación todavía no ha llegado a la salida, entonces se debe decir que solo una parte de la cuenca contribuye a la escorrentía concluyendo que el caudal debe ser menor.

Con lo anteriormente dicho se deduce una expresión para el cálculo del caudal por la fórmula racional:

$$Q = \frac{C}{360}$$

Donde:

Q = Caudal máximo (m^3/s)

C = Coeficiente de escorrentía.

I = Intensidad máxima de la lluvia (mm/hr)

A = área de la cuenca (Has)

Según (VILLÓN Bejar, 2002, pp. 250-251)

Método de número de curvas

El presente método fue desarrollado por el SCS (Servicio de Conservación de Suelos) de Estados Unidos, al igual que el método racional se aplica en áreas pequeñas y también en cuencas medianas. La característica más importante en este método es la altura de la lluvia para determinar la cantidad de escurrimiento.

Según (VILLÓN Bejar, 2002 p. 263),” Este método es utilizado para estimar la escorrentía total a partir de datos de precipitación y otros parámetros de las cuencas de drenaje”.

La relación del método de número de curvas se basa en la siguiente expresión:

$$\frac{F}{S} = \frac{Q}{P}$$

Donde:

F = Infiltración real acumulada (L)

S = Infiltración potencial máxima (L)

Q = Escorrentía total acumulada (L)

Pe = Escorrentía potencial o exceso de precipitación (L)

Métodos Estadísticos

Para definir este método, (VILLÓN Bejar, 2002 p. 281) afirma lo siguiente:

Los métodos estadísticos (Gumbel, Nash y Lebediev), se basan en la teoría de que el caudal máximo anual, es una variable aleatoria que tiene una cierta distribución. Para poder hacer uso de esa información se necesita saber, el registro de caudales máximos anuales, cuanto mayor sea el tamaño del registro, mayor será también la aproximación del cálculo del caudal de diseño, el cual se calcula para un determinado periodo de retorno.

Los métodos que se van a explicar en los siguientes párrafos sirven para determinar el caudal de diseño dentro de los métodos estadísticos.

Método de Gumbel

La ecuación que Gumbel utiliza para el cálculo de caudal máximo es el siguiente:

$$Q_m = Q_m - \frac{\sigma_Q}{\sigma_N} (\bar{Y}_N - \ln T)$$

$$\sigma_Q = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^N Q_i^2 - N \frac{Q_m^2}{m}}{N - 1}}$$

Donde:

$Q_{\text{máx}}$ = Caudal máximo para un periodo de retorno determinado (m^3/s).

N = Número de años de registro.

Q_i = Caudales máximos anuales registrados (m^3/s)

$Q_m = \frac{\sum_{i=1}^N Q_i}{N}$, Caudal promedio (m^3/s)

T = periodo de retorno

σ_N, Y_n = Constantes función de N .

σ_Q = Desviación estándar de los caudales.

Método de Nash

La ecuación que Nash utiliza para determinar el caudal en un determinado periodo de retorno es la siguiente:

$$Q_m = a + b \ln \ln \frac{T}{T - i}$$

Donde:

a, b = Constantes en función del registro de caudales máximas anuales.

$Q_{\text{máx}}$ = Caudal máximo para un periodo de retorno determinado, en m^3/s

T = periodo de retorno en años.

Los valores de a y b se calculan de la siguiente manera:

$$a = Q_m - b \ln m$$

$$b = \frac{\sum_{i=1}^N X_i Q_i - N X_m Q_m}{N - 1}$$

Siendo:

$$X_i = \log \log \frac{T}{T-1}$$

Donde:

N = Número de años de registro.

Q_i = Caudales máximos anuales registrados (m^3/s).

$Q_m = \sum_{i=1}^N Q_i / N$, Caudal medio (m^3/s).

X_i = Constante para cada caudal Q registrado.

$X_m = \sum_{i=1}^N X_i / N$, Valor medio de las X_s .

Para calcular el periodo de retorno se plantea la siguiente fórmula:

$$T = \frac{N+1}{m_i}$$

El intervalo dentro del cual puede variar el Q_{max} calculado por la ecuación $Q_m = a + b \log \log \frac{T}{T-1}$, se obtiene como:

$$\Delta Q = \pm 2 \sqrt{\frac{S_q}{N^2(N-1)} + (X - X_m)^2 \frac{1}{N-2} \frac{1}{S_x} \left(S_q - \frac{S_x^2}{S_x} \right)}$$

Siendo:

$$S_x = N \sum X_i^2 - \left(\sum x_i \right)^2$$

$$S_q = N \sum Q_i^2 - \left(\sum Q_i \right)^2$$

$$S_x = N \sum Q_i X_i = \left(\sum Q_i \right) \left(\sum X_i \right)$$

Por último, el caudal máximo de diseño se calcula en base al resultado del caudal máximo sumado al intervalo de confianza:

$$Q_d = Q_m + \Delta Q$$

Método de Lebediev

El método de Lebediev se basa en presumir que los caudales máximos son inconstantes por lo tanto la fórmula para calcular el caudal de diseño viene dada por la siguiente expresión:

$$Q_d = Q_m + \Delta Q$$

Donde:

$$Q_m = Q_m(K_v + 1)$$

$$\Delta Q = \pm \frac{A_r Q_m}{N}$$

Los coeficientes presentados en las expresiones anteriores son:

A = Coeficiente que varía de 0.8 a 1.5 considerando el número de años del registro.

C_x = Coeficiente de asimetría.

Erosión

Según Morgan citado por (ALVAREZ Ticllasuca, 2019 p. 39) la erosión del suelo se da en un proceso con dos fases, el desprendimiento de partículas individuales de la aglomeración del suelo y su transporte por los agentes erosivos, como las corrientes de agua y el viento. Cuando la energía de estos agentes no es suficiente para transportar las partículas, se produce una tercera fase: su deposición. Según la ciencia de la tierra la erosión del suelo tiene una característica principal la cual es que transporta nutrientes y 40 sedimentos dando así lugar al equilibrio sedimentario en las playas y causas así mismo mantiene espacios fértiles. Existen diversos factores como el clima, las pendientes pronunciadas la característica del suelo, su uso, tipo y cobertura vegetal.

Según (Los modelos de erosión: Una revisión, 2009 p. 30) "la erosión puede precisarse como un desarrollo múltiple que incorpora el desprendimiento, remoción

y transporte de partículas de suelo o material rocoso por parte de los agentes erosivos (agua, viento, gravedad)”.

La misma revista menciona que el término que se utiliza como remoción está ligada a una zona concreta como una ladera o una cuenca. Ocurre que cuando las partículas erosionadas son transportadas a distancias lejanas del lugar en donde ocurrió la erosión ya no se le suele llamar así, sino más bien se prefiere hablar de producción de sedimentos.

La erosión tiene como consecuencia que el suelo pierde sus propiedades siendo un inconveniente para la construcción de estructuras y en el caso de ríos hace que la ribera se vea afectada con derrumbes e inundaciones.

Según Morgan citado por (ESCOBAR Valdebenito, 2019 p. 9) “la severidad de la erosión depende de la cantidad de material desprendido y la capacidad de los agentes erosivos para transportarlo, por tanto, la erosión puede estar limitada por el desprendimiento [...] o limitada por el transporte [...]”.

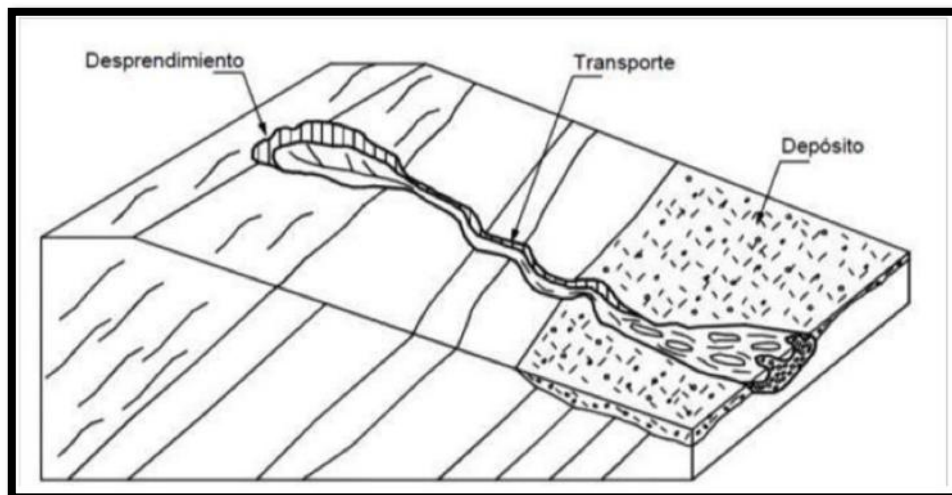


Figura 1. Etapas de la erosión

Fuente: (ESCOBAR Valdebenito, 2019 p. 10)

(DJUMA, y otros, 2015) describen en su libro “Soil erosion by water” la erosión del suelo generado por el agua y refiere que La erosión del suelo en general se puede definir como un proceso de tres fases que consiste en el desprendimiento de partículas de suelo individuales de la masa del suelo, su posterior transporte por un agente erosivo y su deposición cuando el agente erosivo carece de energía

suficiente para su posterior transporte En el caso de erosión del suelo por el agua, tanto la lluvia como el agua que corre sobre la superficie del suelo se desprenden y luego se mueven las partículas desprendidas, pero la lluvia es el agente de desprendimiento más importante, mientras que el agua corriente es el Agente de transporte principal. El transporte de partículas del suelo resultantes del impacto directo de las gotas de lluvia que caen se denomina como erosión por salpicaduras de lluvia, mientras que el transporte de partículas del suelo por el agua corriente se divide comúnmente en la erosión entre riachuelos. La erosión entre surcos se refiere al agua que corre como una capa poco profunda y elimina un espesor relativamente uniforme del suelo, mientras que la erosión de los arroyos se refiere al agua que corre como concentrada, la erosión de los arroyos se divide en erosión por riachuelos y barrancos según las dimensiones del canal.

Agentes Erosivos

Los agentes erosivos que contribuyen al proceso erosivo en el suelo son los siguientes:

-) El agua de lluvia y sus características hidrodinámicas asociadas: “la precipitación pluvial específicamente la dimensión de la gota de lluvia y su velocidad de caída tienen un impacto en el suelo que carece de cobertura vegetal.” (ALVAREZ Ticllasuca, 2019 p. 40)
-) Particularidades de fuerza, o cuantía de precipitación por unidad de tiempo: “consiste en la duración de la precipitación, frecuencia, repetición con características similares de intensidad y duración.” (ALVAREZ Ticllasuca, 2019 p. 40)
-) La pendiente de los terrenos medida en porcentaje: “según su ángulo de inclinación (terrenos planos, ligeramente ondulados moderadamente ondulados, etcetera) forman pendientes simples y complejas y estas a su vez dan lugar al arrastre de partículas finas de forma laminar.” (ALVAREZ Ticllasuca, 2019 p. 40)
-) La desaparición de vegetación en los terrenos (cobertura vegetal): “esta característica hace que el impacto de la precipitación pluvial acelere los procesos erosivos.” (ALVAREZ Ticllasuca, 2019 p. 41)

- J) La situación textural del suelo y su desarrollo estructural: “las son las más resistentes a la erosión hídrica son las que predominan las arcillas y limos (franco limoso, franco arcilloso y franco arcillo limosos) y las más susceptibles son los arenosos francos o el franco arenoso.” (ALVAREZ Ticllasuca, 2019 p. 41)
- J) El uso de la tierra: “para la siembra de algunas plantas que beneficien a la sociedad se necesita que se elimine la cobertura vegetal originaria del lugar. Este tipo de trabajos realizados hacen que aumente la erosión hídrica.” (ALVAREZ Ticllasuca, 2019 p. 41)

Socavación

“La socavación, es un fenómeno producido por el choque de agua con los materiales que se encuentran en las laderas o en el fondo del cauce, se le llama también fenómeno hidráulico, está se origina con movimiento vorticosos que ocurren en la base de las estructuras hidráulicas, como un pilar y estribo de puente, o en la descarga de un vertedero.” (ENCISO Navarro, 2015 p. 8)

La socavación es la remoción de materiales del lecho de un cauce debido a la acción erosiva del flujo de agua alrededor de una estructura hidráulica. La socavación del fondo de un cauce definido es el producto del desequilibrio entre el los materiales sólidos que arrastra el agua y la mayor cantidad de material que es removido por el agua en esa sección.

La socavación de los suelos granulares se da de forma más rápida que los suelos arcillosos ya que son más resistentes a la erosión; para los suelos arenosos la socavación máxima a la que puede llegar se produce en cuestión de horas mientras que en los suelos cohesivos este proceso puede demorar días, en piedras areniscas demora meses, años en piedra caliza y siglos en rocas tipo granito.

Según (FRIDAY T., 2018) el socavamiento de los cimientos se origina gracias a la eliminación de sedimentos del río lo que ocasiona la pérdida de la capacidad de carga, el cambio climático tiene una gran actuación en los desastres que ocurre gracias a la socavación porque es este cambio lo que hace que las inundaciones crezcan por el aumento de precipitaciones.

Origen de Socavación en causas fluviales

Existen varias causas por las que se puede originar la socavación en los ríos, entre ellas están las siguientes:

-) Aumento del Caudal: cuando la corriente del río aumenta su caudal, se incrementa también la fuerza tractiva y la capacidad de transporte. Este incremento puede producir una erosión generalizada, erosiones locales o un acorazamiento del lecho. Si el aumento del caudal se combinara con otros factores, la erosión podría resultar ser de gran magnitud.
-) Interrupción de Transporte Sólido: cuando el caudal del río es interrumpido por alguna circunstancia y se disminuye el aporte de sólidos que trae con él, el río conserva su capacidad de transporte, pero los sólidos que ha perdido los obtiene del lecho fluvial.
-) Estrechamiento del Cauce: “En varias ocasiones se ha dado el caso de que a causa de múltiples circunstancias el ancho del río o tramo fluvial sufre un estrechamiento, esto sucede cuando anteriormente se ha realizado el encauzamiento del río y es en este punto donde la disminución del ancho del río ha sido desproporcional. Existen casos en que el estrechamiento de causa va dirigido directamente a la responsabilidad de la construcción de puentes. Cualquiera de los casos anteriormente nombrados genera el incremento de la velocidad y de la capacidad de transporte de la corriente. Como resultado a este hecho se genera la profundización del cauce por el estrechamiento.” (ENCISO Navarro, 2015 pp. 9-10)
-) Flujo en Curva: La erosión se genera principalmente en las curvas fluviales exteriores mientras que en las curvas fluviales interior ocurre sedimentación. Estos fenómenos son propios y normales en la dinámica fluvial, existen casos en los que se tiene que contrarrestar este fenómeno y otros en los que se deben usar favorablemente.

Tipos de Socavación

-) Socavación a largo plazo

Este tipo de socavación se da gracias al desgaste que el lecho del río presenta a lo largo de tiempo, esta socavación no solo se presenta durante crecientes del

caudal si no que es permanente y abarca extensiones de gran tamaño en el cauce.

) Socavación por migración lateral de la corriente

Para que se produzca la migración lateral del cauce principal, el agua debe transcurrir por la zona baja de las zonas inundables y puede variar la socavación general al alterar el ángulo de ataque del flujo sobre las estructuras.

En los ríos meándricos, el cauce se mueve de forma lateral y longitudinalmente con dirección hacia aguas abajo, esta característica se debe considerar en la construcción de sistemas de protección de riberas.

) Socavación General

La socavación general se produce cuando la corriente del río es más fuerte de lo normal arrastrando sedimentos y esto causa que el fondo descienda, este fenómeno ocurre a lo largo de todo el cauce del río y no siempre es a causa de factores humanos como la construcción de alguna estructura sino más bien a la contracción del flujo que es también la más común. Esta socavación es lo contrario a la socavación a largo plazo ya que se produce en crecientes.

) Socavación Local

La socavación local se produce gracias a la remoción del material que se encuentra en contacto con las estructuras de protección o puentes, es causado por el intercambio de dirección de la corriente, turbulencia y aceleración del flujo.

Defensas Ribereñas

Las defensas ribereñas son estructuras ingenieriles que se han diseñado y se construyen para proteger a las áreas adyacentes a los ríos de la erosión que provocan cuando la velocidad del agua aumenta gracias a las precipitaciones, esta agua trae consigo material sólido, sedimentos, basura, entre otros; también tienen la función de proteger de la socavación que produce el río. Los muros de contención son construidos en puntos específicos, generalmente tomando como prioridad las zonas donde se encuentran poblaciones asentadas, se considera que estos métodos son efectivos y muestran mucha seguridad en cuanto a su función, pero

tienen la desventaja de que acomodan el flujo del agua a su forma, esto genera que las aguas tengan efectos en áreas aledañas (MAYS Farro, y otros, 2018 p. 26).

Tipos de Defensa Ribereña

Existen variedad de tipos de defensas ribereñas como los muros de gaviones y muros de contención, cada uno desglosándose en sus diversas clases y formas de uso, son rígidas, no sufren deformaciones de gran magnitud, con el diseño correcto no se rompen, se apoyan sobre el suelo antes evaluado y bajo un correcto cálculo de la cimentación y la transportación de fuerzas se generan fuerzas de contención. Cuando se realiza el diseño de una defensa ribereña, es recomendable analizar los problemas de socavación.

Muros de Gaviones

Los muros de gavión son estructuras en forma de cajones que son rellenas con piedra que se extraen de canteras, la forma de estos cajones se debe a la malla galvanizada que se utiliza para este muro. Los muros de gaviones son estructuras de gravedad y su diseño sigue la práctica estándar de la ingeniería civil. Al ejecutarse este muro se debe tener mucho cuidado cuando se amarran las unidades o cajones del gavión y así evitar que durante su vida útil sufran movimientos de unidades aisladas siendo un peligro porque de ser un muro monolítico pasaría a sufrir deformaciones. Este muro es flexible por lo que al someterse a presiones puede sufrir deformación, cosa que no ocurre con los muros de contención.

Son estructuras con enrocado, el cual tiene como finalidad proteger las áreas colindantes de las máximas avenidas de un río.

Las principales características de los muros de gavión son la abertura de la malla, el calibre de los alambres de malla, bordes y amarres y por último por el tipo de recubrimiento que tienen. Los materiales a utilizar y sus especificaciones deben acomodarse a la realidad natural de la zona en donde se va a ejecutar esta estructura como la topografía, el estudio hidráulico y químico, la pendiente del cauce del río, los materiales de arrastre, los materiales en suspensión entre otras. Los muros de gaviones son estructuras de una sola pieza y grandemente flexibles que es capaz de soportar erosiones marcadas y asentamiento sin perder por

ninguno de los dos motivos su principal función. Será una estructura continua, homogénea, y que sumará a la solidez de la piedra la resistencia de la malla.

La protección o defensa ribereña con gaviones utilizados en los ríos hace más fluida el equilibrio del cauce evitando oriones, transporte de vegetación, derrumbes, entre otras además de proteger también las áreas de vivienda y cultivo al borde del río.

Las ventajas de los muros de gaviones están muy marcadas y son muy importantes, están son la resistencia, instalación de bajo costo, no necesitan cimentación para la transmisión de cargas al suelo, el diseño estructural es fácilmente entendible, trabaja por gravedad, el montaje de la estructura es rápida, son permeables, entre otras.

En la tesis (Failure modes of gabion retaining walls, 2015), el autor concluye en sus resultados en que existe distintos tipos de destrucción de un muro gavión, generalmente ocurre volcamiento en suelos retenidos con poca cohesión pero que poseen un ángulo de fricción alto o en suelos con alta cohesión y pequeño ángulo de fricción. El deslizamiento de gaviones se genera cuando no existen juntas entre gaviones y una capa débil de suelo aparece cerca de la parte superior de la estructura. Existen otros tipos de falla como por ejemplo el cizallamiento de relleno y la falla de la malla de acero por utilizar materiales de mala calidad.

a) Gaviones Tipo Caja

El gavión tipo caja es una estructura metálica, en forma de paralelepípedo, que se construye con un solo paño de malla hexagonal de doble torsión, la función de esta malla es proteger todo el muro, la base, la tapa y las paredes delantera y posterior, en la fabricación de esta malla se le agregan los paneles que servirán para tapar las paredes en las extremidades y diafragmas.

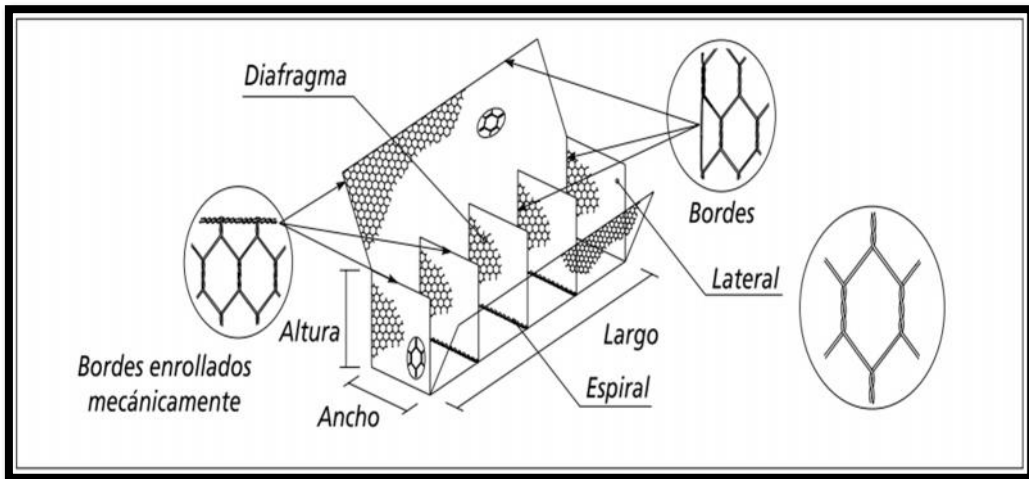


Figura 2. Elementos constituyentes de los gaviones tipo caja.

Fuente: Manual técnico de obras de Contención.

El gavión tipo caja está formado por un único paño que doblado forma la cara delantera, trasera, superior e inferior, luego se le colocan dos paños que terminarán siendo las caras laterales. Todos estos paños se caracterizan por ser de malla hexagonal de doble torsión hechas de acero con revestimiento de aleación de zinc, aluminio y tierras raras.



Figura 3. Fardos de Gaviones y ralla de alambre de amarre.

Fuente: Manual técnico de obras de Contención.

El montaje de los fardos consiste en trasladarlos aún doblados al lugar de donde se realizara el gavión que debe ser una superficie plana y rígida, posteriormente se doblan y levantan la cara frontal y la tapa en posición vertical igual que la cara posterior obteniendo así la forma de una caja, se unen los alambres de borde torciéndolos entre sí, luego se amarran las aristas y los diafragmas separadores con el alambre de amarre, se debe utilizar 1.4 metros de alambre por cada 1 metro de largo.

Este elemento armado debe trasladarse y unirse con los otros elementos previamente listos y así formar el conjunto de gavión.

Para el llenado se debe utilizar piedras limpias que no se desintegren al contacto con el agua y así pueda garantizar que la resistencia esperada sea la correcta.

b) Gaviones Tipo Colchón

Los gaviones tipo colchón son construidas de forma aplanada y se utilizan para protección ante la erosión y socavación. Por su alto contacto con material sólido y sedimentos que los ríos transportan, estos gaviones tipo colchón deben contar la resistencia suficiente que le permita soportar el impacto, la tracción y abrasión.

Los Gaviones Tipo Colchón son áreas de forma rectangular que al igual que el anterior muro descrito usa malla, en este caso tejida, se encuentra rellena con roca, el colchón es una sección que no tiene tapa. La talla de estos gaviones fluctúa entre los 0.17 – 0.30 metros. Este tipo de gaviones tiene muchas características, como la flexibilidad, la permeabilidad, la resistencia; debido a estas características este tipo de gaviones pueden ser empleados en casi cualquier ámbito. Además, poseen una factible integración con el ambiente que los rodea. La malla que se utiliza está constituida por una red tejida de manera hexagonal que se obtiene al trenzar dos hilos de alambre por tres medios giros.

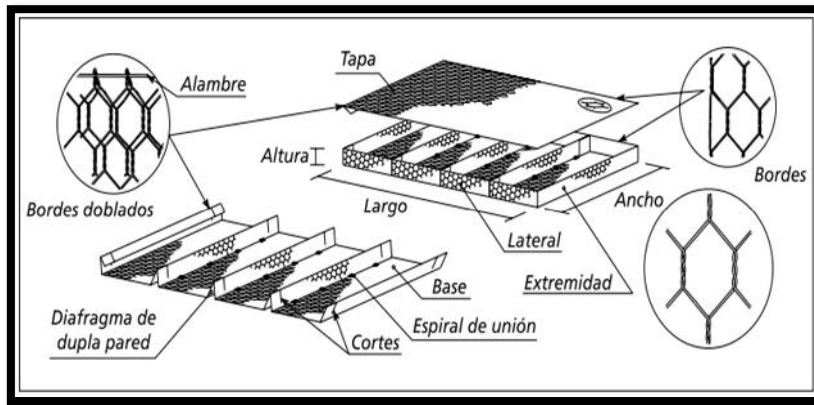


Figura 4. Elementos constituyentes de los gaviones tipo Colchón.

Fuente: Manual técnico de obras de Contención.

Este tipo de gavión debe ser relleno con material pétreo (roca) con el diámetro mayor a la malla hexagonal.

c) Gaviones Tipo Saco

“Estos gaviones denominados tipo saco toman forma cilíndrica con dimensiones variables a causa de que se conforman para obras de emergencia o para lugares en donde el acceso se hace difícil. Estos gaviones se arman fuera de la estructura y se colocan en el lugar proyectado con la ayuda de maquinaria. A través de los bordes libres se inserta en las mallas un alambre más grueso para reforzar las extremidades y permitir el ensamblaje del elemento.” (ALVARO Aguilar, y otros, 2014 p. 37)

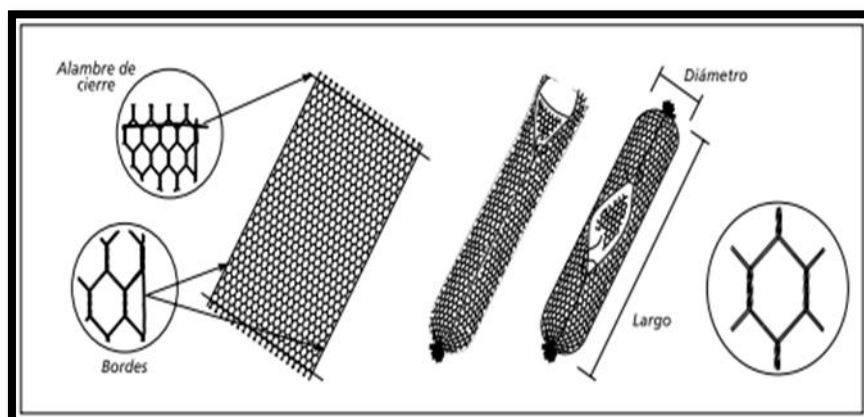


Figura 5. Elementos constituyentes de los gaviones tipo saco.

Fuente: Manual técnico de obras de Contención.

Este tipo de gavión es ligero y versátil gracias a su forma de cilindro y método de construcción. Las operaciones de montaje y llenado se realizan en obra para su posterior instalación, con el apoyo de equipos mecánicos

Las características del gavión tipo saco la convierten en una estructura fundamental que se utilizan en obras de emergencia. Su montaje y llenado se realiza con facilidad y rapidez.

Al gavión lo constituye un paño de malla hexagonal de doble torsión que son de alambre metálico revestido de Zn/Aluminio, esta malla es la única que se va a utilizar en esta estructura, se reviste también de un material plástico. Dos alambres, con las mismas características y de mayor diámetro, son insertados en la malla, en cada extremidad, perpendicularmente a las torsiones dejando las extremidades salientes.

Características de los alambres

Según las normas de la Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT NBR) 8964 y de la American Society for Testing Materials (ASTM) 641, los alambres que se deben utilizar para el armado y antes fabricación de los muros de gaviones deben ser de acero dulce recocido, sabiendo así que debe una tensión de ruptura media de 38 a 48 kg/mm², cumpliendo con la siguiente proporción:

Material Base

Carbono: % C 0.06 – 0.10

Fósforo: % P máx. 0.04

Azufre: %S máx. 0.05

Asimismo, todos los alambres deben ser revestidos con una aleación de zinc – 5%, aluminio (Zn 5 Al MM) de acuerdo con las especificaciones de la ASTM 856.

Características de la malla

Según (PIÑAR Venegas, 2008 p. 7) “la malla está constituida por una red tejida de forma hexagonal obtenida de entrecruzar dos hilos de alambre por tres medios giros (doble torsión), de acuerdo con las especificaciones NBR 10514 y ASTM 9755”.

En la vida útil del muro de contención con gavión se enfrenta a diversos problemas como son las tensiones que son causadas por los asentamientos, los empujes externos y otros, es por eso que la ingeniería no recomienda usar mallas con aberturas mayores a 8x10 cm en los gaviones, si se construyera con esta malla se rebajaría el uso de acero y por ende la estructura se debilitaría. Por experiencia de ingenieros y personal técnico que ha trabajado en este tipo de obras y han sido generosos con su conocimiento, se recomienda que la malla debe tener un rango de (a x b en la Figura 6) deben ser de 8 x 10 cm y 6 x 8 para colchones; las aberturas en colchones son más pequeñas porque están siempre en contacto con el agua y se encuentran con los sólidos que se arrastran, además de que por su ubicación debe resistir a la imposición física y mecánica como el impacto, la abrasión y la tracción.

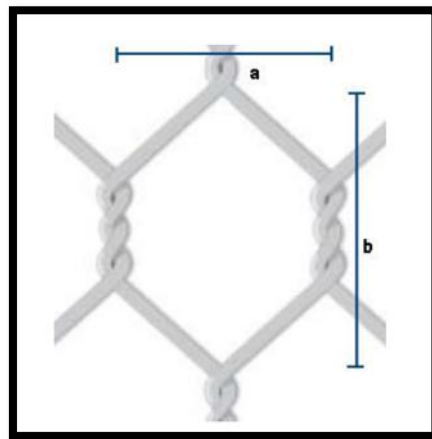


Figura 6. Abertura de la malla.

Fuente: (PIÑAR Venegas, 2008 p. 8)

Ventajas del uso de muro de gavión:

Tomando en cuenta que la presente investigación tiene como objetivo elaborar un diseño estructural para defensa ribereña del río Huaycon, las ventajas se nombrarán de acuerdo al tipo de uso.

- ✓ Los gaviones son flexibles por naturaleza de diseño lo cual le permite asentarse y deformarse de tal manera que no perjudique su función ni eficiencia garantizando la vida útil para la que fue diseñada. Esta propiedad es muy beneficiosa para las zonas en donde ocurre erosiones de gran escala.

- ✓ Al estar construidas con rocas grandes, los muros de gavión resultan ser permeables lo cual imposibilita la presión hidrostática, de igual manera los huecos que se dejan (20%) sirven como drenes que permiten el pase de las aguas.
- ✓ Gracias a su forma monolítica y el aporte de la malla de acero, además del peso, los muros de gaviones resultan tener durabilidad y resistir esfuerzos de tracción y empujes que se generan del terreno.
- ✓ El muro de gavión se acomoda al ambiente natural en donde se construye gracias a que la gran parte de material utilizado en la estructura es de la misma zona, además no obstruye el recorrido natural del río en el que se construyó.
- ✓ Comparado con otras formas de defensa ribereña, estas estructuras son consideradas las más económicas gracias a que la mano de obra no necesariamente debe ser calificada, las herramientas manuales son mínimo y los materiales en la mayoría de casos se obtienen del mismo lugar donde se elabora el proyecto.

Muros de Contención de concreto armado.

Para el concepto de muros de contención, (ALVARO Aguilar, y otros, 2014 p. 49) refieren:

Los muros de contención son estructuras de gran tamaño donde su principal material es el concreto armado, estos muros son estructuras rígidas que resisten los movimientos que se generan gracias a la presión de la tierra sobre el muro. Estas estructuras actúan bajo su propio peso o gravedad, por su condición y diseño implican que los costos de ejecución no lleguen a ser altos en lo que respecta a excavación, concreto, acero, encofrado y relleno de material pero se debe considerar un sistema de drenaje al ser construidas para asegurar que las presiones del agua no causen estragos en la estructura, además estas deben tener juntas de contracción o expansión a distancias mínimas de 20 cm, en el caso de que se presenten problemas de dilatación por temperatura, las juntas se deben hacer cada 8m.

Los muros de contención en palabras mucho más simples sirven para sostener tras ella terreno de cualquier tipo de suelo que se encuentre en desnivel o en pendiente.

Según (HUAMÁN Silva, 2019 p. 9) “[...]son usados para estabilizar el material confinado evitando que desarrollen su ángulo de reposo natural. Se les utiliza en cambios abruptos de pendiente, cortes y rellenos en carreteras y ferrocarriles, muros de sótano, alcantarillas, estribos de puentes, etc.”

Clasificación de Muro de Contención

) Muros de contención de gravedad

Según (SUAREZ, 2009 p. 20) los muros de contención que se soportan por la acción solamente de su peso y soportan cargas laterales cuando el suelo se mueve, son los muros de contención de gravedad. Este muro de gravedad se emplea con mucha frecuencia para la protección ante deslizamiento de tierra, incluso sabiendo que una de sus limitaciones es la altura a la que se puede llegar con este muro y mucho más si se construyen sobre suelos arcillosos.

Cuando ocurre un deslizamiento el suelo solo posee su resistencia residual, esto causa que las fuerzas que actúan sobre el muro sean mayores a las que se generan cuando no existe deslizamiento, es por eso que es muy difícil controlar deslizamientos con estructuras básicas de contención. Si bien es cierto los muros de gravedad han cumplido su función eficientemente con deslizamientos pequeños, se sabe que no servirían para derrumbes de gran magnitud definiéndolos como no viables ante estas amenazas.

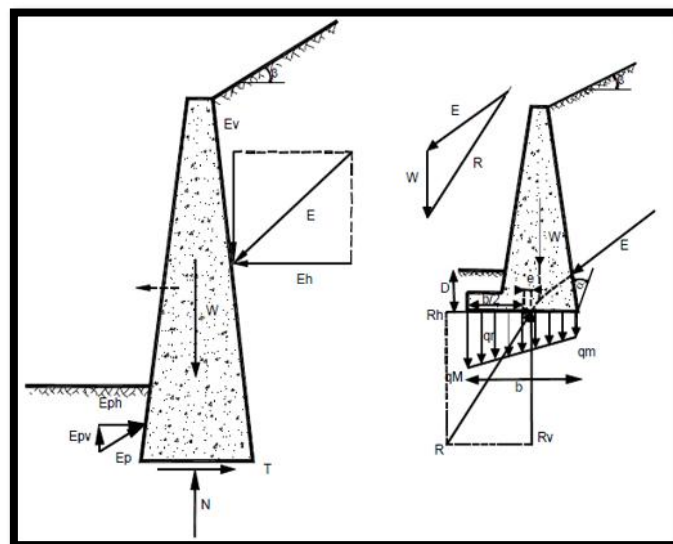


Figura 7. Diseño de muros de gravedad para taludes estables.

Fuente: (SUAREZ, 2009 p. 21) Deslizamientos: Técnicas de Remediación

Se debe diferir entre dos tipos de muros de contención de gravedad, en primer lugar, se hallan los rígidos entre los cuales tenemos los muros de concreto reforzado, concreto simple y concreto ciclópeo; y en segundo lugar se encuentran los muros flexibles en donde se encuentran los muros de contención de gaviones, muros criba, pedraplenes y muros de tierra.

Los muros de gravedad tienen ciertas exigencias que deben cumplirse como son la calidad del suelo, la conveniencia de colocación de tacones por debajo del muro, sistema de drenaje entre otras.

(AL-HOMOUND, y otros, 1992) menciona que los muros de contención por gravedad generalmente están diseñados para cargas sísmicas utilizando cualquiera de dos métodos. El primer método se denomina enfoque tradicional de diseño en el que la presión lateral del suelo (estática más dinámica) se evalúa utilizando una ecuación simplificada de la fórmula Mononobe-Okabe recomendada por Seed y Withman (1970) junto con un coeficiente de aceleración horizontal supuesto. El segundo método se denomina enfoque de diseño de desplazamiento limitado propuesto por Richards y Elms (1970) utilizando el modelo de bloque sobre plano de Newmark. Aquí, el desempeño del muro se considera satisfactorio si el terremoto indujo una recuperación menor de la cantidad permitida.

) Muros de contención de Semi gravedad

Los muros de gravedad tienen una singular característica en la que se usa una cantidad mínima de acero para esta estructura, esto causa que las secciones del muro sean más pequeñas y es así que se denominan muros de semi gravedad (HUAMAN Silva, 2019 p. 23).

El muro de contención de semi gravedad guarda similitud con el muro de gravedad, su única diferencia es que se disminuyen las dimensiones de la sección, lo que implica que se someta a esfuerzos de flexión, para lo cual la solución que se le da es unir un refuerzo de acero para compensarlo.

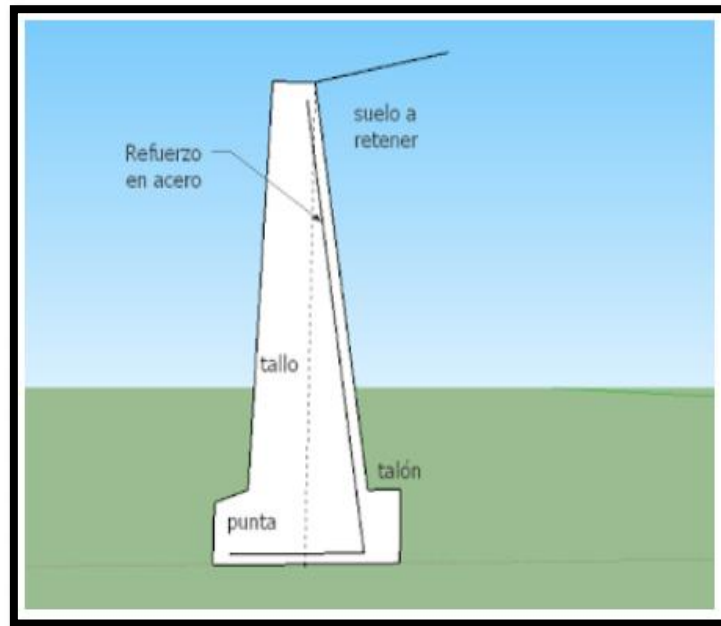


Figura 8. Muro de Semi gravedad.

Fuente: ConstruReyes Ingeniería

) Muro de contención con voladizo

El muro de contención con voladizo se construye en concreto reforzado, se construye el tallo delgado lo cual trabaja como un voladizo y soporta esfuerzos de flexión por lo cual se refuerza con acero de acuerdo al diseño estructural.

El talón del muro de contención con voladizo debe tener una máxima de la mitad de la altura del muro que aporta a evitar el suceso de volcamiento, la corona debe tener un ancho mínimo de 30 centímetros, la punta medirá 0.1 veces la altura, la altura del talón será de 0.1 veces la altura, la base de tallo será 0.1 veces la altura y la profundidad de emplazamiento debe ser mínimo 0.6 metros.

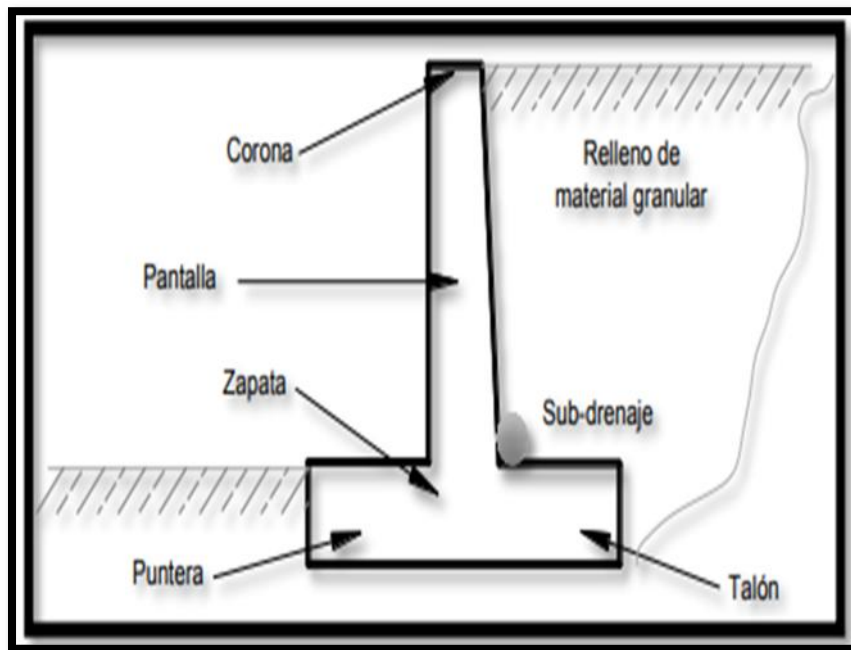


Figura 9. Muro de Contención con voladizo.

Fuente: (Cuzco Minchán, 2018 p. 10)

(CUZCO Minchán, 2018 p. 10) menciona que los muros de contención voladizo son los que trabajan al igual que las vigas en voladizo en las estructuras como edificios, estos son amarrados a una zapata inferior. El material predominante del muro de contención es el concreto armado y es recomendado construirlas hasta una altura de nueve metros, en este muro, la viga a utilizar es ancha y sobre esta la tierra actúa con el empuje, conforme el empuje sea mayor llegará un punto de empotramiento en la base del muro. Los muros en voladizo se refuerzan de forma vertical para oponerse al momento flexionante y su refuerzo horizontal sirve para evitar las grietas.

) Muros de contención con contrafuertes

Los muros con contrafuertes se caracterizan porque existen uniones entre la pantalla vertical y del muro y la base. Estos muros al igual que lo de voladizo se construyen a base de concreto armado, son recomendados para alturas mayores a 10 metros por su funcionalidad y por la economía, la pantalla de este muro actúa como una losa continua sobre la cual se ejercen los empujes de la tierra. Para esta estructura se construye primero una losa de cimentación a la cual tanto la pantalla como los contrafuertes se conectan.

Según (GUSTAVO Gómez, 2013 p. 24) “los contrafuertes se pueden colocar en la cara interior de la pantalla en contacto con la tierra o en la cara exterior donde estéticamente no es muy conveniente”.

Como se ha visto anteriormente los muros en voladizo no son recomendables para alturas mayores a nueve metros, pero al diseñarse el muro con contrafuertes se convierte en su evolución bajo el concepto de que si se aumenta la altura del muro también incrementa el espesor de la pantalla y esto es reemplazado por los contrafuertes los cuales son los encargados de transmitir al suelo de cimentación la fuerza de empuje a través de una zapata; si bien es un método mucho más eficaz e importante también trae consigo formas de construcción más sofisticadas con el armado de acero, el encofrado y el vaciado que resulta ser más complejo.

Las características más importantes del muro de contención con contrafuerte son que en primer lugar el contrafuerte cumple la función de proteger a la pantalla con la función de permitir el giro y colapso a causa del empuje.

“La separación económica entre contrafuertes puede obtenerse por la ecuación empírica propuesta, con ligeras modificaciones: $S = 0.75 + 0.30H < 3.00m$ Siendo S la separación entre ejes, en metros, y h la altura del contrafuerte en metros” (GUSTAVO Gómez, 2013 p. 24).

Si bien el autor Gustavo Gómez aplica esa fórmula, existen autores que justifican que la separación máxima debe ser de tres metros. Para el dimensionamiento de la zapata se propone que la longitud debe ser igual a la mitad del muro y con el 30% de esta longitud se forma el pie de la zapata y lo que resta será la longitud del talón.

Según (MATAMOROS Huaman, 2016 p. 11) menciona que “los muros de contención con contrafuertes son semejantes a los muros en voladizo, pero a distancias constantes cuentan con losas verticales delgadas de concretos conocidos, a estas losas se les llama contrafuertes que une entre si el muro con la losa de la base”.

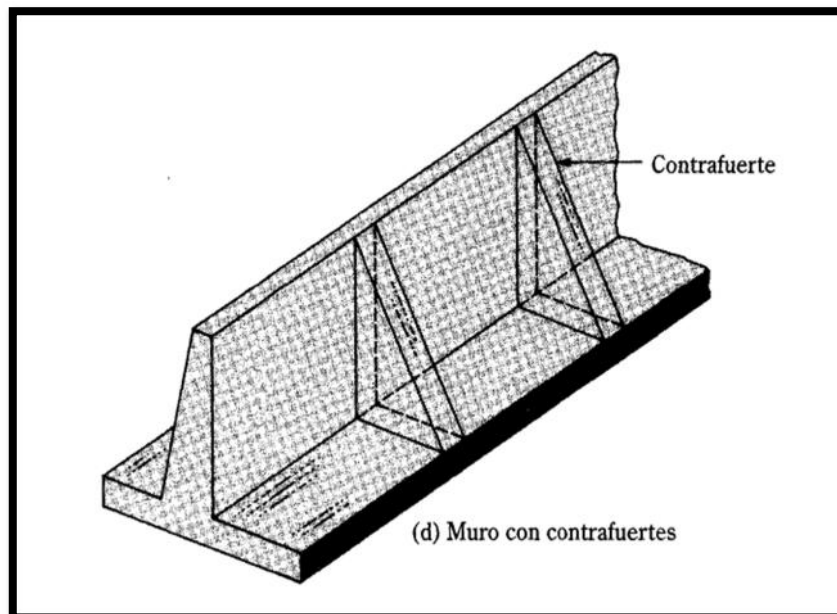


Figura 10. Muro de contención con Contrafuerte.

Fuente: (BRAJA M., 2001 p. 388) - Principios de Ingeniería de Cimentaciones

Para que un ingeniero diseñe apropiadamente los muros de contención, debe conocer previamente las características básicas del suelo, es decir, el ángulo de fricción, el peso específico y la cohesión del suelo retenido detrás del muro y del suelo debajo de la losa de la base. Debe conocer también las propiedades del suelo que ejercerá el empuje detrás del muro lo cual permitirá al profesional conocer las características necesarias para el diseño.

(BRAJA M., 2001 p. 387) refiere que en el diseño de muro de contención convencionales nos encontramos con dos ciclos, la primera que ya manifestado la presión lateral de la tierra, toda la estructura tendrá una revisión de estabilidad que se refiere al factor de seguridad por deslizamiento, factor de seguridad por volteo y capacidades de carga y en segundo lugar cada componente de la estructura se debe revisar con resistencia y se comprueba el esfuerzo de acero en cada una de ella.

En segundo lugar, cada componente de la estructura se revisa por resistencia adecuada y se determina el esfuerzo de acero de cada componente.

) Muros de contención de suelo reforzado

Según (BALLÓN Benavente , y otros, 2017 p. 19) los muros de suelo reforzado tienen en ellas materiales de refuerzo como geomallas o acero colocadas de forma horizontal, todo este material se utiliza con la finalidad de tener una porción de masa reforzada de suelo que se comporta como un muro de gravedad y así debe tener resistencia a las fuerzas de la tierra y a la sobrecarga que existe detrás del muro.

Consideraciones de muros de contención

- ✓ Estabilización de muro: Para la estabilización de muros se debe recurrir al cálculo de dimensionamiento, así como también es muy importante cumplir con los factores de seguridad los cuales nos proporcionarán la viabilidad y confianza para empezar a ejecutar los muros de contención. Según (ALVARO Aguilar, y otros, 2014 p. 13) los muros de contención y todo su diseño se realizan para taludes inseguros los cuales forman terraplenes los cuales están desamparados ante cualquier movimiento de tierra.
- ✓ Faja Marginal: (PONS Valls, 2015) se refiere que la faja marginal como la ubicación que se encuentra a lado del río, cumpliendo funciones de diversas formas de acuerdo al uso que se le dé al agua.
- ✓ Tirante de río: “El tirante del río viene hacer el fondo del flujo, o también se entiende como el recorrido vertical del flujo” (PONS Valls, 2015).
- ✓ Espejo de Agua: Se refiere al ancho libre del río que se mide en metros.
- ✓ Talud: Es la pendiente que existe en una porción de terreno llamado también talud.

Levantamiento Topográfico

La topografía mediante la tecnología de sus instrumentos ha encontrado la forma de ser un gran aporte para los trabajos en ingeniería, construcción, refacción de edificaciones, entre otros. Es de vital importancia cultural y es de gran ayuda para la ejecución de varios trabajos pues permite obtener la información requerida de manera rápida, logrando con ellos la precisión en la recabación de información. Se debe mencionar que las estaciones topográficas y sus diversos componentes han ido evolucionando lo cual ha sido de gran ayuda para la formulación y ejecución de proyectos que requieran una inspección de campo rigurosa.

Tipos de Levantamiento Topográfico

Los autores (WOLF, y otros, 1982) refieren que “existen distintos tipos de levantamiento topográfico entre los cuales encontramos los levantamientos catastrales, los levantamientos de terreno y lindero, los levantamientos de control, levantamientos distritales, levantamientos de rutas, hidrográficos, levantamientos para construcción, levantamientos aéreos, terrestres, por satélite, levantamientos arquitectónicos y levantamientos gráficos.

Instrumentos Topográficos

❖ Instrumentos Simples

) Cinta Métrica: En el proceso de medición, las cintas son sometidas a tensión por lo que dependiendo del material la medición de las distancias variarán, es por eso que las fábricas elaboran estos instrumentos con la calibración correspondiente y así se consigue que, al someter a la cinta a una temperatura, tensión y condiciones de apoyo dadas, su longitud sea igual a la longitud nominal.

Las cintas métricas que se deben utilizar en trabajos de levantamiento topográfico son de acero.

) Jalones: Son varillas de madera o aluminio con una altura que varía de entre 2 a 3 metros, se encuentran pintadas con franjas rojas y blancas de 30 centímetros aproximadamente y tienen la punta de acero.

) Miras Verticales: Son reglas fabricadas de materiales distintos como son madera, metal o fibra de vidrio, en su cara visible están fijadas los metros y decímetros, para trabajos normales vienen graduadas con precisión de 1 centímetro y apreciación de 1 milímetro. Las miras verticales se utilizan en el trabajo de nivelación y en la medición indirecta de distancias. Estas miras verticales tienen de ayuda a un nivel esférico que se encuentra sujeto a la parte posterior de la mira.

❖ Instrumentos Principales

) Estación Total: La estación total es un instrumento que tiene la función de medir distancias verticales y horizontales, ángulos verticales y horizontales y sofisticadamente con el microprocesador que tiene en su interior se puede

calculas las coordenadas topográficas de los puntos vistos. Este instrumento es capaz de guardar toda la información a través de un USB para luego procesarlos en un computador.

-) Nivel de Ingeniero: El nivel topográfico es un instrumento que tiene como principal función calcular la desigualdad o desniveles de puntos tomados en el terreno, las características técnicas de este equipo para su correcta funcionalidad se basan en el nivel de burbuja que se utiliza para nivelar el equipo, el anteojo para visibilizar la mira y el retículo con hilos para tomar las lecturas.
-) GPS: Este instrumento/equipo es una de las herramientas más importantes al momento de realizar un levantamiento topográfico porque nos proporciona el primer punto con el que se realiza todo el trabajo.

III. METODOLOGÍA

3.1. Diseño de Investigación

El presente trabajo de investigación tomará un diseño no experimental que según los autores (HERNANDEZ Sampieri, y otros, 2010 p. 25) refieren que “Es el estudio que se realiza sin el manejo intencionado de variables y en los que solo se examinan los fenómenos en su ambiente natural para posteriormente analizarlos.”

$M \longrightarrow O$

Donde:

M = Muestra

O = Observación de la Muestra

3.2. Tipo de Estudio

Es de tipo Aplicada de acuerdo al análisis de los datos obtenidos se realizará el uso de gaviones y muros de contención y con ello se logrará resolver el problema de la presente investigación que se genera en los desbordes del río provocando inundaciones.

Según (La investigación aplicada: una forma de conocer las realidades con evidencia científica, 2009 p. 159) “Es aplicada porque debe obedecer a los hallazgos y avances que se han logrado en la investigación básica y se beneficia con ellos, sin embargo, su primera característica en que se interesa en la adaptación, empleo y conclusiones prácticas de los conocimientos. Esta investigación busca el dar resultados a la expresión “conocer para hacer”, para actuar, para construir, para modificar tomando como criterio el lugar y los recursos donde se obtiene la información requerida.”

3.3. Enfoque de Estudio

La presente investigación tiene un análisis cuantitativo ya que se utilizan herramientas que definirán matemática y estadísticamente los resultados y así explicar y predecir fenómenos mediante los datos numéricos.

3.4. Operacionalización de variables

Variable Independiente

REFORZAMIENTO ESTRUCTURAL DE RIBERAS:

Se realizará un cálculo estructural con base en los estudios básicos más importantes como el levantamiento topográfico y el estudio de mecánica de suelos lo que nos permitirá conocer los factores de seguridad ante el deslizamiento, factores de seguridad ante el volteo y la comprobación de las presiones en el terreno. Como método de defensa ribereña se plantea la construcción de muros de gaviones y muro de contención con voladizo, para los dos casos se comprobarán los factores.

Variable Dependiente

EROSION EN EPOCAS DE MAXIMAS AVENIDAS:

Se realizará un estudio hidrológico que nos permitirá pronosticar las máximas avenidas en donde ocurre la erosión y socavación de las laderas del río Huayccon. Tendremos como base para el posterior diseño estructural los valores de la intensidad de lluvia, tiempo de duración y cálculo del caudal máximo.

3.5. Población y Muestra

Población

“La población es el conjunto de todos los casos que concuerdan con una serie de especificaciones” (HERNÁNDEZ Sampieri, y otros, 2010)

La población definida en la presente investigación es el tramo total del Río Huayccon en el distrito de Pacucha, provincia de Andahuaylas.

Muestra

“La muestra es, sustancialmente, un subgrupo de la población. Se puede decir que se define como un subconjunto de elementos que pertenecen a ese conjunto definido en sus características al que llamamos población.” (HERNÁNDEZ Sampieri, y otros, 2010).

La muestra en nuestra investigación es 1km desde el puente Laguna donde se encuentran los puntos críticos de la zona de estudio.

3.6. Técnicas e instrumentos de recolección de datos, validez y confiabilidad

En la presente investigación se analiza las técnicas de recolección de datos con la finalidad de realizar un diseño de muros de gaviones y muro de contención de concreto armado para la defensa ribereña en la zona de proyecto.

Técnicas

Según (ARIAS, 2012 p. 67), la técnica de investigación es el procedimiento propio de recolectar información, singulares y específicas para cada materia, por lo cual son de gran ayuda y se comportan como complemento para el método científico.

Las técnicas que se utilizaron en la presente tesis fueron la observación directa de la zona de estudio realizando visitas a campo, la experimentación en referencia a las muestras de suelo en el estudio de mecánica de suelos con la finalidad de reconocer las características de este, el análisis de las fuentes bibliográficas que se consultaron para el correcto dimensionamiento de las defensas ribereñas, así como también el análisis del Manual de Hidrología, Hidráulica y Drenaje del MTC.

Instrumentos de recolección de datos

Según (ARIAS, 2012 p. 68) refiere que un instrumento de recolección de datos es el recurso que se presente en papel o de forma digital y que tiene función de obtener, registrar y guardar información para posteriormente utilizarla, analizarla e interpretarla.

Para la presente tesis se utilizó los siguiente instrumentos de recolección de datos:

-) Ficha de Observación, que sirvió para recolectar información sobre el estado actual del río Huaycon.
-) Levantamiento Topográfico, el cual nos permitió determinar la pendiente del río Huaycon, así como reconocer las zonas críticas en donde se hicieron necesarias las defensas ribereñas.
-) Ensayos de análisis granulométrico, este ensayo nos permitió conocer las características y tipo del suelo existente en la zona.

-) Ensayo de CBR, este ensayo nos permitió obtener el resultado de calidad del terreno para soportar la estructura de defensa ribereña.
-) Memorias de Cálculo, las memorias de cálculo fueron instrumentos que aportaron en determinar las dimensiones de los muros de gavión y muro de contención con voladizo, así como reconocer los factores de volteo y deslizamiento, también se empleo memoria de cálculo para la determinación de las precipitaciones fluviales y el caudal máximo.

3.6.1. Validez y confiabilidad

Para la validez se utilizó el juicio de expertos para que los instrumentos sean evaluados y valorados para juzgar la capacidad de cada uno de ellos ante las variables que se desea medir.

Para la confiabilidad los resultados de los datos serán exactos porque el laboratorio de suelos donde se realiza el estudio de mecánica de suelos cumple con todos los estándares de calidad para la estimación de las muestras, además la ficha de observación se realizará de acuerdo a las necesidades de obtención de datos que se requiera y las memorias de cálculo se realizarán con bases teóricas probadas.

3.7. Procedimiento

El procedimiento que siguió está presente investigación fue de la siguiente manera:

- Se realiza la inspección de la zona para la presente investigación, observando y anotando en la ficha de observación las ocurrencias que se presentan en el río.
- Se realizo el estudio topográfico de la zona afectada en el río Huayccon.
- Se hicieron dos calicatas con la finalidad de realizar el estudio de mecánica de suelos.
- Con los resultados obtenidos de los estudios antes mencionados se inició con los cálculos necesarios para el diseño de la defensa ribereña.

3.8. Método de Análisis

Las Muestras de la zona de estudio que se obtuvieron de la visita a campo se procesaron en gabinete contando con la utilización de equipo necesario en los correspondientes laboratorios.

Se realizaron 2 calicatas para obtener los resultados de granulometría, contenido de humedad, capacidad portante, límites de consistencia y densidad máxima.

Con el levantamiento topográfico se procesaron los datos en el programa AutoCAD para el diseño de muro de gaviones.

Por último, se realizaron los cálculos correspondientes para obtener el diseño y dimensiones de los gaviones y muro de contención en voladizo.

3.9. Aspectos éticos

Los involucrados en esta investigación muestran veracidad en los resultados obtenidos tras los ensayos y cálculos, muestran dedicación a la elaboración del proyecto y lealtad a las normas establecidas para la proyección de estructuras como la que se consigna en los resultados.

IV. RESULTADOS

Descripción de la Zona de Estudio

Aspectos Generales

Ubicación de la zona de investigación.

A. Ubicación Política

Departamento: Apurímac

Provincia: Andahuaylas

Distrito: Pacucha

Localidad: Ancopaccha

B. Ubicación Geográfica

El distrito de Pacucha está ubicado en la zona noreste de la provincia de Andahuaylas y noroeste del departamento de Apurímac, está localizada entre las coordenadas 13°36'29" de Latitud Sur y 73°20'38" de Longitud Oeste del Meridian de Greenwich.

La ubicación Geográfica de Ancopaccha que es la localidad directamente beneficiada con el proyecto es 13°36'22" de Latitud Sur y 73°17'36" de Longitud Oeste.

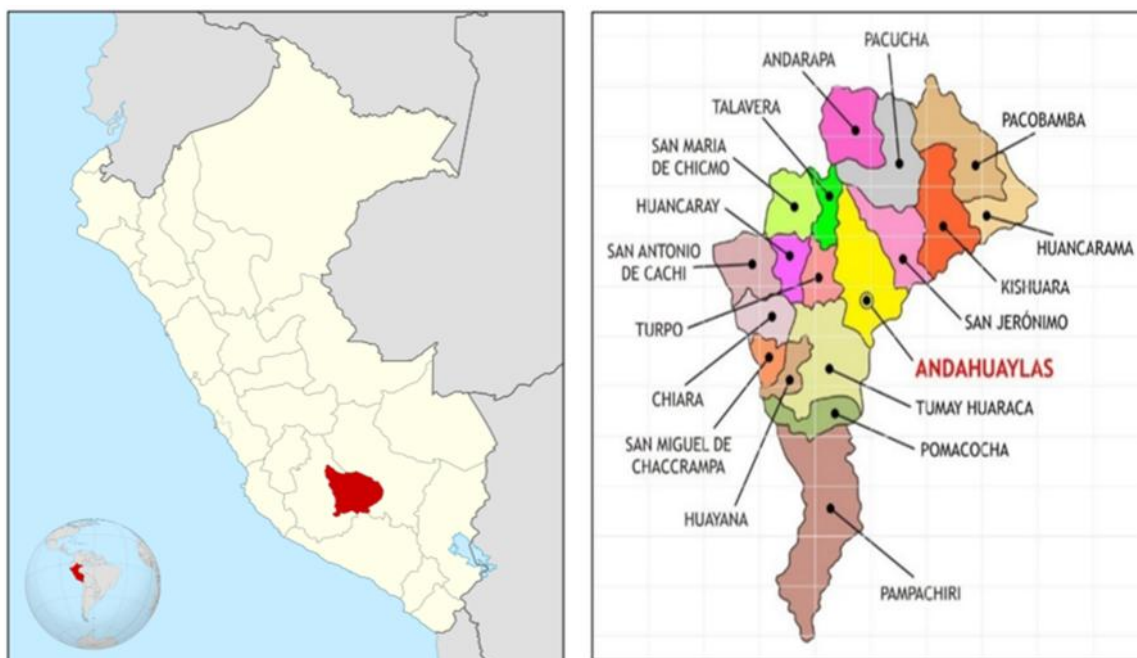


Figura 11. Mapa Político del Perú y de la provincia de Andahuaylas.

Fuente: (GUYOT , 2020)



Figura 12. Ubicación de la zona de estudio.

Fuente: Google Earth

Vías de acceso y comunicación

Para llegar a la ciudad de Pacucha en la provincia de Andahuaylas desde la capital del Perú (Lima) existen dos rutas:

- 1) Lima – Nazca – Puquio – Abancay - Andahuaylas: con un recorrido de 912 km,
- 2) Lima – Ayacucho – Andahuaylas: con un recorrido de 818 km por la vía Libertadores.

La ruta de la ciudad de Andahuaylas a la zona del proyecto es de a siguiente manera:

Tabla 1. Vías de acceso a la ciudad de Pacucha

VÍA DE ACCESO HACIA LA ZONA DEL PROYECTO				
Origen	Destino	Distancia	Tipo de vía	Tiempo de Viaje
Andahuaylas	Pacucha	15.1 km	Afirmado	30 min

Fuente: Elaboración propia.

Clima

El distrito de Pacucha se caracteriza por tener un clima variable, posee topografía marcado entre llanos, quebradas y valles lo cual hace que su clima varíe en gran manera desde semiseco templado con temperaturas muy bajas que varían desde 3.58°C en las mínimas a las altas con 25.39°C en las máximas, las precipitaciones varían de 700 a 1500 mm hasta climas semifríos y secos con temperaturas desde -4°C las mínimas a 12°C las máximas y precipitaciones de 200 a 700 mm. Esta parte de la sierra muestra contraste el periodo de lluvia y en el periodo de estiaje mostrando que en época de verano el clima es lluviosa mientras que en invierno se dan con mucha dificultad las precipitaciones, se produce mucho calor de día y clima frío de noche.

Vivienda

Para los indicadores de bienestar de toda la población se realiza el análisis de calidad de material con el que cada persona construye su vivienda, aquí se observa la diferencia de materiales que se utilizan y como construyen los pobres y los no pobres. En la zona de Ancopaccha donde se encuentra el río Huaycon, las viviendas son precarias construidas al 100% de adobe con un máximo de dos pisos cada una.

Servicios Básicos

) Electricidad

En la provincia de Andahuaylas se cuenta con tres centrales de energía que generan 3000 Kw aproximadamente, de las tres las más importantes y conocidas son: la hidroeléctrica del Chumbao con 2000 Kw y la hidroeléctrica de Huancaray con 840 Kw que representan el 98 % de toda la energía que se genera a nivel provincial. La cantidad de usuarios que aprovechan de esta energía ha ido incrementada de manera notable en los últimos años, esto gracias a la interconexión con el sistema eléctrico del sur y que abastece a la provincia con 60 Kw.

) Saneamiento

La zona del proyecto cuenta con saneamiento básico de agua y desagüe gracias a los proyectos que las unidades ejecutoras han implementado en esta zona.

Actividades Productivas

La mayor fuente de ingreso de los pobladores de la zona del proyecto recae en la ganadería con la crianza de vacuno, porcino, cavidae, equino, entre otros y la agricultura con la siembra de papa en distintas variedades, trigo, haba, arveja, cebada, entre otros productos básicos de la dieta familiar.

Servicios Públicos

) Salud

El distrito de Pacucha cuenta con un centro de salud que abastece a todos los centros poblados que se encuentran alrededor. En la zona de estudio no se cuenta con una posta o centro de salud por lo cual ante una emergencia las personas deben desplazarse hasta el nosocomio del distrito.

) Educación

El distrito de Pacucha cuenta con 01 institución educativa básica especial en el nivel primaria que cuenta con 03 alumnos que están a cargo de un docente, cuenta con 20 instituciones educativas iniciales que en total cuentan con 266 alumnos a cargo de 25 docentes correspondientemente, cuenta con 09 instituciones educativas iniciales no escolarizadas que cuentan con 60 alumnos, cuenta con 16 instituciones educativas de nivel primario que cuenta con 646 alumnos a cargo de 72 docentes y en el nivel secundaria cuenta con 05 instituciones educativas con 589 alumnos a cargo de 65 docentes correspondientemente.

Topografía

El autor (CASTRO Castillo, y otros, 2019 p. 11) refiere que el levantamiento topográfico nos ayuda a conocer la zona de estudio de manera más precisa porque nos brinda las características más importantes del terreno, su fin es conocer las coordenadas del lugar para que mediante programas de ingeniería se obtenga la forma en un dibujo, su altitud, su extensión, desniveles y pendientes.

Reconocimiento de terreno

En esta etapa de la investigación se acudió al campo para investigar y elegir el método más apropiado y así optimizar el trabajo que se realizará para solucionar el problema. Se hizo una visita al terreno, se entrevistó a pobladores de la zona con la finalidad de reunir información del comportamiento del río.

El reconocimiento del terreno se realizó el día 05 de octubre del 2020, época en la cual las precipitaciones toman fuerza y por ende se observó la crecida de río observándose también los puntos críticos donde se origina la socavación. Se realiza también la identificación de las viviendas y áreas aledañas las cuales sufren las consecuencias de las inundaciones en épocas de lluvia, se observó el tipo de material de viviendas y el tipo de cultivo sembrado.

La vía para llegar al área del proyecto es accesible, el clima aporta a realizar proyectos de construcción civil con tranquilidad y seguridad.

Levantamiento Topográfico

Para realizar el levantamiento topográfico se necesitó de 01 topógrafo y dos asistentes de topografía, además se hizo necesario la utilización de equipo topográfico entre las cuales tenemos 01 estación total, 01 GPS, 01 trípode, 02 prismas, 01 wincha y 01 calculadora.

El levantamiento topográfico se realizó en el punto crítico del río Huaycon, se obtuvieron 340 puntos como se indica en el cuadro siguiente:

Tabla 2. *Puntos del levantamiento topográfico.*

PUNTO	COORDENADAS		ALTURA (m.s.n.m.)
	NORTE	ESTE	
1	685095	8495203	3035
2	685090	8495188	3038
3	685092	8495203	3038
4	685096	8495199	3037
5	685089	8495190	3040
6	685086	8495184	3041
7	685075	8495190	3043
8	685076	8495193	3045
9	685076	8495197	3044
10	685075	8495204	3046
11	685073	8495204	3047
12	685077	8495207	3049

13	685077	8495210	3050
14	685061	8495212	3051
15	685061	8495214	3052
16	685065	8495216	3055
17	685061	8495210	3054
18	685058	8495206	3058
19	685054	8495199	3059
20	685044	8495215	3061
21	685043	8495208	3062
22	685044	8495220	3065
23	685038	8495221	3065
24	685051	8495219	3066
25	685053	8495223	3068
26	685059	8495223	3070
27	685070	8495223	3072
28	685064	8495234	3072
29	685065	8495235	3072
30	685048	8495247	3073
31	685047	8495252	3075
32	685047	8495253	3075
33	685037	8495254	3077
34	685035	8495254	3077
35	685029	8495253	3077
36	685028	8495256	3078
37	685021	8495257	3078
38	685021	8495259	3078
39	685020	8495260	3078
40	685015	8495258	3078
41	685014	8495260	3079
42	685014	8495262	3079
43	685005	8495258	3079
44	685007	8495262	3081

45	685046	8495235	3082
46	685041	8495233	3084
47	685045	8495241	3083
48	685032	8495245	3086
49	685035	8495245	3088
50	685034	8495240	3089
51	685023	8495248	3092
52	685020	8495239	3092
53	685008	8495254	3091
54	685009	8495253	3095
55	685011	8495244	3095
56	684995	8495257	3096
57	684991	8495248	3096
58	684977	8495259	3097
59	684977	8495251	3098
60	684962	8495264	3098
61	684961	8495257	3099
62	684945	8495269	3099
63	684926	8495281	3100
64	684923	8495273	3100
65	684921	8495289	3098
66	684911	8495279	3101
67	684917	8495285	3101
68	684928	8495287	3102
69	684928	8495289	3103
70	684932	8495292	3102
71	684933	8495285	3102
72	684942	8495277	3103
73	684945	8495276	3104
74	684948	8495279	3104
75	684955	8495274	3105
76	684957	8495275	3105

77	684959	8495278	3104
78	684973	8495269	3103
79	684973	8495271	3104
80	684974	8495274	3105
81	684983	8495266	3104
82	684985	8495268	3105
83	684992	8495264	3104
84	684950	8495279	3107
85	684924	8495294	3108
86	684921	8495296	3107
87	684908	8495295	3107
88	684903	8495287	3107
89	684896	8495303	3107
90	684902	8495303	3107
91	684889	8495292	3108
92	684883	8495303	3109
93	684876	8495293	3109
94	684863	8495300	3110
95	684864	8495292	3110
96	684854	8495294	3108
97	684844	8495283	3109
98	684853	8495278	3110
99	684847	8495284	3110
100	684839	8495272	3109
101	684842	8495271	3111
102	684849	8495268	3110
103	684848	8495303	3114
104	684844	8495305	3114
105	684843	8495306	3114
106	684856	8495308	3115
107	684858	8495309	3115
108	684859	8495313	3116

109	684871	8495313	3115
110	684875	8495316	3116
111	684877	8495317	3116
112	684882	8495315	3116
113	684888	8495312	3116
114	684888	8495316	3116
115	684889	8495317	3117
116	684840	8495291	3115
117	684837	8495290	3116
118	684833	8495289	3116
119	684833	8495274	3116
120	684830	8495276	3115
121	684832	8495268	3115
122	684829	8495267	3116
123	684830	8495260	3115
124	684829	8495260	3115
125	684831	8495251	3115
126	684829	8495251	3115
127	684826	8495235	3117
128	684824	8495235	3117
129	684828	8495224	3114
130	684824	8495223	3115
131	684825	8495213	3114
132	684822	8495215	3115
133	684814	8495208	3115
134	684814	8495212	3114
135	684804	8495219	3115
136	684806	8495223	3116
137	684802	8495231	3116
138	684805	8495231	3116
139	684814	8495236	3116
140	684817	8495235	3116

141	684820	8495240	3116
142	684824	8495243	3116
143	684826	8495244	3118
144	684827	8495251	3117
145	684829	8495253	3117
146	684829	8495256	3117
147	684825	8495265	3117
148	684827	8495267	3117
149	684824	8495273	3118
150	684823	8495275	3117
151	684823	8495277	3117
152	684810	8495270	3115
153	684809	8495272	3118
154	684808	8495275	3117
155	684793	8495263	3118
156	684792	8495266	3118
157	684790	8495268	3118
158	684781	8495267	3118
159	684780	8495262	3117
160	684780	8495257	3115
161	684794	8495259	3116
162	684838	8495257	3117
163	684839	8495257	3118
164	684846	8495253	3118
165	684835	8495242	3117
166	684836	8495240	3118
167	684841	8495238	3118
168	684832	8495225	3117
169	684834	8495225	3119
170	684840	8495222	3118
171	684832	8495202	3119
172	684830	8495210	3119

173	684819	8495207	3118
174	684821	8495195	3119
175	684807	8495206	3119
176	684802	8495201	3120
177	684795	8495225	3119
178	684790	8495226	3119
179	684801	8495241	3118
180	684795	8495244	3120
181	684813	8495246	3118
182	684819	8495258	3119
183	684814	8495257	3120
184	684803	8495256	3121
185	684814	8495266	3119
186	684806	8495263	3119
187	684791	8495251	3120
188	684790	8495250	3122
189	684778	8495249	3121
190	684775	8495243	3122
191	684764	8495258	3122
192	684759	8495249	3122
193	684759	8495259	3120
194	684766	8495262	3122
195	684764	8495263	3122
196	684763	8495264	3122
197	684757	8495262	3121
198	684755	8495263	3123
199	684754	8495263	3123
200	684747	8495260	3123
201	684744	8495259	3122
202	684741	8495260	3121
203	684737	8495244	3123
204	684735	8495244	3123

205	684732	8495244	3123
206	684728	8495236	3123
207	684729	8495230	3122
208	684729	8495226	3122
209	684718	8495226	3122
210	684715	8495226	3122
211	684712	8495229	3124
212	684714	8495232	3123
213	684714	8495233	3123
214	684706	8495227	3123
215	684705	8495228	3123
216	684704	8495231	3122
217	684695	8495230	3123
218	684691	8495225	3123
219	684681	8495227	3123
220	684680	8495229	3123
221	684678	8495232	3124
222	684662	8495235	3123
223	684660	8495232	3123
224	684660	8495232	3123
225	684650	8495233	3124
226	684649	8495230	3124
227	684648	8495228	3124
228	684643	8495230	3124
229	684642	8495228	3124
230	684642	8495225	3124
231	684635	8495230	3124
232	684635	8495228	3125
233	684635	8495225	3125
234	684626	8495227	3123
235	684624	8495225	3125
236	684621	8495222	3123

237	684627	8495227	3125
238	684749	8495254	3124
239	684753	8495248	3126
240	684745	8495237	3126
241	684750	8495231	3126
242	684734	8495221	3126
243	684736	8495217	3127
244	684713	8495221	3125
245	684713	8495215	3126
246	684692	8495220	3125
247	684691	8495211	3126
248	684669	8495223	3127
249	684666	8495216	3126
250	684649	8495222	3125
251	684646	8495215	3125
252	684626	8495215	3126
253	684626	8495209	3126
254	684612	8495216	3125
255	684615	8495204	3126
256	684594	8495198	3127
257	684593	8495202	3127
258	684569	8495197	3128
259	684569	8495206	3128
260	684585	8495209	3125
261	684585	8495210	3126
262	684582	8495211	3127
263	684580	8495212	3127
264	684572	8495211	3125
265	684568	8495212	3126
266	684569	8495213	3128
267	684567	8495216	3128
268	684554	8495216	3128

269	684552	8495216	3128
270	684553	8495215	3127
271	684549	8495212	3127
272	684544	8495212	3127
273	684542	8495213	3128
274	684544	8495214	3128
275	684534	8495215	3129
276	684534	8495215	3128
277	684531	8495212	3129
278	684513	8495212	3129
279	684513	8495211	3129
280	684510	8495208	3128
281	684486	8495216	3128
282	684485	8495215	3128
283	684483	8495212	3128
284	684459	8495213	3127
285	684460	8495214	3128
286	684460	8495219	3128
287	684435	8495215	3127
288	684434	8495213	3128
289	684434	8495209	3128
290	684416	8495214	3128
291	684400	8495209	3128
292	684399	8495206	3130
293	684398	8495203	3129
294	684381	8495201	3129
295	684381	8495200	3128
296	684383	8495196	3127
297	684385	8495194	3126
298	684358	8495190	3128
299	684360	8495187	3128
300	684362	8495184	3128

301	684338	8495174	3127
302	684337	8495170	3128
303	684340	8495166	3127
304	684337	8495163	3128
305	684334	8495166	3128
306	684331	8495169	3128
307	684313	8495160	3128
308	684310	8495158	3127
309	684312	8495154	3128
310	684294	8495160	3128
311	684293	8495158	3128
312	684294	8495155	3128
313	684274	8495157	3128
314	684272	8495155	3128
315	684263	8495156	3127
316	684265	8495153	3128
317	684266	8495150	3127
318	684262	8495143	3126
319	684266	8495136	3127
320	684278	8495146	3126
321	684278	8495143	3125
322	684300	8495145	3126

Fuente: Elaboración Propia

Trabajo de Gabinete

Contando con los puntos del levantamiento topográfico, estos se importaron al programa Civil 3D, con el cual se generaron curvas de nivel de 0.2 m en las curvas menores y 1 m en las curvas mayores.

Al importar los puntos del levantamiento se pudo crear el trazo del eje del río Huaycon para obtener su perfil longitudinal y generar las secciones transversales con una distancia de 20 metros lineales entre ellas.

Análisis de los Resultados

- ✓ El levantamiento topográfico nos muestra que la zona de estudios se encuentra en un terreno llano que sigue el cauce original del río sin encontrarse en su camino zonas de difícil acceso.
- ✓ El levantamiento topográfico nos muestra que el río Huayccon se encuentra a 7.97 km del distrito de Pacucha con una altitud de 3120 m.s.n.m. El área de estudio se encuentra en la Zona 18. El primer punto tomado nos muestra la coordenada E: 685095 N: 8495203 y el último nos muestra las coordenadas E: 681836 N: 8495810.

Estudio de Suelos

Para realizar un buen análisis y una buena proyección de defensa ribereña en el área de estudio es preciso determinar las características del terreno en el cual se va a asentar la estructura.

La finalidad del estudio de suelos en esta investigación es verificar que las características geológicas y geotécnicas del suelo sean las adecuadas y soporte la estructura hidráulica.

Se realizó la excavación de 02 calicatas de las cuales se obtuvo el material para realizar los ensayos de laboratorio con el fin de obtener las características del terreno para empezar con el diseño.

Sismicidad

El territorio nacional del Perú ha sido dividido en cuatro zonas tal como se muestra en el mapa de zonas sísmicas (Figura 13). Esto se basa en

El territorio nacional se está dividido en cuatro diferentes zonas sísmicas, como se muestra en la Figura N° 13. La zonificación propuesta se basa en el reparto espacial de la sismicidad observada durante varios años y que es causa de estudio por mucho otros, las características generales de los movimientos sísmicos y la atenuación de éstos con la distancia epicentral, así como en la información neotectónica (Norma Técnica E.030 Diseño Sismorresistente del Reglamento Nacional de Edificaciones, 2018 p. 6).

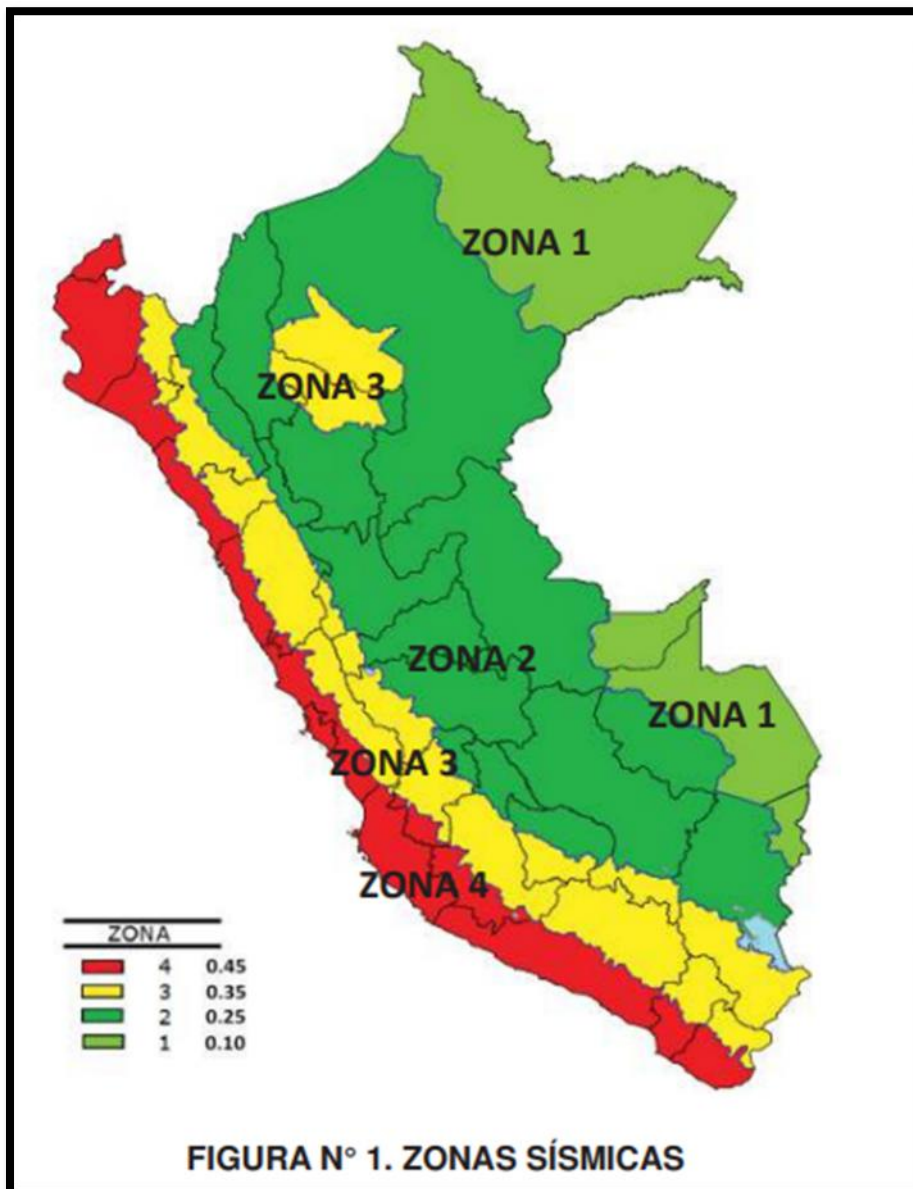


Figura 13. Mapa de Zonificación Sísmica.

Fuente: (Norma Técnica E.030 Diseño Sismorresistente del Reglamento Nacional de Edificaciones, 2018 p. 7)

Según el anexo II - Zonificación Sísmica de la Norma técnica E.030, el distrito de Pacucha se encuentra en la Zona Sísmica 2

ANDAHUAYLAS	ANDAHUAYLAS	2	TRECE DISTRITOS
	ANDARAPA		
	HUANCARAMA		
	HUANCARAY		
	KAQUIABAMBA		
	KISHUARA		
	PACOBAMBA		
	PACUCHA		
	SAN ANTONIO DE CACHI		
	SAN JERÓNIMO		
	SANTA MARIA DE CHICMO		
	TALAVERA		
	TURPO		

Figura 14. Zonificación Sísmica del distrito de Pacucha

Fuente: (Norma Técnica E.030 Diseño Sismorresistente del Reglamento Nacional de Edificaciones, 2018)

Considerando que a cada zona se le asigna el factor de fracción de aceleración de la gravedad, se concluye que el distrito de Pacucha tiene un factor Z de 0,25.

ZONA	Z
4	0,45
3	0,35
2	0,25
1	0,10

Figura 15 Factores de Zona "Z"

Fuente: (Norma Técnica E.030 Diseño Sismorresistente del Reglamento Nacional de Edificaciones, 2018 p. 7)

Para identificar los parámetros del sitio (S, TP y TL) se utilizan los siguientes cuadros:

Tabla N° 3 FACTOR DE SUELO "S"				
ZONA \ SUELO	S ₀	S ₁	S ₂	S ₃
Z ₄	0,80	1,00	1,05	1,10
Z ₃	0,80	1,00	1,15	1,20
Z ₂	0,80	1,00	1,20	1,40
Z ₁	0,80	1,00	1,60	2,00

Figura 16. Factor de Suelo "S"

Fuente: (Norma Técnica E.030 Diseño Sismorresistente del Reglamento Nacional de Edificaciones, 2018 p. 11)

Tabla N° 4 PERÍODOS "T _P " Y "T _L "				
	Perfil de suelo			
	S0	S1	S2	S3
T _P (s)	0,3	0,4	0,6	1,0
T _L (s)	3,0	2,5	2,0	1,6

Figura 17. Periodos "Tp" y "Tl"

Fuente: (Norma Técnica E.030 Diseño Sismorresistente del Reglamento Nacional de Edificaciones, 2018 p. 11)

Por las consideraciones expuestas se concluye que el distrito de Pacucha en donde se encuentra la zona de investigación tiene las siguientes características:

Zona Sísmica: 2

Factor de Suelo: S2 = 1.20

Periodo Tp(s): 0.6

Periodo TL(s): 2.0

Investigación de Campo

Esta investigación en el campo se basó en la exploración y excavación de dos calicatas, las muestras obtenidas de estas excavaciones sirvieron para el muestreo de materiales; también se observó el tipo de suelos que existen cerca de la zona de investigación para tener una idea clara del tipo de material que conforma este suelo.

Excavaciones

Se excavaron dos calicatas a cielo abierto en lugares estratégicos de la zona de estudio las cuales tienen similares configuraciones, Se tomó la consigna de centrarnos en las zonas críticas del lugar del proyecto.

En el siguiente cuadro se menciona la descripción del material:

Tabla 3. Descripción de material de las calicatas.

TIPO	UBICACIÓN	PROFUNDIDAD	DESCRIPCIÓN DEL MATERIAL
Calicata - 1	0+100	2.00	De 0.00 a 0.50 metros la zona está conformada por rellenos y depósitos actuales con pastos y raíces, húmedo de tonalidad marrón; de 1.30 a 2.00 metros el material está conformado por arcillas con arena, de media plasticidad, de compacidad media, medianamente saturada y tonalidad marrón oscura.
Calicata - 2	0+800	2.00	De 0.00 a 1.00 metros la zona está conformada por depósitos de material orgánico y suelo de cultivo; de 1.00 a 2.00 metros el material está conformado por arena con limo, de baja o nula plasticidad de tonalidad marrón claro.

Fuente: Elaboración Propia

Perfil Estratigráfico

El perfil estratigráfico estudia la formación de las rocas metamórficas, sedimentarias y volcánicas, así como también de la sucesión vertical y horizontal, presentación, cartografía y relación de las rocas estratificadas.

❖ **Calicata N° 01:** Se plantea muro de gavión.

En esta calicata se realiza la excavación y se encontró dos estratos:

Profundidad 0.00 – 0.50: Suelo conformado por rellenos de suelo de cultivo superficial, con presencia de pastos y raíces.

Profundidad 0.50 – 2.00: Material conformado por arcillas y áreas de media plasticidad, de compacidad media, tonalidad marrón oscuro, medianamente húmeda.

Según la clasificación SUCS (Sistema Unificado de Clasificación de Suelos) nos indica que en suelo es CL (Arcilla de baja plasticidad), el mismo material que pasa el 62.3% en la malla N° 200, y según la clasificación AASHTO como un suelo "A-5". El contenido de humedad presente es del 14.5%, índice de plasticidad de 12.4%. Los componentes presentes en el estrato son: grava gruesa 0%, grava fina 0%, arena gruesa 5.6%, arena media 18.6%, arena fina 13.5% y porcentaje de finos en un 62.3%. El suelo tiene un peso volumétrico del 1.635 gr/cc.

❖ **Calicata N° 02:** Se plantea muro de contención.

En esta calicata se realiza la excavación y se encontró dos estratos:

Profundidad 0.00 – 1.00: Material de cobertura conformado por depósitos recientes de material orgánico y suelo de cultivo.

Profundidad 1.00 – 2.00: Arena con limo, de baja o nula plasticidad, tonalidad marrón claro.

Según la clasificación SUCS (Sistema Unificado de Clasificación de Suelos) nos indica que en suelo es GW (Grava bien graduada), el mismo material que pasa el 16.7% en la malla N° 200, y según la clasificación AASHTO como un suelo "A-1a". El contenido de humedad presente es del 8.00%, índice de plasticidad de NP. Los componentes presentes en el estrato son: grava gruesa 12%, grava fina 31.1%, arena gruesa 11.1%, arena media 20.2%, arena fina 9.9% y porcentaje de finos en un 16.7%. El suelo tiene un peso volumétrico del 1.867 gr/cc.

Trabajo de Laboratorio

Análisis Granulométrico por Tamizado ASTM D-422

Este ensayo consiste en medir el tamaño de los granos de la muestra de la zona de investigación, de esta manera obtener el porcentaje del peso total y la cantidad de granos de distintos tamaños que el suelo contiene, quiere decir que este método separa las partículas de distinto tipo del suelo que pasan los tamices hasta la malla N° 200.

Límites de Atterberg (ASTM – D4318)

El suelo y su condición física se caracteriza por su consistencia que es la resistencia al flujo y que se relaciona con la fuerza de atracción entre las partículas.

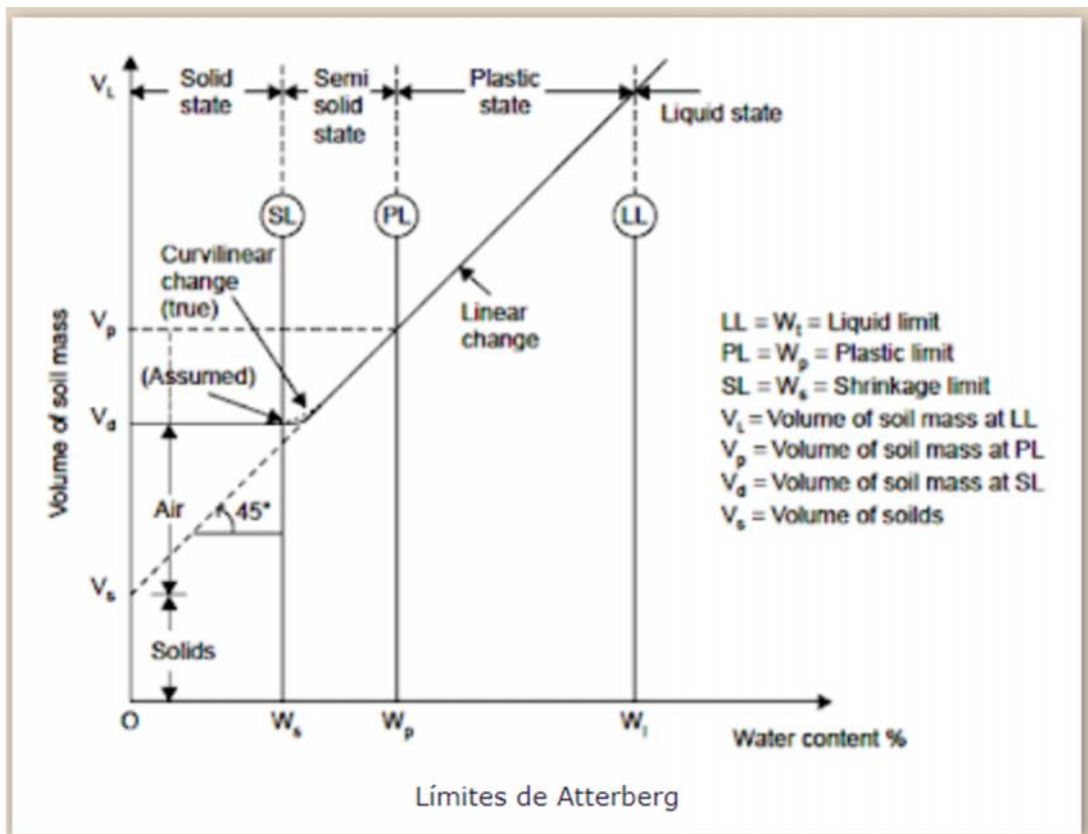


Figura 18. Límites de Atterberg.

Fuente: Apuntes de Geotecnia con énfasis en laderas

) **Límite Líquido (LL):** El límite líquido es el contenido de humedad con el que dispone el suelo y que se presenta como un fluido glutinoso que se comporta bajo su propio peso. Bajo este contenido de humedad la mezcla se encuentra en

estado plástico. Si se genera una modificación en el contenido de humedad se produce un cambio en el volumen del suelo. ASTM-D-423

) **Límite Plástico (LP):** Este límite es en donde el suelo se encuentra en un estado plástico haciendo que la mezcla se deforme a muy baja presión, debajo de este límite el suelo se encuentra en un estado semi sólido y al igual que en el límite líquido cualquier cambio en el contenido de humedad provocará la modificación del volumen de suelo. ASTM-D-424

) **Índice de Plasticidad (IP):** El índice de plasticidad se genera de la siguiente fórmula:

$$I_p = L - L_p$$

El índice de plasticidad es útil en la clasificación de suelos de partículas finas por ejemplo un suelo con IP=2 tiene un rango estrecho de plasticidad mientras que un suelo de IP=30 tiene propiedades plásticas muy notorias.

Clasificación SUCS ASTM D-248

La clasificación de suelos SCUS ASTM S-248 es un sistema que utiliza los resultados de las pruebas granulométricas y la determinación de los límites de consistencia para determinar la clasificación de suelos.

Esta clasificación obedece a lo desarrollado por Casagrande durante la segunda guerra mundial, se clasifican mediante los símbolos de cinco letras que son los siguientes:

G: Grava

S: Arena

M: Limo

C: Arcilla

O: Suelo orgánico

Criterios para la asignación de símbolos de grupo y nombre de grupo con el uso de ensayos de laboratorio			Clasificación de suelos				
			Símbolo de grupo	Nombre del grupo			
Suelos de partículas gruesas mas del 50% es retenido en la malla No. 200	Gravas Mas del 50% de la fracción gruesa es retenida en la malla No. 4	Gravas limpias Menos del 5% pasa la malla No. 200	$Cu \geq 4$ y $1 \leq Cc \leq 3$	GW	Grava bien graduada		
			$Cu < 4$ y $1 > Cc > 3$	GP	Grava mal graduada		
		Gravas con finos Mas del 12% pasa la malla No. 200	$IP < 4$ o debajo de la línea "A" en la carta de plasticidad	GM	Grava limosa		
			$IP > 7$ o arriba de la línea "A" en la carta de plasticidad	GC	Grava arcillosa		
	Arenas El 50% o mas de la fracción gruesa pasa la malla No. 4	Arenas limpias Menos del 5% pasa la malla No. 200		Cumple los criterios para GW y GM	GW-GM	Grava bien graduada con limo	
				Cumple los criterios para GW y GC	GW-GC	Grava bien graduada con arcilla	
		Arenas con finos Mas del 12% pasa la malla No. 200		Cumple los criterios para GP y GM	GP-GM	Grava mal graduada con limo	
				Cumple los criterios para GP y GC	GP-GC	Grava mal graduada con arcilla	
			Arenas limpias y con finos Entre el 5 y 12% pasa malla No.200		Cumple los criterios para SW y SM	SW-SM	Arena bien graduada con limo
					Cumple los criterios para SW y SC	SW-SC	Arena bien graduada con arcilla
	Arenas con finos y con finos Entre el 5 y 12% pasa malla No.200		Cumple los criterios para SP y SM	SP-SM	Arena mal graduada con limo		
			Cumple los criterios para SP y SC	SP-SC	Arena mal graduada con arcilla		
	Suelos de partículas finas El 50% o mas pasa la malla No. 200	Limos y arcillas Limite Liquido menor que 50	Inorgánicos	$IP > 7$ y se grafica en la carta de plasticidad arriba de la línea "A"	CL	Arcilla de baja plasticidad	
				$IP < 4$ y se grafica en la carta de plasticidad abajo de la línea "A"	ML	Limo de baja plasticidad	
Orgánicos			Limite liquido - secado al horno	< 0.75	OL	Arcilla orgánica	
			limite liquido - no secado			Limo orgánico	
Limos y arcillas Limite Liquido mayor que 50		Inorgánicos		$IP > 7$ y se grafica en la carta de plasticidad arriba de la línea "A"	CH	Arcilla de alta plasticidad	
				$IP < 4$ y se grafica en la carta de plasticidad abajo de la línea "A"	MH	Limo de alta plasticidad	
		Orgánicos	Limite liquido - secado al horno	< 0.75	OH	Arcilla orgánica	
			limite liquido - no secado			Limo orgánica	
Suelos altamente orgánicos	Principalmente materia orgánica de color oscuro			PT	Turba		

Figura 19. Símbolos de Grupo y Nombre con el uso de ensayos de Laboratorio.

Fuente: (Gutiérrez Baca, 2018 p. 185)

Sistema de Clasificación AASHTO

Este sistema es uno de los pioneros en la clasificación de suelos que fue desarrollado por Terzaghi y Hogentogler en 1928; actualmente se utiliza para la clasificación de suelos en proyectos de carretera, específicamente para la construcción de rasantes, subrasantes, subbases y bases en proyectos de carreteras.

El sistema de clasificación AASHTO se encuentra basado en los efectos de la determinación en laboratorio de la distribución del tamaño en partículas del suelo, su límite líquido y su límite plástico.

Los tipos de suelos que se encuentran clasificados dentro los grupos A-1, A-2 y A-3 como lo muestra el cuadro son materiales granulares de estos solo el 35% de las partículas pasan a través del tamiz N.º 200. Los suelos que tienen más del 35% de

partículas que pasan a través del tamiz N.º 200 se clasifican dentro de los grupos A-4, A-5, A-6 y A-7, grupos de material fino. Estos suelos son principalmente limo y materiales de tipo arcilla.

Clasificación general	Materiales granulares (35% o menos pasa por el tamiz N° 200)						Materiales limoso arcilloso (más del 35% pasa el tamiz N° 200)				
	A-1		A-3	A-2			A-4	A-5	A-6	A-7 A-7-5 A-7-6	
Grupo:	A-1-a	A-1-b		A-2-4	A-2-5	A-2-6					A-2-7
Porcentaje que pasa: N° 10 (2mm) N° 40 (0,425mm) N° 200 (0,075mm)	50 máx 30 máx 15 máx	- 50 máx 25 máx	- 51 mín 10 máx	- - 35 máx			- - 36 mín				
Características de la fracción que pasa por el tamiz N° 40 Límite líquido Índice de plasticidad	- 6 máx		- NP (1)	40 máx 10 máx	41 mín 10 máx	40 máx 11 mín	41 mín 11 mín	40 máx 10 máx	41 mín 10 máx	40 máx 11 mín	41 mín (2) 11 mín
Constituyentes principales	Fracmentos de roca, grava y arena		Arena fina	Grava y arena arcillosa o limosa			Suelos limosos		Suelos arcillosos		
Características como subgrado	Excelente a bueno						Pobre a malo				

(1): No plástico
(2): El índice de plasticidad del subgrupo A-7-5 es igual o menor al LL menos 30
El índice de plasticidad del subgrupo A-7-6 es mayor que LL menos 30

Figura 20. Tabla de Clasificación AASHTO.

Fuente: Clasificación de suelos de acuerdo a SUCS Y AASHTO – BOOK CIVIL

Contenido de Humedad ASTM D-2216

El contenido de humedad del suelo es el porcentaje de agua en una cantidad determinada de suelo. Para determinar este contenido se realiza un procedimiento definido que es de la siguiente manera:

1. Se determina el peso de agua que se elimina a medida que la muestra se seca en un horno controlado a 110 ± 5 °C.
2. El peso de las partículas sólidas se obtendrá de la muestra que permanece del secado en el horno.
3. Se determina el peso del agua como todo el que fue eliminado.

$$W = \frac{W_w}{W_s}$$

Donde:

W_w = Peso de agua.

W_s = Peso de suelo seco

Corte Directo ASTM D3080

El corte directo se realiza en una muestra de suelo para determinar la resistencia al corte y se realiza de la siguiente manera:

4. Se coloca la muestra en instrumento de corte.
5. Se aplica una carga nominal.
6. Se disponen los medios de drenaje y humedecimiento de la muestra.
7. Se consolida la muestra.
8. Se libera la muestra de los marcos.
9. Se aplica la fuerza de corte con la intención de hacer fallar la muestra de suelo.

Análisis de los Resultados

En el siguiente cuadro se muestran los resultados de los ensayos en laboratorio:

Tabla 4. *Resultados de Estudio de Suelos*

MUESTRA	PROF.	% GRAVA	% ARENA	% FINOS	LL	LP	IP	CLASIF. SUCS	CLASIF. AASHTO	DESCRIPCIÓN
CAL - 1	2.00	0.0	37.7	62.3	39.4	27.0	12.4	SC	A-5	Arcilla con Arena
CAL - 2	2.00	42.1	41.2	16.7	NP	NP	NP	GW	A-1a	Grava arenosa

Fuente: Elaboración Propia

De acuerdo a la información anterior se debe decir que los suelos de la zona de investigación en su mayoría están compuestos de material arcilloso con arena

Análisis Granulométrico por Tamizado

Tabla 5. Análisis Granulométrico por Tamizado C-1.

Calicata					C1
Muestra					M1
Profundidad					0.00-2.00
Tamiz	Abertura (mm)	Peso Retenido (gr)	(%) Parcial Retenido	(%) Porcentaje acumulado Retenido	(%) acumulado que pasa
3"	75.000				
2"	50.000				
1 ½"	37.500				
1"	25.000				
¾"	19.000				
½"	12.500				
⅜"	9.500				
¼"	6.250				
N°4	4.750		0.0	0.0	100.0
N°10	2.000	9.5	5.6	5.6	94.4
N°20	0.850	18.2	10.8	16.4	83.6
N°40	0.425	13.3	7.9	24.2	75.8
N°60	0.250	7.3	4.3	28.5	71.5
N°100	0.150	6.0	3.5	32.1	67.9
N°200	0.075	9.6	5.7	37.7	62.3
FONDO		105.4	62.3	100.0	0.0

Fuente: Estudio de Mecánica de suelos.

Tabla 6. Análisis Granulométrico por Tamizado C-2.

Calicata					C2
Muestra					M2
Profundidad					0.00-2.00
Tamiz	Abertura (mm)	Peso Retenido (gr)	(%) Parcial Retenido	(%) Porcentaje acumulado Retenido	(%) acumulado que pasa
3"	75.000				
2"	50.000				
1 ½"	37.500		0.0	0.0	100.0
1"	25.000	30.7	5.5	5.5	94.5
¾"	19.000	36.4	6.5	12.0	88.0
½"	12.500	63.8	11.4	23.5	76.5
⅜"	9.500	36.8	6.6	30.1	69.9
¼"	6.250	43.8	7.9	37.9	62.1
N°4	4.750	23.5	4.2	42.1	57.9
N°10	2.000	61.9	11.1	53.2	46.8
N°20	0.850	61.1	11.0	64.2	35.8
N°40	0.425	51.5	9.2	73.4	26.6
N°60	0.250	30.8	5.5	78.9	21.1
N°100	0.150	13.4	2.4	81.3	18.7
N°200	0.075	11.0	2.0	83.3	16.7
FONDO		224.0	40.2	123.5	-23.5

Fuente: Estudio de Mecánica de suelos

Contenido de Humedad

El contenido de humedad que expresa la cantidad de agua en el suelo es la siguiente:

Tabla 7. Contenido de Humedad de muestras.

CALICATAS	CLASF. SUCS	CLASIF. ASSHTO	% HUMEDAD
C-1	SC	A - 5	14.5
C-2	GW	A - 1a	8.0

Fuente: Elaboración Propia

Por lo expuesto anteriormente se puede concluir en lo siguiente:

- | En base a los trabajos de campo, laboratorio, perfiles y registro estratigráfico, la defensa ribereña se cimentará en un suelo arcilloso con arena.
- | Se realizaron ensayos de laboratorio con el fin de reconocer las propiedades químicas, físicas, mecánicas e hidráulicas del suelo evaluado.

Capacidad Portante

La capacidad portante se ha calculado tomando en cuenta el factor seguridad para la falla por corte para posteriormente verificar que los asentamientos diferenciales que se generan gracias a la presión no sobrepasen a los asentamientos admisibles.

Tabla 8. Capacidad de carga admisible.

SECTOR/ CALICATA	MUESTRA	PESO UNITARIO (T/m ³)	Q _A (kg/cm ²)	
			Zapata Cuadrada	Cimentación Corrida
C-1	NATURAL	1.635	1.42	2.15
C-2	NATURAL	1.867	2.31	4.35

Fuente: Estudio de Mecánica de Suelos

Tabla 9. *Capacidad última del terreno.*

Descripción	Q ult (Tn/m ²)
C-1	42.589
C-2	130.53

Fuente: Estudio de Mecánica de Suelos

Estudio Hidrológico

(KHARE, 2014) refiere que los modelos hidrológicos y de calidad del agua (H / WQ) pueden evaluar bien los impactos de las perturbaciones antropogénicas en los sistemas naturales. Hoy, estos modelos se han vuelto extremadamente importantes herramientas de formulación de políticas para abordar una variedad de problemas de recursos hídricos, p. Mejor Prácticas de gestión, cargas diarias máximas totales, etc.

En los campos de la gestión de los recursos hídricos y la restauración de ecosistemas, el proceso de toma de decisiones suele estar respaldado por modelos hidrológicos complejos. Las predicciones están asociadas con incertidumbres resultantes de los datos de entrada y los parámetros, variabilidad, algoritmos o estructura del modelo, datos de calibración del modelo, escala, límite del modelo condiciones, etc. (ZAJAC, 2010 p. 14)

(KABUSWE Sakeyo, 2008) refiere que para realizar un modelado de cuencas hidrográficas es necesario tener una comprensión clara de las condiciones hidrológicas de las cuencas hidrográficas. El agua de la Tierra está siempre en movimiento y el ciclo hidrológico describe la movimiento continuo del agua sobre, encima y debajo de la superficie de la Tierra. El agua puede cambiar de estado entre líquido, vapor y hielo en varios lugares del ciclo del agua. El sol aporta energía para calentar agua en los océanos y parte de ella se evapora como vapor en el aire. Las corrientes de aire ascendentes toman el vapor a la atmósfera, junto con el agua de la evapotranspiración, donde las temperaturas más frías hacen que condensarse en nubes y caer del cielo como precipitación. La precipitación es el proceso más esencial para la generación de escorrentía a escala de captación.

La cuenca Pacucha tiene una extensión aproximada de 83.93 km², con un perímetro e 49.30 km.

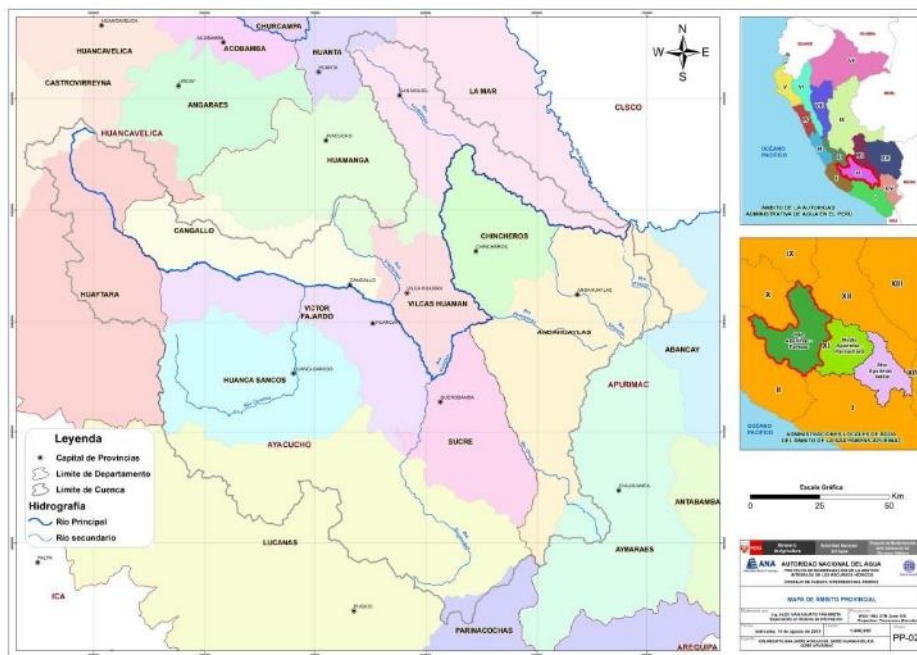


Figura 21. Cuenca Río Pampas e Inter cuencas.

Fuente: ANA

Características de la cuenca en estudio

❖ Extensión de la cuenca

Tabla 10. Área y Perímetro de las cuencas de Pacucha.

Cuenca	Área (km ²)	Perímetro (km)
Pacucha	83.93	49.30

Fuente: Elaboración Propia

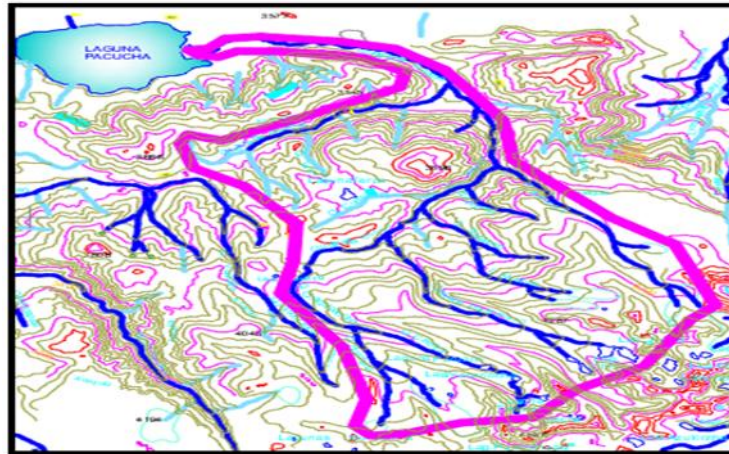


Figura 22. Delimitación de las cuencas Pacucha.

Fuente: Elaboración Propia

❖ Áreas parciales a diferentes cotas

Tabla 11. Áreas parciales de cuenca en diferentes cotas.

ALTITUD	ÁREAS PARCIALES		ÁREAS ACUMULADAS			
	Km ²	(%)	ÁREA POR DEBAJO DE ALTITUD		ÁREA POR ENCIMA DE ALTITUD	
			(KM2)	(%)	KM2	(%)
Punto más bajo						
3100.0	0.00	0.00	0.00	0.00	83.93	100.00
3200.0	4.10	4.89	4.10	4.89	79.83	95.11
3400.0	5.84	6.96	9.94	11.84	73.99	88.16
3600.0	16.64	19.83	26.58	31.67	57.35	68.33
3800.0	11.57	13.79	38.15	45.45	45.78	54.55
4000.0	11.88	14.15	50.03	59.61	33.90	40.39
4300.0	33.90	40.39	83.93	100.00	0.00	0.00
Punto más alto						
TOTAL	83.93	100.00				

Fuente: Estudio Hidrológico

Parámetros de Forma

- ✓ Cálculo del Coeficiente de compacidad o índice de Gravelious (Kc)

$$K = 0.2821 * \frac{P}{\sqrt{A}}$$

Donde:

A = Área de la microcuenca río Huaycon

P = Perímetro de la Microcuenca río Huaycon

Kc = Índice de compacidad o Gravelious (calculado)

$$| K = 0.2821 * \frac{4.3}{\sqrt{8.9}} = 1.52 A$$

a) Rectángulo Equivalente

$$L = \frac{K_c \sqrt{A}}{1.128} \left(1 + \sqrt{1 - \left(\frac{1.128}{K_c} \right)^2} \right)$$

$$l = \frac{K_c \sqrt{A}}{1.128} \left(1 - \sqrt{1 - \left(\frac{1.128}{K_c} \right)^2} \right)$$

Donde:

L = Lado mayor del rectángulo equivalente.

l = Lado menor del rectángulo equivalente.

A = Área de la Microcuenca Río Huaycon

Kc = Índice de compacidad o Gravelious (calculado)

$$| L = \frac{1.5 \sqrt{8.9}}{1.1} \left(1 + \sqrt{1 - \left(\frac{1.1}{1.5} \right)^2} \right) = 20.581 K$$

$$| l = \frac{1.5 \sqrt{8.93}}{1.1} \left(1 - \sqrt{1 - \left(\frac{1.1}{1.5} \right)^2} \right) = 4.078 k$$

b) Factor de Forma

$$F_f = \frac{l}{L} = \frac{A}{L^2}$$

Donde:

L = Lado mayor del rectángulo equivalente.

l = Lado menor del rectángulo equivalente.

A = Área de la Microcuenca Río Huayccon

F_f = Factor de forma de la microcuenca

$$F_f = \frac{4.0}{2.5 \cdot 1} = \frac{8.9}{2.5^2} = 0.20 \text{ At} .$$

c) Perfil Longitudinal del río Huayccon

Tabla 12. Perfil Longitudinal

PERFIL LONGITUDINAL DEL RIO HUAYCCON			
COTA	LONGITUD	LONGITUD	LONGITUD
(m.s.n.m.)	RÍO (m)	RÍO (Km)	ACUMULADO
3100.00	0.0	0.0	0.00
3200.00	8,169.4	8.169	8.17
3400.00	2,153.2	2.153	10.32
3600.00	3,450.5	3.451	13.77
4300.00	9,110.0	9.110	22.88
	TOTAL	22.88	

Fuente: Estudio Hidrológico

d) Pendiente del Río

Método uniforme

$$S = \frac{H}{L}$$

Conociendo que:

H_{máx} = 4300 m.s.n.m

H_{mín} = 3100 m.s.n.m

S = Pendiente del cauce

H = Diferencia de cotas entre los extremos del cauce

L = Longitud del cauce (Km)

$$s = \frac{4300 - 3100}{22.88} = 52.44 \text{ m/k} = 5.24\%$$

Método Taylor Schwars

$$S = \left[\frac{\sum_{i=1}^n L_i}{\sum_{i=1}^n \frac{L_i}{\sqrt{S_i}}} \right]^2$$

$$S = \left[\frac{4}{20.081} \right] = 0.040 \frac{m}{m}$$

Pendiente promedio del cauce principal

$$S = \frac{0.052 + 0.040}{2} = 0.046 \text{ m/m} = 4.61\%$$

Parámetros del Sistema Hidrográfico

a) Densidad de drenaje

$$D_d = \frac{L_t}{A}$$

Donde:

D_d = Densidad de drenaje de cuenca del río Huayccon

L_t = Longitud total de las corrientes

A = Área total de la cuenca del río Huayccon

$$D = \frac{36.00}{83.93} = 0.43 \text{ k} / \text{k}^2$$

b) Tiempo de Concentración

➤ Método de KIRPICH

$$T_c = 0.06626 \left(\frac{L^2}{S} \right)^{0.3}$$

Donde:

L = Longitud del cauce principal (km).

S = Pendiente del cauce principal.

T_c = Tiempo de concentración según Kirpich.

$$T_c = 0.06626 \left(\frac{22.88 \text{ k}}{0.046 \text{ m/m}} \right)^{0.3} = 2.41 \text{ ho}$$

➤ Método de TEMEZ

$$T_c = 0.126 \left(\frac{L}{S^{0.3}} \right)^{0.7}$$

Donde:

L = Longitud del cauce principal (km).

S = Pendiente del cauce principal.

T_c = Tiempo de concentración según Temez

$$T_c = 0.126 \left(\frac{22.88k}{0.046^{0.3}} \right)^{0.7} = 2.96 \text{ ho}$$

➤ **Tiempo de concentración promedio**

$$T = \frac{2.41 + 2.96}{2} = 2.69 \text{ ho} = 161.13 \text{ m}$$

Estudio de climatología

Se realiza la visita al punto de atención con el objetivo de usar las estaciones hidrometeorológicas. Al no contarse con una en específico cerca de la zona ha sido necesaria la utilización de datos de estaciones de cuencas cercanas con características similares que se muestran a continuación.

Tabla 13. Estaciones Pluviométricas del SENAMHI Evaluados.

ITEM	ESTACIÓN	RIO	UBICACIÓN	LATITUD	LONGITUD	ALTITUD
1.0	URIPA	CHINCHEROS	APURÍMAC	13°32'00"	73°41'00"	3,280.0
2.0	ANDRAPA	COCAS	APURÍMAC	13°31'00"	73°22'00"	3,215.0
3.0	ANDAHUAYLAS	CHUMBAO	APURÍMAC	13°39'00"	13°22'00"	2,994.0
4.0	HUANCABAMBA	HUANCARAY	APURÍMAC	13°44'00"	13°21'00"	3,650.0
5.0	ABANCAY	ABANCAY	APURÍMAC	13°38'00"	13°53'00"	2,398.0

Fuente: Estudio Hidrológico

Precipitaciones Máximas en 24 horas

Para el cálculo de las descargas máximas en los ríos, es necesario realiza un análisis de precipitaciones extremas en zona de estudio que no es nada más que la precipitación máxima diaria ocurrida en cada año.

Los registros del SENAMHI utilizados para el análisis estadístico de las distribuciones probabilísticas de las precipitaciones máximas en 24 hrs., corresponden a las estaciones:

SERVICIO NACIONAL DE METEOROLOGIA E HIDROLOGIA - SENAMHI														
REGISTRO DE PRECIPITACION MENSUAL (mm)														
Estación:		ANDAHUAYLAS						LAT:		13° 38' 55"		Dpto:		
Parámetro:		Precipitación Mensual (mm)						LONG:		73° 22' 0"		Prov:		
								ALT:		2865		Dist		
AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	TOTAL	
1998	168.00	82.00	80.00	55.00	11.00	2.00	12.00	1.00	13.00	44.00	48.00	67.00	583.00	
1999	113.00	148.00	136.00	38.00	4.00	4.00	13.00	1.00	14.00	31.00	34.00	86.00	622.00	
2000	139.00	202.00	107.00	13.00	6.00	24.00	20.00	17.00	21.00	15.00	39.00	82.00	685.00	
2001	197.00	111.00	182.00	40.00	90.00	10.00	23.00	19.00	7.00	34.00	58.00	99.00	870.00	
2002	152.00	137.00	136.00	71.00	0.00	3.00	0.00	12.00	34.00	3.00	17.00	129.00	694.00	
2003	193.00	91.00	120.00	45.00	1.00	5.00	2.00	0.00	60.00	27.00	61.00	110.00	715.00	
2004	134.40	222.30	151.10	74.60	10.40	12.80	17.50	15.80	46.30	46.00	40.50	180.80	952.50	
2005	164.30	125.30	198.30	33.80	40.50	0.00	1.90	27.60	31.60	63.70	67.70	104.10	858.80	
2006	193.00	238.00	140.30	83.40	3.10	17.20	0.00	46.50	19.20	63.00	76.10	164.30	1044.10	
2007	201.30	157.20	155.00	58.40	4.90	0.00	18.20	12.40	22.80	51.30	39.70	126.90	848.10	
2008	125.10	261.10	161.80	12.60	6.30	8.40	0.00	2.10	6.40	32.50	62.90	179.50	858.70	
2009	241.30	196.30	165.20	88.60	3.80	2.00	3.30	2.10	3.70	69.60	49.65	103.60	929.15	
2010	156.20	193.50	112.40	68.70	32.70	0.00	0.00	35.60	13.50	58.40	36.40	105.80	813.20	
2011	120.90	268.70	190.70	96.20	12.90	0.00	9.80	0.00	64.90	64.70	63.20	138.10	1030.10	
2012	129.40	237.60	240.70	99.10	0.00	6.20	2.40	4.20	40.70	24.40	39.60	112.60	936.90	
2013	186.80	244.50	215.20	23.50	25.20	17.30	6.30	57.60	6.40	41.20	43.70	71.10	938.80	
2014	182.10	207.10	260.20	39.10	13.50	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	702.00	
2015	155.40	241.20	165.50	45.20	22.80	12.00	9.20	23.60	47.80	69.40	44.50	159.60	996.20	
2016	180.80	278.70	209.80	59.90	15.60	14.10	11.10	5.20	13.80	43.10	62.85	109.80	1004.75	
2017	145.90	229.20	213.70	122.50	60.10	4.40	13.80	0.00	43.90	75.80	81.20	162.20	1152.70	
2018	181.60	191.20	188.40	43.90	2.50	30.40	2.60	9.00	4.50	57.80	25.20	167.90	905.00	
MEDIA	164.79	193.47	168.06	57.69	17.44	8.23	7.91	13.89	24.50	43.57	47.15	117.11	863.81	

Figura 23. Registro de precipitaciones – Estación Andahuaylas.

Fuente: Estudio Hidrológico

SERVICIO NACIONAL DE METEOROLOGIA E HIDROLOGIA - SENAMHI														
REGISTRO DE PRECIPITACION MENSUAL (mm)														
Estación:	URIPA			LAT:	13° 32' 1"			Dpto:						
Parámetro:	Precipitación Mensual (mm)			LONG:	73° 41' 1"			Prov:						
				ALT:	3190			Dist:						
AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	TOTAL	
1998	144.00	176.00	139.00	116.00	4.00	3.00	0.00	10.00	14.00	45.00	48.00	58.00	757.00	
1999	174.00	169.00	40.00	81.00	9.00	1.00	13.00	24.00	17.00	47.50	55.00	50.00	680.50	
2000	158.00	172.00	118.00	78.00	41.00	1.00	2.00	10.00	29.00	50.00	83.00	91.00	833.00	
2001	122.00	125.00	177.00	101.00	2.00	4.00	0.00	7.00	23.00	9.00	14.00	89.00	673.00	
2002	165.00	127.00	113.00	10.00	4.00	5.00	1.00	2.00	30.00	47.00	82.00	42.00	628.00	
2003	163.00	224.40	165.20	93.40	14.60	2.60	1.00	9.35	24.40	34.20	69.30	144.70	946.15	
2004	174.20	128.00	196.70	93.40	10.60	13.30	18.80	16.70	55.30	54.80	47.70	172.00	981.50	
2005	114.60	161.90	195.60	38.90	47.70	0.00	1.60	31.10	38.10	78.60	84.00	168.40	960.50	
2006	123.50	114.10	117.30	105.20	2.70	18.40	0.00	5.50	20.90	77.70	80.40	114.60	780.30	
2007	164.60	205.00	137.10	71.50	4.60	0.00	19.60	12.80	25.20	62.00	81.30	128.34	912.04	
2008	131.80	145.40	111.20	13.10	6.10	8.30	0.00	1.80	6.20	37.30	77.50	135.10	673.80	
2009	118.60	192.90	115.70	112.30	3.40	1.70	5.80	1.80	3.30	54.40	56.30	167.70	833.90	
2010	173.70	189.10	144.50	85.30	37.50	0.00	0.00	4.30	14.10	71.50	42.30	170.60	932.90	
2011	161.30	125.80	185.30	122.60	13.40	0.00	9.80	0.00	37.60	80.00	78.00	179.10	992.90	
2012	102.50	118.90	117.70	126.40	0.00	5.90	2.00	3.80	61.10	27.20	46.40	163.50	775.40	
2013	180.00	122.80	183.30	26.10	28.10	18.60	6.10	7.40	6.20	48.50	51.90	158.80	837.80	
2014	108.80	172.40	144.10	45.80	14.10	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	49.15	168.00	702.35	
2015	137.60	118.40	116.10	53.80	25.20	12.30	9.20	6.30	57.20	86.40	61.75	108.10	792.35	
2016	172.00	169.10	176.00	73.50	16.60	14.70	11.40	4.80	14.40	51.00	92.28	140.90	936.68	
2017	195.00	137.40	181.30	62.80	73.70	4.10	14.40	0.00	52.10	94.90	102.30	111.70	1029.70	
2018	108.10	186.00	182.20	52.10	2.20	4.60	25.00	32.90	15.20	70.60	28.10	119.50	826.50	
MEDIA	147.25	156.22	145.54	74.39	17.17	5.64	6.70	9.12	25.92	53.70	63.37	127.67	832.68	

Figura 24. Registro de Precipitaciones – Estación Uripa.

Fuente: Estudio Hidrológico

SERVICIO NACIONAL DE METEOROLOGIA E HIDROLOGIA - SENAMHI														
REGISTRO DE PRECIPITACION MENSUAL (mm)														
Estación:	ANDARAPA				LAT:	13° 31' 1"		Dpto:						
Parámetro:	Precipitación Mensual (mm)				LONG:	73° 22' 1"		Prov:						
					ALT:	2819		Dist:						
AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	TOTAL	
1998	85.24	57.59	86.02	14.60	5.17	13.83	5.17	5.17	12.70	21.85	33.81	44.36	385.52	
1999	137.73	151.59	96.36	34.30	15.87	14.32	8.20	9.18	55.62	23.61	67.37	67.51	681.67	
2000	155.88	218.22	96.36	19.53	28.11	20.44	29.03	23.61	17.84	52.60	23.26	67.51	752.38	
2001	190.50	123.80	93.97	29.87	30.08	16.57	16.15	23.47	18.89	33.81	60.76	69.76	707.63	
2002	163.41	150.96	95.45	32.40	24.52	19.32	16.78	31.07	66.39	26.84	40.85	36.48	704.47	
2003	106.77	166.86	110.85	69.97	108.46	13.97	6.23	45.56	32.82	22.62	26.63	83.06	793.82	
2004	65.47	145.47	72.58	40.00	11.22	12.42	14.74	13.90	27.90	27.76	25.37	127.81	584.64	
2005	78.21	61.60	135.27	22.34	25.37	5.17	6.51	19.53	38.74	35.36	37.05	95.16	560.30	
2006	175.59	109.59	110.57	43.73	7.21	14.60	5.17	27.97	15.59	35.08	83.20	78.21	706.51	
2007	93.97	75.18	116.83	33.11	8.27	5.17	15.09	12.21	17.28	30.08	67.72	104.87	579.79	
2008	146.67	114.16	77.15	12.35	9.04	10.17	5.17	6.65	9.11	21.78	34.65	84.68	531.59	
2009	110.99	134.42	78.56	45.98	7.64	6.58	21.22	6.65	6.86	37.89	91.36	94.95	643.11	
2010	159.89	133.23	56.11	37.47	21.85	5.17	5.17	23.19	12.77	33.11	23.54	95.16	606.67	
2011	191.13	207.81	132.03	49.22	12.49	5.17	10.87	5.17	36.06	35.78	35.15	67.02	787.91	
2012	105.93	237.15	110.71	50.41	5.17	8.97	6.79	7.85	29.80	18.05	24.94	188.39	794.18	
2013	109.66	108.81	99.88	17.98	18.40	14.67	9.04	32.75	9.11	25.65	26.77	123.66	596.39	
2014	170.94	102.06	119.02	24.73	12.77	5.17	22.83	6.93	47.60	44.43	28.53	64.77	649.80	
2015	116.69	111.98	78.70	26.35	17.30	12.02	10.58	17.68	28.55	37.79	49.48	76.18	583.30	
2016	127.81	126.90	97.56	28.53	13.83	13.05	11.58	8.41	12.91	26.49	54.99	65.68	587.74	
2017	187.41	149.13	98.54	60.41	33.81	7.99	12.91	5.17	26.84	40.49	44.08	89.39	756.18	
2018	157.36	141.53	121.76	27.69	6.02	20.79	17.20	20.16	13.26	32.82	18.40	79.72	656.73	
MEDIA	135.11	134.67	99.25	34.33	20.12	11.69	12.21	16.78	25.55	31.61	42.76	85.92	650.02	

Figura 25. Registro de Precipitaciones – Estación Andarapa.

Fuente: Estudio Hidrológico

SERVICIO NACIONAL DE METEOROLOGIA E HIDROLOGIA - SENAMHI													
REGISTRO DE PRECIPITACION MENSUAL (mm)													
Estación:	HUANCARAY							LAT:	13° 45' 1"			Dpto:	
Parámetro:	Precipitación Mensual (mm)							LONG:	73° 32' 1"			Prov:	
							ALT:	3908			Dist		
AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	ANUAL
1998	139.00	194.00	272.00	31.00	7.00	7.00	2.00	18.00	47.00	54.00	43.00	95.00	909.00
1999	173.00	339.00	280.00	130.00	6.00	2.00	15.00	19.00	23.00	63.00	72.00	98.00	1220.00
2000	373.00	301.00	156.00	44.00	15.00	22.00	0.00	31.00	82.00	134.00	72.00	67.00	1297.00
2001	181.00	160.00	138.00	20.00	56.00	0.00	18.00	15.00	35.00	70.00	69.00	61.00	823.00
2002	282.90	173.40	49.40	34.40	24.60	20.00	46.80	116.10	38.70	65.80	57.30	30.40	939.80
2003	314.20	203.80	123.20	199.10	14.90	1.60	75.00	50.20	30.80	38.30	149.00	96.00	1296.10
2004	272.00	128.30	64.10	10.00	12.10	16.30	14.80	40.80	40.50	36.00	237.20	237.20	1109.30
2005	106.70	251.90	30.30	36.00	0.00	2.00	25.00	61.60	55.10	58.40	172.80	172.80	972.60
2006	201.30	203.20	71.40	3.20	16.00	0.00	40.90	17.80	54.50	149.20	139.40	139.40	1036.30
2007	133.40	215.60	50.70	4.90	0.00	16.90	11.70	20.90	44.90	118.70	192.00	192.00	1001.70
2008	210.30	137.30	12.00	6.20	8.20	0.00	2.20	6.30	29.20	53.70	152.20	152.20	769.80
2009	250.20	140.10	75.90	3.90	2.10	28.20	2.20	2.60	60.00	165.30	172.40	172.40	1075.30
2010	247.90	95.80	59.20	29.30	0.00	0.00	31.80	12.70	50.70	32.50	172.80	174.20	906.90
2011	395.00	245.50	82.20	12.20	0.00	9.40	0.00	56.40	55.90	54.70	117.30	117.30	1145.90
2012	452.80	203.50	84.60	0.00	6.10	2.50	4.20	44.40	22.30	35.20	356.70	356.20	1568.50
2013	199.70	182.10	22.20	22.90	16.10	6.20	50.10	6.30	36.50	38.60	229.00	229.00	1038.70
2014	186.40	219.90	34.80	12.70	0.00	31.20	2.70	79.00	72.80	42.00	112.90	0.00	794.40
2015	206.00	140.40	37.80	20.90	11.40	8.90	21.60	42.00	59.80	82.70	135.40	135.40	902.30
2016	235.40	177.50	42.00	14.60	13.20	10.60	5.20	13.00	38.10	93.60	114.70	93.60	851.50
2017	279.20	179.50	104.30	52.10	4.40	13.00	0.00	38.70	65.10	72.10	161.50	137.60	1107.50
2018	264.30	225.30	40.40	1.20	27.40	20.80	26.20	13.60	50.20	22.90	142.40	142.40	977.10
MEDIA	243.03	196.05	87.17	32.79	11.45	10.41	18.83	33.59	47.24	70.51	146.24	138.05	1035.37

Figura 26. Registro de Precipitaciones – Estación Huancaray.

Fuente: Estudio Hidrológico

Tomando como referencia los registros de las cuatro estaciones se realiza un promedio base de registro de precipitaciones que se presenta en el siguiente cuadro:

Tabla 14. Promedio base de registro de precipitaciones.

CUADRO DE PRECIPITACIONES DE ESTACIONES BASE											
N.º	AÑO	ANDAHUAYLAS		HUANCARAY		ANDARAPA		URIPA		PROMEDIO	
		PP	Pacum	PP	Pacum	PP	Pacum	PP	Pacum	PP	Pacum
1	1998	583.00	583.00	909.00	909.00	385.52	385.52	757.00	757.00	658.63	658.63
2	1999	622.00	1205.00	1220.00	2129.00	681.67	1067.19	680.50	1437.50	801.04	1459.67
3	2000	685.00	1890.00	1297.00	3426.00	752.38	1819.58	833.00	2270.50	891.85	2351.52
4	2001	870.00	2760.00	823.00	4249.00	707.63	2527.21	673.00	2943.50	768.41	3119.93
5	2002	694.00	3454.00	939.80	5188.80	704.47	3231.67	628.00	3571.50	741.57	3861.49
6	2003	715.00	4169.00	1296.10	6484.90	793.82	4025.50	946.15	4517.65	937.77	4799.26
7	2004	952.50	5121.50	1109.30	7594.20	584.64	4610.14	981.50	5499.15	906.99	5706.25
8	2005	858.80	5980.30	972.60	8566.80	560.30	5170.44	960.50	6459.65	838.05	6544.30
9	2006	1044.10	7024.40	1036.30	9603.10	706.51	5876.95	780.30	7239.95	891.80	7436.10
10	2007	848.10	7872.50	1001.70	10604.80	579.79	6456.74	912.04	8151.99	835.41	8271.51
11	2008	858.70	8731.20	769.80	11374.60	531.59	6988.33	673.80	8825.79	708.47	8979.98
12	2009	929.15	9660.35	1075.30	12449.90	643.11	7631.44	833.90	9659.69	870.37	9850.35
13	2010	813.20	10473.55	906.90	13356.80	606.67	8238.11	932.90	10592.59	814.92	10665.26
14	2011	1030.10	11503.65	1145.90	14502.70	787.91	9026.02	992.90	11585.49	989.20	11654.46
15	2012	936.90	12440.55	1568.50	16071.20	794.18	9820.19	775.40	12360.89	1018.74	12673.21
16	2013	938.80	13379.35	1038.70	17109.90	596.39	10416.59	837.80	13198.69	852.92	13526.13
17	2014	702.00	14081.35	794.40	17904.30	649.80	11066.39	702.35	13901.04	712.14	14238.27
18	2015	996.20	15077.55	902.30	18806.60	583.30	11649.68	792.35	14693.39	818.54	15056.81
19	2016	1004.75	16082.30	851.50	19658.10	587.74	12237.42	936.68	15630.07	845.17	15901.97
20	2017	1152.70	17235.00	1107.50	20765.60	756.18	12993.60	1029.70	16659.77	1011.52	16913.49
21	2018	905.00	18140.00	977.10	21742.70	656.73	13650.33	826.50	17486.27	841.33	17754.83

Fuente: Estudio Hidrológico

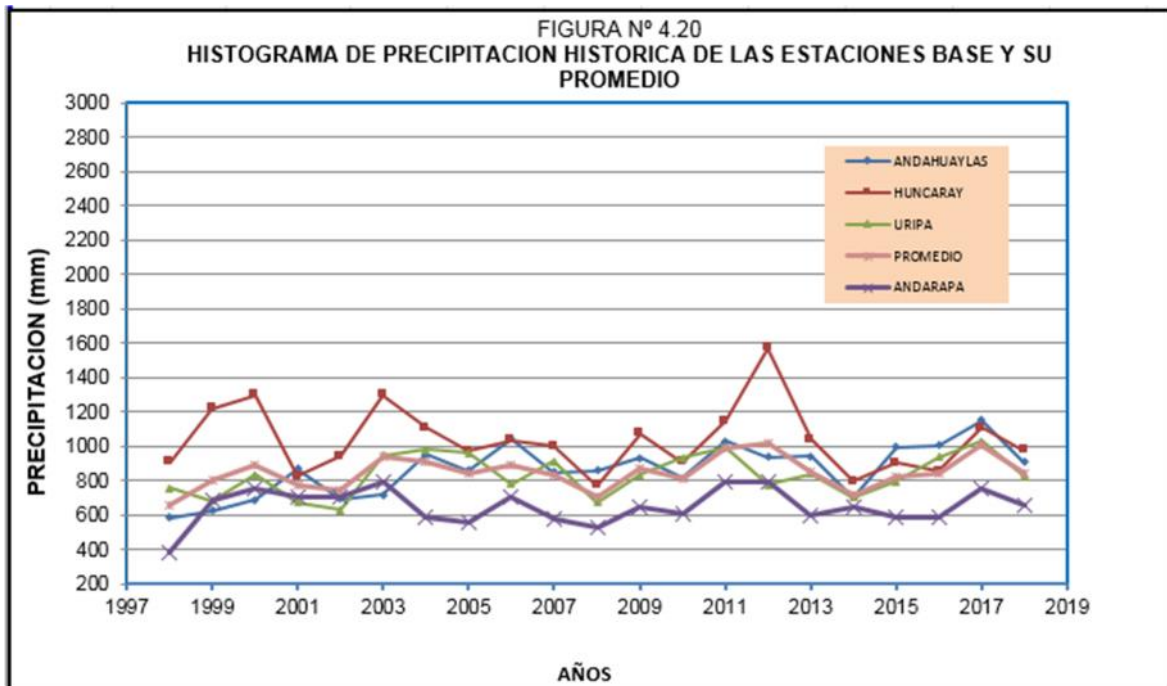


Figura 27. Histograma de precipitaciones de estación base.

Fuente: Estudio Hidrológico

Cálculo del Caudal Máximo

Funciones de distribución de probabilidades

Según el estudio hidrológico para el análisis de las precipitaciones máximas en 24 horas se han elegido siete distribuciones de probabilidad con el fin analizar las precipitaciones. A continuación, se presentan las fórmulas de cada distribución y los resultados en un cuadro:

➤ Distribución Normal

$$f(x) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} * e^{-\frac{1}{2}\left(\frac{x-\bar{x}}{s}\right)^2}$$

Donde:

f(x) = Función densidad normal de la variable x

x = Variable independiente

x = Parámetro de localización, igual a la media aritmética de x.

S = Parámetro de escala, igual a la desviación estándar de x.

➤ Distribución Log – Normal II

$$f(x) = \frac{1}{(x - x_0)\sqrt{2\pi}\sigma_y} * e^{\frac{1}{2}\left(\frac{\ln(x-x_0) - \mu_y}{\sigma_y}\right)^2}$$

Dónde:

μ_y , σ_y = Media y la desviación estándar de los logaritmos naturales de x (Ln x).

➤ Distribución Gamma II

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

Valido para:

0 < x < ∞

0 < β < ∞

0 < γ < ∞

Dónde:

γ : Parámetro de forma

β : Parámetro de escala

(Γ) : función gamma completa, definida como:

$$\Gamma(\gamma) = \int_0^{\infty} x^{\gamma-1} e^{-x} dx$$

Solo si γ > 0

➤ Distribución Gamma III o Pearson tipo III

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

Valido para:

x_0 < x < ∞

0 < β < ∞

0 < γ < ∞

0 < β < ∞

Dónde:

x_0: Origen de la variable x, parámetro de posición

γ : Parámetro de forma

β : Parámetro de escala

➤ Distribución Log – Pearson Tipo III

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

Valido para:

$$x_0 < x <$$

$$- < x_0 <$$

$$0 < <$$

$$0 < <$$

Dónde:

x_0 : Parámetro de posición.

: Parámetro de forma.

: Parámetro de escala.

➤ Distribución Gumbel I

$$f(x) = \frac{1}{\alpha} e^{-\frac{x-\mu}{\alpha}} e^{-\frac{x-\mu}{\alpha}}$$

Para - $x <$

$$y = \frac{x - \mu}{\alpha}$$

$$F(x) = e^{-e^{-y}}$$

➤ Distribución Log - Gumbel

$$y = \frac{L(x) - \mu}{\alpha}$$

$$F(x) = e^{-e^{-y}}$$

Tabla 15. Distribución de probabilidades.

T (Años)	DISTRIBUCION GAUSSIANA				DISTRIBUCION GAMMA					LOG - PEARSON III		GUMBEL		
	F(Z)	Z (Tabla)	Normal	Log- Normal II	1-F(Z)	X2 (Tabla)	Gamma II	X2	Gamma III	K (Tabla)	Log - Pearson III	Y	Gumbel I	Log Gumbel
5	0.800	0.84161	54.35	53.58	0.200	34.37	39.15	45.46	261.81	0.833	52.67	1.500	52.97	51.35
10	0.900	1.28155	59.34	59.77	0.100	37.90	43.17	49.50	282.22	1.296	58.44	2.250	59.60	58.55
15	0.933	1.50000	61.81	63.11	0.067	40.14	45.72	52.07	295.21	1.464	60.69	2.674	63.34	63.06
20	0.950	1.64485	63.45	65.43	0.050	41.30	47.04	53.40	301.93	1.632	63.02	2.970	65.95	66.41
25	0.960	1.75070	64.65	67.17	0.040	42.58	48.50	54.78	308.90	1.800	65.44	3.199	67.97	69.12
30	0.967	1.83838	65.64	68.65	0.033	43.48	49.52	55.74	313.75	1.866	66.42	3.384	69.61	71.41
40	0.975	1.96000	67.02	70.76	0.025	44.00	50.11	56.84	319.31	1.999	68.43	3.676	72.19	75.15
50	0.980	2.05375	68.08	72.43	0.020	44.50	50.68	58.27	326.53	2.131	70.49	3.902	74.18	78.18
100	0.990	2.32630	71.17	77.51	0.010	48.30	55.01	61.14	341.03	2.433	75.43	4.600	80.34	88.34
200	0.995	2.57571	73.99	82.48	0.005	51.00	58.09	64.18	356.39	3.037	86.38	5.296	86.49	99.77
300	0.997	2.74778	75.94	86.08	0.003	52.08	59.32	65.40	362.56	3.641	98.92	5.702	90.07	107.13
500	0.998	2.87833	77.42	88.92	0.002	52.62	59.93	66.00	365.59	4.849	129.74	6.214	94.59	117.16

Fuente: Estudio Hidrológico

Curvas de Intensidad – Duración – Frecuencia (IDF)

La intensidad es la profundidad por unidad de tiempo (mm/h). En distintos casos se puede tomar la intensidad instantánea o la intensidad promedio sobre la duración de la lluvia.

Este método hace una relación entre la intensidad de la lluvia, la duración de esta misma y la frecuencia.

$$I = \frac{p}{T}$$

Donde:

P = Profundidad de lluvia (mm)

Td = Tiempo de duración (horas)

Para nuestro caso por la poca información pluviométrica que se tiene se hace difícil elaborar las curvas IDF, por lo que la intensidad generalmente se calcula a partir de la precipitación máxima en 24 horas la cual se multiplica por el coeficiente de duración. Este proceso es el método de DYCK PESCHKE.

➤ Método de DYCK PESCHKE

Para este método utilizaremos el cuadro de coeficientes de lluvias entre 48 horas y una hora, debe mencionarse que esto se aplicada siempre y cuando no se cuente con suficiente información.

Tabla 16. *Coeficiente de duración de lluvias entre 48 horas y una hora.*

Duración de la precipitación (hr)	Coeficiente
1	0.25
2	0.32
3	0.38
4	0.44
5	0.50
6	0.56
8	0.64

10	0.73
12	0.79
14	0.83
16	0.87
18	0.90
20	0.93
22	0.97
24	1.00
48	1.31

Fuente: (Manual para el diseño de carreteras pavimentadas de bajo volumen de tránsito, 2008 p. 58)

Para el caso de que no se tenga acceso a la información de registros pluviométricos se utiliza la metodología de DYCK PESCHKE quien relaciona la duración de la tormenta con la precipitación máxima en 24 horas mediante la siguiente fórmula:

$$P = P_{24h} * \left(\frac{d}{1440} \right)^{0.2}$$

Donde:

Pd = Precipitación total (mm)

d = Duración en minutos

P24h = Precipitación máximo en 24 horas (mm)

Los resultados se muestran en los siguientes cuadros:

Tabla 17. Hietograma de precipitación (mm).

T (Años)	500	300	200	100	50	40	30	25	20	15	10	5	Duración (hr)
Pmax 24 horas	117.16	107.13	99.77	88.34	78.18	75.15	71.41	69.12	66.41	63.06	58.55	51.35	
PRECIPITACION (mm)	52.93	48.40	45.08	39.91	35.32	33.95	32.26	31.23	30.01	28.49	26.45	23.20	1
	62.95	57.56	53.61	47.46	42.00	40.38	38.36	37.14	35.68	33.88	31.46	27.59	2
	69.66	63.70	59.33	52.53	46.48	44.68	42.46	41.10	39.49	37.49	34.82	30.53	3
	74.86	68.45	63.75	56.44	49.95	48.02	45.62	44.16	42.43	40.29	37.41	32.81	4
	79.15	72.38	67.41	59.68	52.82	50.77	48.24	46.70	44.87	42.60	39.56	34.69	5
	82.84	75.75	70.55	62.46	55.28	53.14	50.49	48.88	46.96	44.59	41.40	36.31	6
	86.10	78.73	73.32	64.92	57.45	55.23	52.47	50.80	48.81	46.34	43.03	37.73	7
	89.02	81.40	75.81	67.12	59.40	57.10	54.26	52.52	50.46	47.91	44.49	39.01	8
	91.68	83.83	78.08	69.13	61.18	58.81	55.88	54.09	51.97	49.34	45.82	40.18	9
	94.13	86.07	80.16	70.97	62.81	60.38	57.37	55.53	53.36	50.66	47.04	41.25	10
	96.40	88.14	82.09	72.68	64.32	61.83	58.75	56.87	54.65	51.88	48.18	42.25	11
	98.52	90.08	83.90	74.28	65.74	63.19	60.04	58.12	55.85	53.02	49.24	43.18	12
	100.51	91.90	85.60	75.78	67.07	64.47	61.26	59.30	56.98	54.09	50.23	44.05	13
	102.39	93.62	87.20	77.20	68.32	65.67	62.40	60.41	58.04	55.11	51.17	44.87	14
	104.17	95.25	88.71	78.54	69.51	66.82	63.49	61.46	59.05	56.07	52.06	45.65	15

	105.87	96.80	90.16	79.82	70.64	67.90	64.52	62.46	60.01	56.98	52.91	46.40	16
	107.48	98.28	91.53	81.04	71.72	68.94	65.51	63.41	60.93	57.85	53.72	47.10	17
	109.03	99.69	92.85	82.21	72.75	69.93	66.45	64.32	61.80	58.68	54.49	47.78	18
	110.51	101.05	94.11	83.33	73.74	70.89	67.35	65.20	62.65	59.48	55.23	48.43	19
	111.94	102.35	95.33	84.40	74.69	71.80	68.22	66.04	63.45	60.25	55.94	49.06	20
	113.31	103.61	96.50	85.44	75.61	72.68	69.06	66.85	64.23	60.99	56.63	49.66	21
	114.64	104.82	97.63	86.44	76.49	73.53	69.87	67.63	64.98	61.70	57.29	50.24	22
	115.92	105.99	98.72	87.40	77.35	74.35	70.65	68.39	65.71	62.39	57.93	50.80	23
	117.16	107.13	99.77	88.34	78.18	75.15	71.41	69.12	66.41	63.06	58.55	51.35	24

Fuente: Estudio Hidrológico

Tabla 18. *Hietograma de precipitación (mm/hr).*

T (Años)	500	300	200	100	50	40	30	25	20	15	10	5	Duración (hr)
Pmax 24 horas	117.16	107.13	99.77	88.34	78.18	75.15	71.41	69.12	66.41	63.06	58.55	51.35	
PRECIPITACION (mm/Hr)	52.93	48.40	45.08	39.91	35.32	33.95	32.26	31.23	30.01	28.49	26.45	23.20	1
	31.47	28.78	26.80	23.73	21.00	20.19	19.18	18.57	17.84	16.94	15.73	13.79	2
	23.22	21.23	19.78	17.51	15.49	14.89	14.15	13.70	13.16	12.50	11.61	10.18	3
	18.71	17.11	15.94	14.11	12.49	12.00	11.41	11.04	10.61	10.07	9.35	8.20	4
	15.83	14.48	13.48	11.94	10.56	10.15	9.65	9.34	8.97	8.52	7.91	6.94	5

13.81	12.63	11.76	10.41	9.21	8.86	8.42	8.15	7.83	7.43	6.90	6.05	6
12.30	11.25	10.47	9.27	8.21	7.89	7.50	7.26	6.97	6.62	6.15	5.39	7
11.13	10.17	9.48	8.39	7.43	7.14	6.78	6.57	6.31	5.99	5.56	4.88	8
10.19	9.31	8.68	7.68	6.80	6.53	6.21	6.01	5.77	5.48	5.09	4.46	9
9.41	8.61	8.02	7.10	6.28	6.04	5.74	5.55	5.34	5.07	4.70	4.13	10
8.76	8.01	7.46	6.61	5.85	5.62	5.34	5.17	4.97	4.72	4.38	3.84	11
8.21	7.51	6.99	6.19	5.48	5.27	5.00	4.84	4.65	4.42	4.10	3.60	12
7.73	7.07	6.58	5.83	5.16	4.96	4.71	4.56	4.38	4.16	3.86	3.39	13
7.31	6.69	6.23	5.51	4.88	4.69	4.46	4.31	4.15	3.94	3.66	3.21	14
6.94	6.35	5.91	5.24	4.63	4.45	4.23	4.10	3.94	3.74	3.47	3.04	15
6.62	6.05	5.63	4.99	4.42	4.24	4.03	3.90	3.75	3.56	3.31	2.90	16
6.32	5.78	5.38	4.77	4.22	4.06	3.85	3.73	3.58	3.40	3.16	2.77	17
6.06	5.54	5.16	4.57	4.04	3.89	3.69	3.57	3.43	3.26	3.03	2.65	18
5.82	5.32	4.95	4.39	3.88	3.73	3.54	3.43	3.30	3.13	2.91	2.55	19
5.60	5.12	4.77	4.22	3.73	3.59	3.41	3.30	3.17	3.01	2.80	2.45	20
5.40	4.93	4.60	4.07	3.60	3.46	3.29	3.18	3.06	2.90	2.70	2.36	21
5.21	4.76	4.44	3.93	3.48	3.34	3.18	3.07	2.95	2.80	2.60	2.28	22
5.04	4.61	4.29	3.80	3.36	3.23	3.07	2.97	2.86	2.71	2.52	2.21	23
4.88	4.46	4.16	3.68	3.26	3.13	2.98	2.88	2.77	2.63	2.44	2.14	24

Fuente: Elaboración propia.

Periodo de Retorno

El documento (Manual de Hidrología, Huidráulica y Drenaje, 2012 p. 23) refiere que el periodo de retorno representado en años es el valor máximo que una creciente es igual o menor a su creciente normal una vez cada "T" años. Si se supone que los eventos anuales son independientes, es posible calcular la probabilidad de falla para una vida útil de n años.

$$R = 1 - (1 - 1/T)^n$$

Riesgo de Falla Admisible (R) = 25%

Vida útil (n) = 20 años

Periodo de Retorno (T) = 70

El MTC recomienda que para defensas ribereñas el valor máximo recomendado de riesgos admisibles es del 25%.

Tabla 19. Valores Máximos Recomendados de riesgo admisible de obras de drenaje.

TIPO DE OBRA	RIESGO ADMISIBLE (**) (%)
Puentes (*)	25
Alcantarillas de paso de quebradas importantes y badenes	30
Alcantarillas de paso quebradas menores y descarga de agua de cunetas	35
Drenaje de la plataforma (a nivel longitudinal)	40
Subdrenes	40
Defensas Ribereñas	25

Fuente: (Manual de Hidrología, Huidráulica y Drenaje, 2012 p. 25)

Según el siguiente cuadro el periodo de retorno (T) es 70 años, pero según (FUENTES Mariles, y otros, 1999 p. 5) el periodo de retornó será de 100 años a causa de las zonas agrícolas y población.

Bajo este concepto, la presente investigación se acoge el periodo de retorno de 100 años.

Tabla 20. Hietograma TR=100 años.

DURACIÓN (hr)	INTENSIDAD (mm/hr)	PROFUNDIDAD ACUMULADA (mm)	PROFUNDIDAD INCREMENTAL (mm)	TIEMPO (min)	PRECIPITACIÓN (mm)
1	39.91	39.91	39.91	0-1	0.97
2	23.73	47.46	7.55	1-2	1.04
3	17.51	52.53	5.06	2-3	1.12
4	14.11	56.44	3.92	3-4	1.22
5	11.94	59.68	4.24	4-5	1.34
6	10.41	62.46	2.78	5-6	1.50
7	9.27	64.92	2.45	6-7	1.71
8	8.39	67.12	2.20	7-8	2.01
9	7.68	69.13	2.01	8-9	2.45
10	7.10	70.97	1.85	9-10	3.24
11	6.61	72.68	1.71	10-11	5.06
12	6.19	74.28	1.60	11-12	39.91
13	5.83	75.78	1.50	12-13	7.55
14	5.51	77.20	1.42	13-14	3.92
15	5.24	78.54	1.34	14-15	2.78
16	4.99	79.82	1.28	15- 6	2.20
17	4.77	81.04	1.22	6- 7	1.85
18	4.57	82.21	1.17	7-18	1.60
19	4.39	83.33	1.12	18-19	1.42
20	4.22	84.40	1.08	19-20	1.28
21	4.07	85.44	1.04	20-21	1.17
22	3.93	86.44	1.00	21-22	1.08
23	3.80	87.40	0.97	22-23	1.00
24	3.68	88.34	0.93	23-24	0.97

Fuente: Estudio Hidrológico

Estimación del Caudal Máximo

El estudio hidrológico elaborado utiliza el programa HEC-HMS (Hydrologic Engineering Center's Hydrologic Modeling System), este programa tiene la función de calcular la hidrografía de salida de la cuenca o sub cuenca, cálculo que llamamos también caudales máximos. Dentro de su sistema hace uso de los hietogramas, pérdida por infiltración, flujo base y esorrentía. A continuación, se presentan los gráficos que arroja el programa para el caudal máximo en TR=100 años.

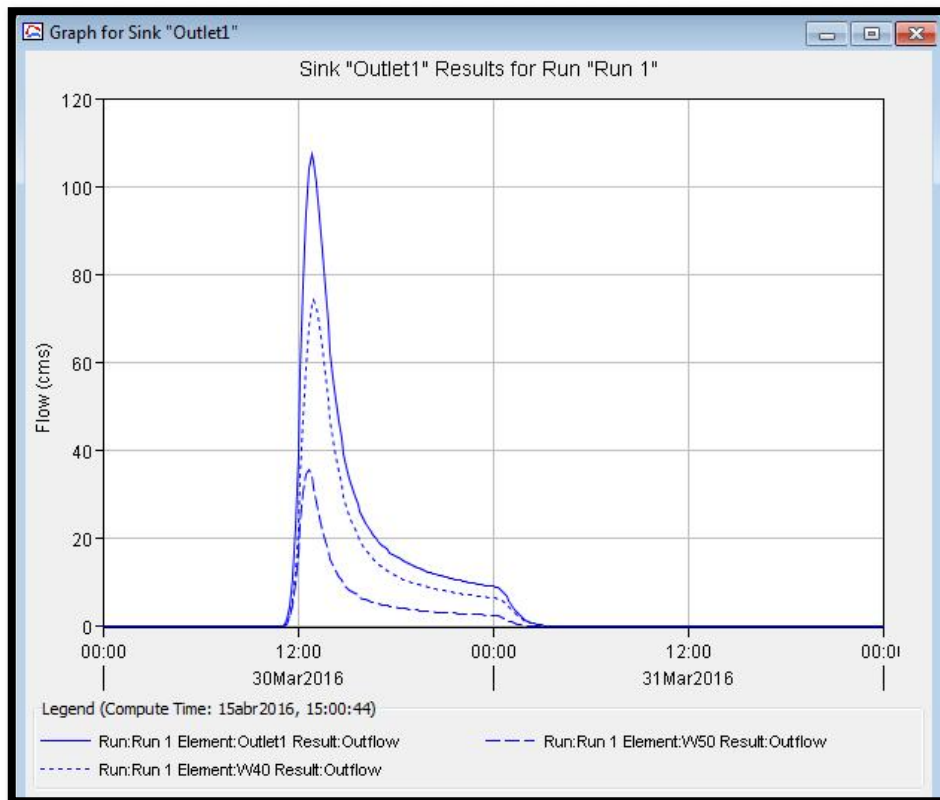


Figura 28. Caudal máximo por el método de HEC-HMS para un periodo de retorno T=100 años.

Fuente: Estudio Hidrológico

Por lo tanto, el caudal máximo para el periodo de retorno T=100 años es igual a 107.30 m³/s.

Bases de Diseño

Área de Influencia

La afectación de la crecida del río Huaycon no solo afecta a la zona en donde se va a realizar el proyecto si no también que indirectamente afecta a los pobladores aledaños que tras la crecida del río son afectados con la acumulación de desperdicios y materiales solidos dentro de sus terrenos. Por lo tanto, se ha considerado a los pobladores del distrito de Pacucha como el área de influencia, este dato se obtiene del Instituto Nacional de Estadística e Informática (INEI):

Tabla 21. *Población Censada – 2017.*

CENSO POBLACIONAL EN EL DISTRITO DE PACUCHA – 2017	
DISTRITO	HABITANTES
PAUCHA	1051

Fuente: INEI

La elaboración del diseño de esta defensa ribereña tiene como su finalidad más importante la de proteger las zonas que se encuentran al borde del río Huaycon que son constantemente afectadas en las épocas de precipitaciones fuertes y que provocan inundaciones afectando sembríos y viviendas

El tramo en donde se proyecta el muro de gavión tiene presenta zonas de cultivo y viviendas las cuales pueden ser afectadas porque el río Huaycon no cuenta con una defensa ribereña que garantice la protección de estas zonas, como se sabe la principal actividad económica de esta zona es la agricultura y al generarse inundaciones toda la inversión de los pobladores se pierde generando problemas económicos de gran magnitud.

Tabla 22. *Zonas afectadas en el tramo de intervención.*

PROGRESIVA	DESCRIPCIÓN
0+100.00	Vivienda a 50 metros lineales.
0+200.00	Vivienda a 20 metros lineales, Áreas de Cultivo colindantes al río Huaycon (1.36 Ha)
0+300.00	Áreas de Cultivo colindantes al río Huaycon (1.56 Ha)
0+400.00	Áreas de Cultivo colindantes al río Huaycon (3.64 Ha)
0+500.00	Vivienda a 30 metros lineales, Áreas de Cultivo colindantes al río Huaycon (3.52 Ha)

0+600.00	Áreas de Cultivo colindantes al río Huayccon (4.82 Ha)
0+700.00	Áreas de Cultivo colindantes al río Huayccon (5.35 Ha)
0+800.00	Vivienda a 40 metros lineales, áreas de Cultivo colindantes al río Huayccon (0.27 Ha)
0+900.00	Vivienda a 60 metros lineales, áreas de Cultivo colindantes al río Huayccon (0.34 Ha)
1+000.00	Áreas de Cultivo colindantes al río Huayccon (7.37 Ha)

Fuente: Elaboración propia

Periodo de Diseño

El periodo de diseño considerado para este proyecto es de 20 años, quiere decir que se proyecta a 20 años el funcionamiento de la estructura cumpliendo con su finalidad en su vida útil.

Propuesta del diseño de la defensa ribereña para el río Huayccon.

La propuesta de diseño de defensa ribereña para el río Huayccon será el muro con gaviones y muro de contención con voladizo. Se intervendrá dos zonas del tramo elegido para realizar la siguiente investigación, estas mismas por estar cerca a zonas de cultivo y vivienda, pero además por ser las fracciones del lecho más afectadas por la erosión y socavación, los muros de gavión tienen una longitud de 4 metros cada una, se construirán en 64 metros lineales y el muro de contención se construirá en 96 metros lineales.

Muro Gavión

Malla

Gavión, tipos y características				
Largo (m)	Ancho (m)	Alto (m)	Tipo de malla	Peso por unidad (kg)
2	1	0,5	5x7 - 2 mm / 8x10 - 2,7 mm	9 / 12
3	1	0,5	5x7 - 2 mm / 8x10 - 2,7 mm	14 / 17
4	1	0,5	5x7 - 2 mm / 8x10 - 2,7 mm	18 / 22
2	1	1	5x7 - 2 mm / 8x10 - 2,7 mm	14 / 17
3	1	1	5x7 - 2 mm / 8x10 - 2,7 mm	19 / 24
4	1	1	5x7 - 2 mm / 8x10 - 2,7 mm	25 / 31
3	1,5	1	5x7 - 2 mm / 8x10 - 2,7 mm	28 / 32

Figura 29. Tipo de Malla.

Fuente: Manual de Gaviones

La malla a utilizar en el diseño de los muros de gavión será de 8*10-2.7 mm

Tipo de Roca

Para la zona de estudio se eligió este tipo de roca por dos razones fundamentales: se considera que esta roca es la que tendrá mejor función en la estructura del gavión y porque es uno de los materiales que se encuentra en gran cantidad en la zona.

Tabla 23. Pesos Específicos de las rocas

Tipo de Piedra	Peso Específico
Arenisca	2600
Arenisca porosa y caliza porosa	2400
Granito, siena, pórfido.	2800
Basalto, diorita.	3000
Mármol, pizarra	2800
Piedra caliza compacta.	2700
Piedra caliza porosa	2400
Pizarra de tejados	2800

Fuente: Tablas de Pesos Específicos y Densidades de Materiales - Ingemecánica

Diseño de muro de gavión

Para empezar con el diseño primeramente se identifica los siguientes datos obtenidos de los estudios de laboratorio previamente realizados.

Ángulo de fricción (ϕ) = 19.9°

Peso específico de la roca (γ_{roca}) = 2800 kg/cm²

Peso específico del suelo (γ_{suelo}) = 1635 kg/m³

Longitud del gavión = 4 metros

Altura del gavión = 3 metros

Cantidad de escalones = 3

 **Calculamos:**

1. Hallamos la base:

$$B = \frac{1}{2}(1 + H)$$

Escalón	Ancho	Largo	Altura
1	2.00 m	4.00 m	1.00 m
2	1.50 m	4.00 m	1.00 m
3	1.00 m	4.00 m	1.00 m

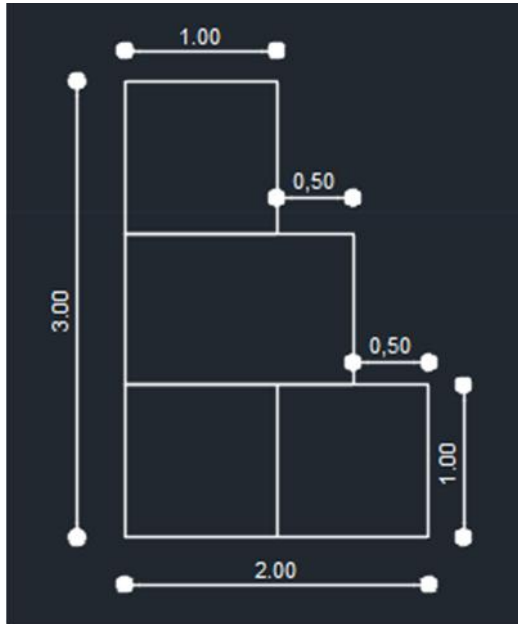


Figura 30. Estructura de Gavión.

Fuente: Elaboración Propia

Detalle de cada bloque

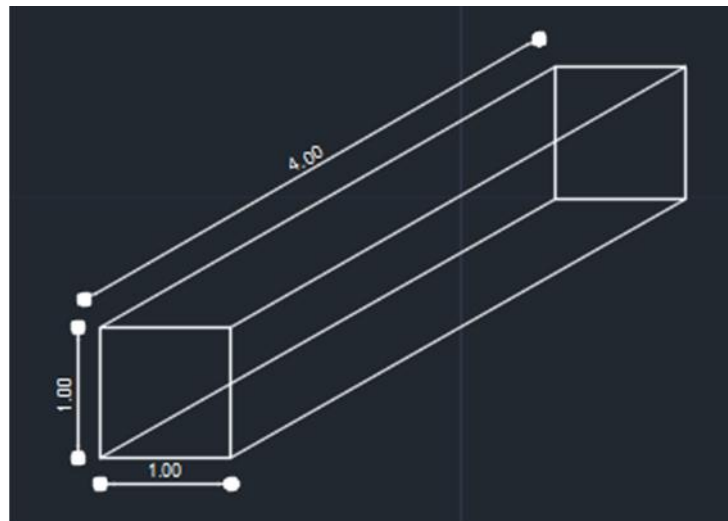


Figura 31. Detalle de bloque 1, 2 y 4 de gavión.

Fuente: Elaboración Propia

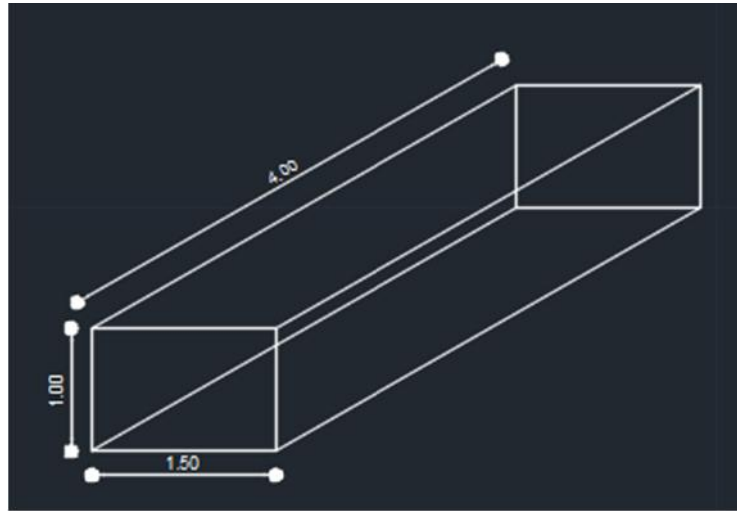


Figura 32. Detalle de bloque 3 de gavión.

Fuente: Elaboración Propia

2. Calculamos el Empuje Activo

$$E = \frac{1}{2} * K * \gamma s_1 * h^2$$

3. Coeficiente Activo

$$K = \tan^2 \left(45 - \frac{\phi}{2} \right)$$

Por lo tanto:

$$K = \tan^2 \left(45 - \frac{20}{2} \right) = 0.490$$

$$E = \frac{1}{2} (0.380)(1.635)(3)^2 = 3.101 T / m$$

4. Altura de Aplicación del Empuje Activo

$$y = \frac{h}{3} = \frac{3}{3} = 1$$

5. Análisis de la Estabilidad

Para el cálculo de la estabilidad calcularemos el peso específico de la roca por el porcentaje de vacíos, lo cual nos da un resultado de 1.96 Ton/m³.

1er Bloque:

Área (m ²)	Peso de roca (Tn/m ³)	Peso específico (Tn/m ²)	Brazo	Momento
1.00	2.8	2.8	0.50	1.4

2do Bloque:

Área (m ²)	Peso de roca (Tn/m ³)	Peso específico (Tn/m ²)	Brazo	Momento
1.00	2.8	2.8	1.50	4.2

3er Bloque:

Área (m ²)	Peso de roca (Tn/m ³)	Peso específico (Tn/m ²)	Brazo	Momento
1.50	2.8	4.2	1.25	5.24

4to Bloque:

Área (m ²)	Peso de roca (Tn/m ³)	Peso específico (Tn/m ²)	Brazo	Momento
1.00	2.8	1.4	1.50	4.20

$$\sum M = M = 12.95$$

$$W = 11.2$$

6. Cálculo de Fuerzas Actuantes

Momento de volcamiento producido por el empuje:

$$M = E * y$$

$$M = 3.101 * 1 = 3.101 T / m$$

7. Verificación por deslizamiento

Bajo la siguiente condición:

$$F = \frac{\sum w \tan(\phi)}{E} = \frac{(W_1 + W_2 + W_3 + W_4) * \tan(\phi)}{E} > 1.5$$

Reemplazamos:

$$SD = \frac{\sum w \tan(\phi)}{E} = \frac{(2.80 + 2.80 + 4.20 + 1.40) * T(19.9)}{2.79} = 1.521$$

$$1.521 > 1.5 \rightarrow O$$

8. Factor de Seguridad de Volcamiento

Cumpliendo la siguiente condición:

$$F = \frac{M}{M} > 2$$

$$F = \frac{12.95}{3.101} = 4.176$$

$$4.176 > 2 \rightarrow O$$

9. Verificación de las presiones sobre el terreno

$$X = \frac{M - M}{W}$$

$$X = \frac{12.95 - 3.101}{11.2} = 0.87$$

10. Cálculo de Excentricidad

$$e = \frac{B}{2} - X < \frac{B}{6}$$

$$e = \frac{2}{2} - 0.87 < \frac{3}{6}$$

$$0,13 < 0.33 \rightarrow 0$$

11. Verificación de presiones de contacto entre el suelo y el muro

$$\sigma_{1\sigma 2} = \frac{(W_1 + W_2 + W_3 + W_4)}{B} \left(1 \pm \frac{6e}{B} \right)$$

Se debe cumplir la condición $\sigma_{1\sigma 2} < \sigma_{\text{adm}}$ para que no existan tracciones y por ende el Ea no tienda a volcar el muro.

$$\sigma_{1\sigma 2} = \frac{(2.8 + 2.8 + 4.2 + 1.4)}{2} \left(1 + \frac{6(0.13)}{2} \right) = 8.518 T / m^2$$

$$\sigma_{1\sigma 2} = \frac{(2.8 + 2.8 + 4.2 + 2.8)}{2} \left(1 - \frac{6(0.03)}{2} \right) = 0.374 T / m^2$$

$$\sigma_{1\sigma 2} = 0.865 \frac{k}{c} < 1.42 \frac{K}{c} \rightarrow 0$$

$$\sigma_{1\sigma 2} = 0.038 \frac{k}{c} < 1.42 \frac{k}{c} \rightarrow 0$$

Diseño de muro de contención con voladizo

Se propone un muro de contención en voladizo:

Calicata 2

Peso específico del suelo (γ_{suelo}) = 1.867 Tn/m³

Sobre carga (sc) = 1.25

Ángulo de fricción interna (ϕ) = 23.65°

Resistencia del concreto ($F'c$) = 210 kg/cm²

Resistencia del acero ($F'y$) = 4200 kg/cm²

Resistencia del terreno (Gt) = 2.31 kg/cm²

Factor de seguridad por deslizamiento (FSD) = 1.50

Factor de seguridad por volteo (FSV) = 2.00

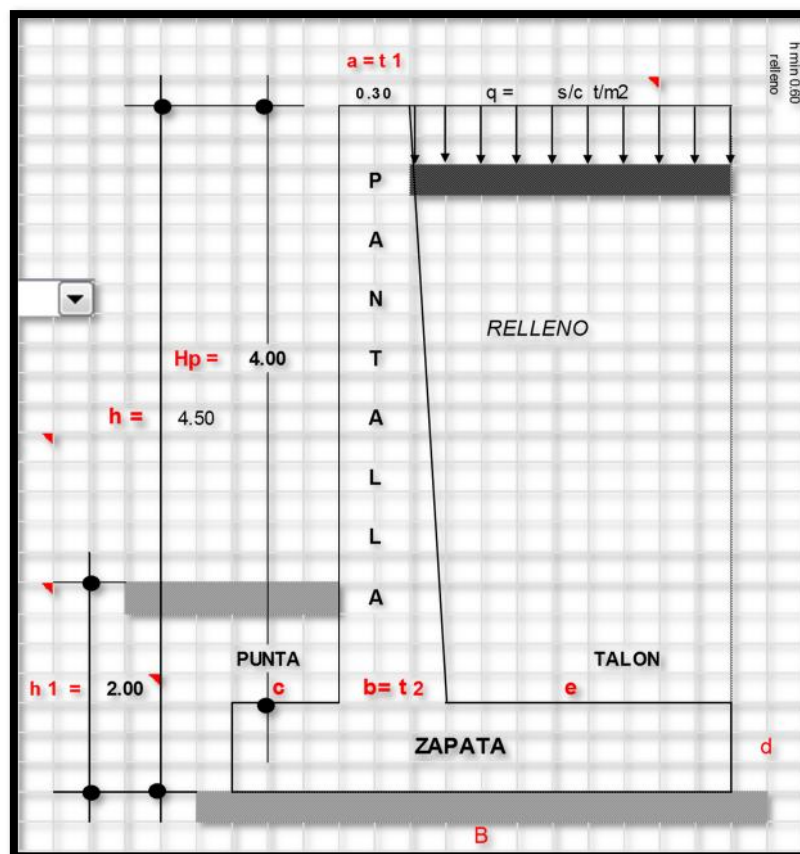


Figura 33 Esquema de muro de Contención con Voladizo

Fuente: Elaboración Propia

➤ Pre - dimensionamos

$$a = 30 \text{ m (a)}$$

$$b = \frac{4.50}{10} = 0.45 \text{ m}$$

$$B = 0.8 (4.50) = 3.60 \text{ m}$$

$$c = \frac{1}{3} (3.60) = 0.98 \dots R \quad 1.00 \text{ m}$$

$$d = b + 0.1 = 0.55$$

$$e = 3.60 - 1.00 - 0.45 = 2.15 \text{ m}$$

➤ Metrado de Cargas

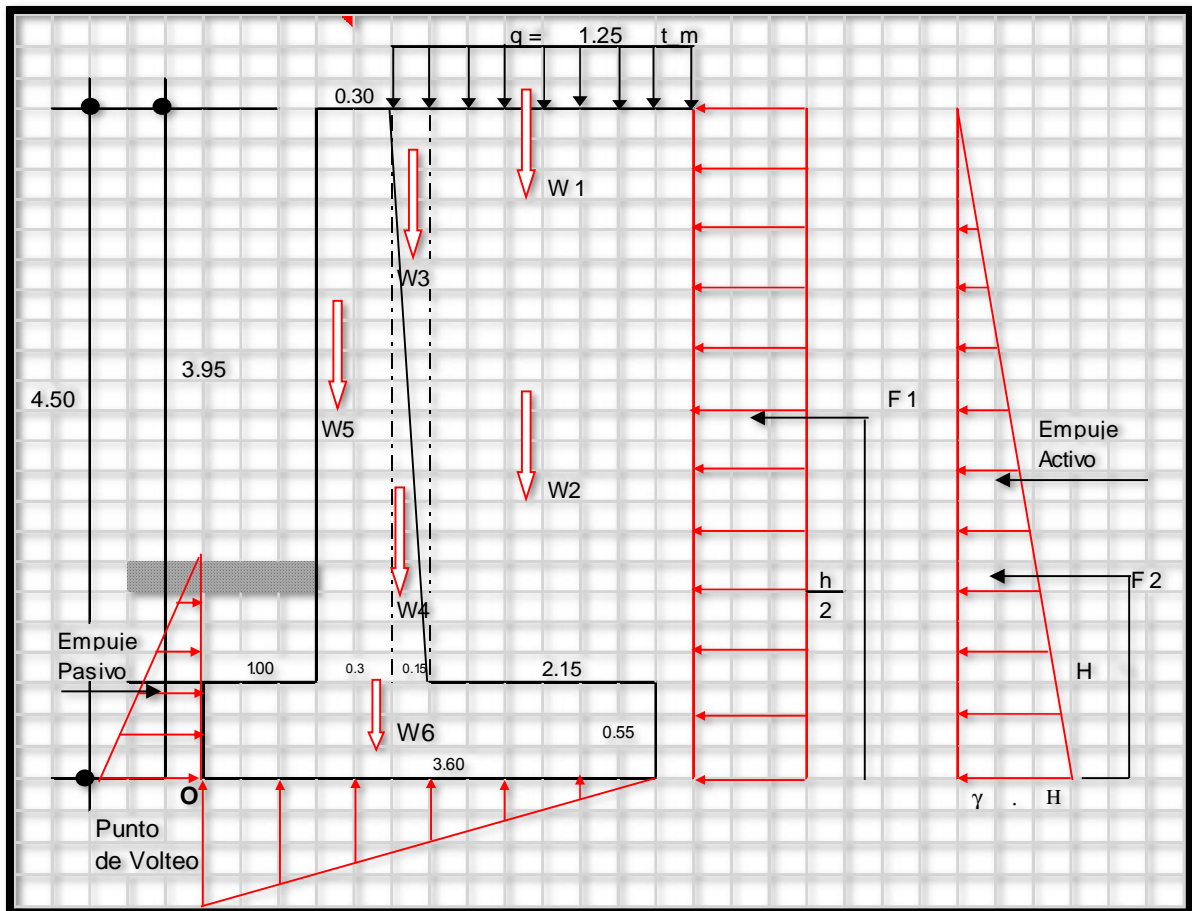


Figura 34. Metrado de cargas en muro de contención con voladizo

Fuente: Elaboración Propia

Fuerzas Verticales:

W1	1.25	2.30	1.00	2.875 KG
W2	24	5.59	1.00	132 KG
W3	24	0.195	1.00	5 KG
W4	2400	0.195	1.00	468 KG
W5	2400	0.78	1.00	1.872 KG
W6	2400	1.98	1.00	4.752 KG
			TOTAL	10.104 KG

Fuerzas horizontales:

➤ Cálculo del coeficiente activo de Rankine (K_a)

$$K = t_i^2 \left(45 - \frac{\phi}{2} \right)$$

$$K = t_i^2 \left(45 - \frac{24}{2} \right) = 0.427$$

Fuerza 1:

$$F1 = 1.25 * 2.60 * 1.00 * 0.427 = 1.389 \text{ k /c } 2$$

Ubicación:

$$F1 = \frac{H}{2} = \frac{4.00}{2} = 2M$$

Fuerza 2

$$\frac{1}{2} * 24 * 2.60^2 * 1.00 * 0.427 = 34.17 \text{ K}$$

Ubicación:

$$F2 = \frac{1}{3} (2.60) = 0.87 \text{ m}$$

➤ Estabilidad del muro al volteo

$$F \cdot V = \frac{\sum M}{\sum M \cdot h} \geq 2$$

Fuerzas Verticales estabilizadoras

PESO	W (Kg)	BRAZO (m)	MOMENTO (k-m)
W1	2875	2.60	1475.00
W2	132	2.60	343.73
W3	5	1.375	6.34
W4	468	1.375	643.50
W5	1872	1.150	2,152.80
W6	4752	1.80	8,553.60
MFf	10.104	MoFy	19,174.97

Fuerzas Verticales desestabilizadoras

PESO	W (Kg)	BRAZO (m)	MOMENTO (k-m)
F1	1389	2.00	2778.10
F2	34	0.87	29.73
MFf	1,423.22	MoFy	2,807.83

$$F = \frac{19,174.97}{2,807.83} = 6.83$$

$$6.83 > 2 \tilde{E} 2 0$$

➤ Estabilidad del muro por deslizamiento

$$F = \frac{\mu \sum F}{\sum Fh} \geq 1.5$$

$$\mu = t \cdot \phi \leq 0.60$$

$$\mu = 0.438 \leq 0.60$$

$$F = \frac{0.438 * 10.104}{1432.22} = 3.11$$

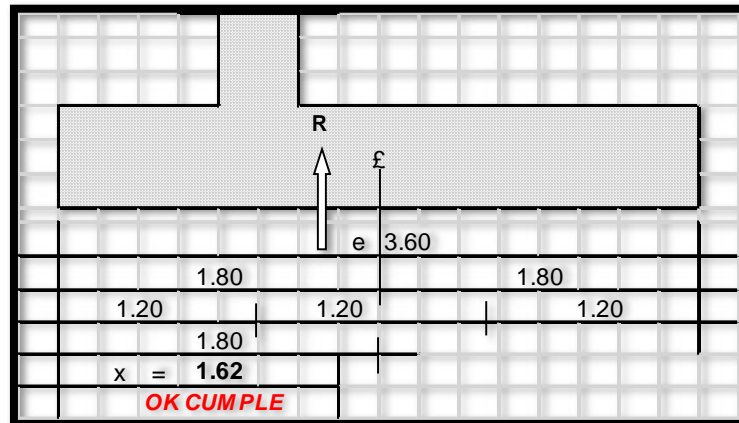
$$3.11 > 1.50 \tilde{E} 0$$

➤ Estabilidad para capacidad portante del terreno de cimentación

Cálculo de la ubicación de la resultante:

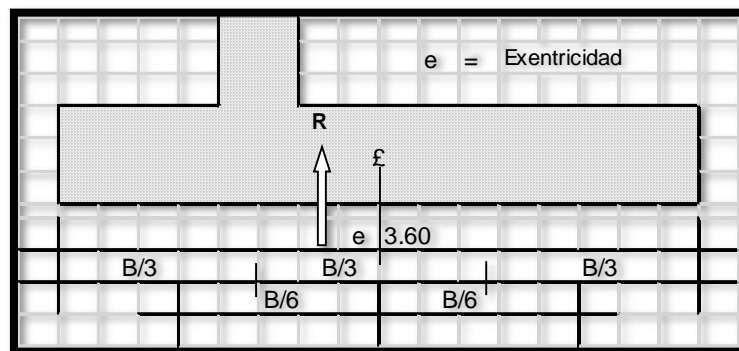
$$x = \frac{\sum M}{\sum F} * x = \frac{\sum M F - \sum M h}{\sum F}$$

$$x = \frac{19,174.97 - 2807.83}{10,104} = 1.62$$



Excentricidad

$$e = \frac{B}{2} - x$$



$$e = \frac{3.60}{2} - 1.62 = 0.180$$

$$\frac{B}{6} = \frac{3.60}{6} = 0.60$$

Cálculo de la presión actuante

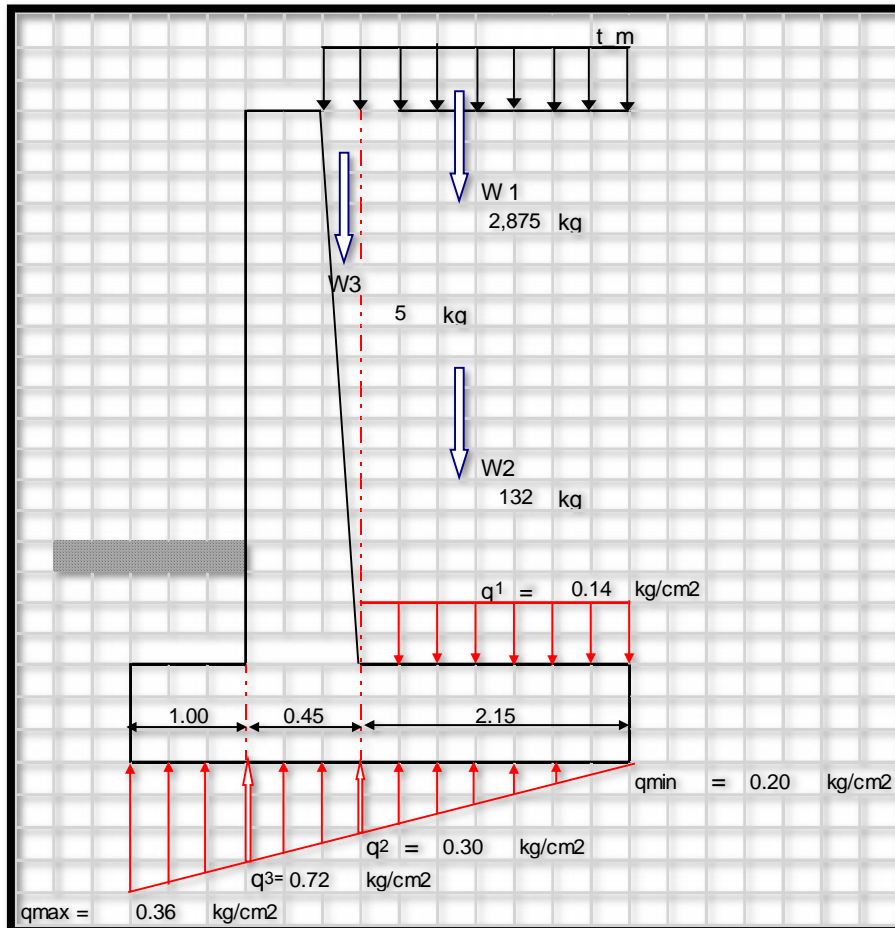
$$q = \frac{\sum F}{A} \left(1 \pm \frac{6e}{B} \right)$$

$$q = \frac{10,104}{1 * 3.60} \left(1 \pm \frac{6 * 0.18}{3.60} \right)$$

$$q = 0.36 \frac{k}{m^2}$$

$$q = 0.20 \frac{k}{m^2}$$

$$q, q' < 2.31 \ddot{E} o$$



$$q = \frac{w1 + w2 + w3}{A t i \acute{o}n} = \frac{2.875 + 132 + 5}{2.15 * 1.00} = 0.14 k / c^2$$

$$\frac{2.15}{x} = \frac{3.60}{0.17} \ddot{E} x = 0.101 \ddot{E} q2 = 0.20 + x$$

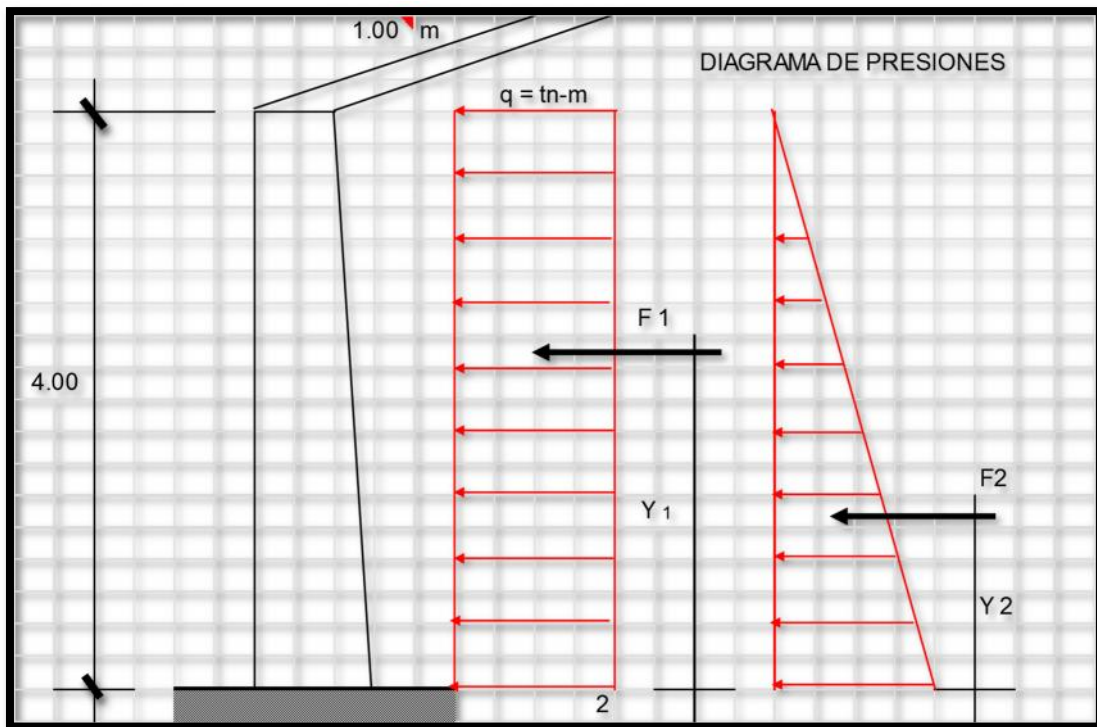
$$q2 = 0.20 + 0.101 = 0.30 k / c^2$$

$$\frac{2.15 + 0.45}{y} = \frac{3.60}{0.17} \ddot{E} y = 0.522 \ddot{E} q3 = 0.20 + y$$

$$q3 = 0.20 + 0.522 = 0.72 k / c^2$$

➤ Cálculo de los momentos flectores y fuerzas cortantes

En la pantalla



Momento flector

$$F1 = (q \cdot h \cdot 1.00m) \cdot K$$

$$F1 = (1250 \cdot 2.60 \cdot 1.00) \cdot 0.427 = 1389.50 \text{ k}$$

$$y1 = \frac{h}{2} = \frac{2.60}{2} = 1.3$$

$$F2 = \frac{1}{2} (\gamma \cdot h^2 \cdot 1.00m) \cdot K$$

$$F2 = \frac{1}{2} \cdot 24 \cdot 2.60 \cdot 17 \cdot 1.00 \cdot 0.427 = 34.17 \text{ k} \approx 0.03 \text{ t} - \text{m}$$

$$y2 = \frac{1}{3} (4.00) = 1.33 \text{ m}$$

Momento último

$$M = (1389.05 \cdot 1.3) + (34.17 \cdot 1.33) = 1852.32 \text{ k} - \text{m}$$

Fuerza Cortante

Fuerza cortante actuante

$$V = F1 + F2$$

$$V = 1389.05 + 34.17 = 1423.22 \text{ k}$$

Esfuerzo cortante (μ)

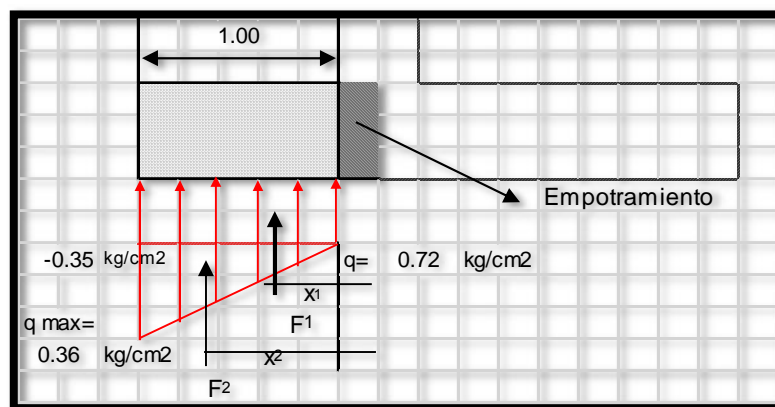
$$\mu = \frac{1423.22}{100 * 40} = 0.36 \text{ k / c }^2$$

Esfuerzo cortante resistente al concreto (μ_c)

$$\mu_c = 0.85 * 0.53 * \sqrt{210} = 6.53 \text{ k / c }^2$$

$$\mu_c = 6.53 \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2} > \frac{0.36 \text{ k}}{\text{c }^2} \text{ E } o$$

En la punta



Momento flector

$$F1 = (0.72 * 1.00) * 1.00 = 7.186 \text{ k}$$

$$X1 = \frac{1.00}{2} = 0.50 \text{ m}$$

$$F2 = \frac{1}{2} * 1 * -0.35 * 1 = -1768.65 \text{ k}$$

$$X2 = \frac{2}{3} (1.00) = 0.67m$$

Momento último

$$M = (7.186 * 0.5) + (-1768.64 * 0.67) = -4772.28 k - m$$

Fuerza Cortante

Fuerza cortante actuante

$$V = F1 + F2$$

$$V = 7.186 + -1768.64 = 5417.73 k$$

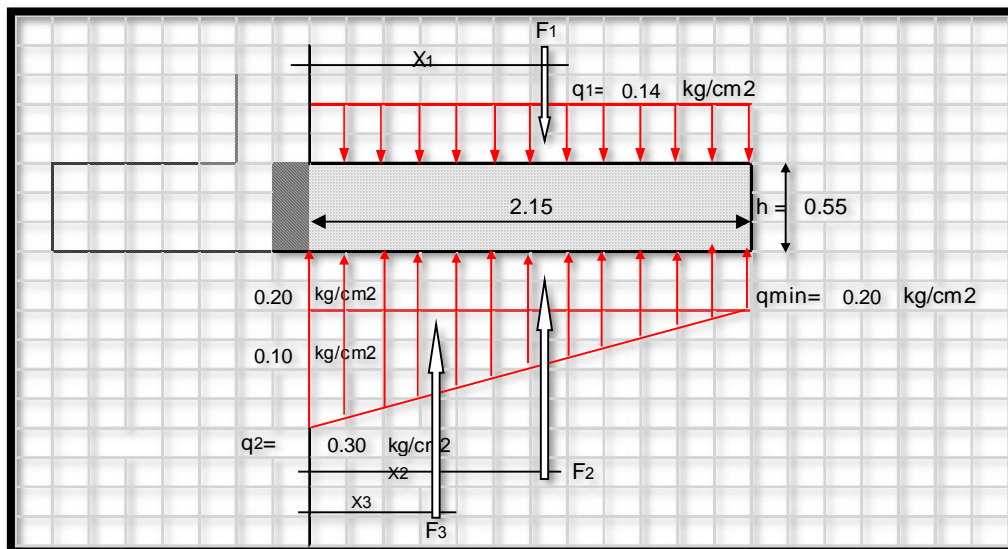
Esfuerzo cortante (μ)

$$\mu = \frac{5417.73}{100 * 40} = 1.35 k / c^2$$

Esfuerzo cortante resistente al concreto (V_c)

$$V_c = 0.85 * 0.53 * 14.19 = 6.53 k / c^2$$

En el talón



$$F1 = 0.14 * 215 * 100 = 3011.82 k$$

$$X1 = \frac{2.15}{2} = 1.80 m$$

$$F2 = 0.20 * 215 * 100 = 4222.92 \text{ k}$$

$$X2 = \frac{2.15}{2} = 1.08 \text{ m}$$

$$F3 = 1081.75$$

$$X2 = \frac{1}{3} * 2.15 = 0.72 \text{ m}$$

Momento flector

$$M = (F2 * X2) + (F3 * X3) - (F1 * X1)$$

$$M = (4222.92 * 1.08) + (1081.75 * 0.72) - (3.012 * 1.08) = 8552.6 \text{ k /c}^2$$

Fuerza cortante:

$$V = F1 - F2 - F3$$

$$V = 3011.82 - 4222.92 - 1081.75 = -2.292.86 \text{ k /c}^2$$

Esfuerzo cortante actuante:

$$\mu = \frac{V}{b} = \frac{-2.292.86}{100 * 40} = -0.57 \text{ k /c}^2$$

Esfuerzo cortante resistente al concreto:

$$V = 0.85 * 0.53 * \sqrt{210} = 6.53 \frac{\text{k}}{\text{c}^2} \text{ E o}$$

➤ Diseño del acero

1. Acero en Pantalla

a) Acero principal

As =	ρ	b	d		
As =	0.0005	100	40	= 2.00	
As =	2.00	cm ²			
As =	2.00	⇒	4	∅ 1/2"	= 6.07
					OK CUMPLE

S =	25.00	Asumido	→	0.25	m
→	USAR	4	∅ de	1/2	@ 0.250 ml

b) Acero mínimo vertical

Asmin (vertical) =	0.0015	100	40	
Asmín =	6	cm2		
As princ	6.07	>	As min 6	OK CUMPLE

2. Acero secundario principal

Arriba

a) Acero vertical en la cara exterior

As =	4.80	cm2				
As =	4.80	→	3	∅	1/2" = 5.00	OK CUMPLE
S =	$\frac{1.27}{5.00}$	x	100			
S =	25.34	Asumido	→	0.35	m	
→	USAR	3	∅ de	1/2	@ 0.35 ml	

b) Acero secundario principal

Cara interior

As =	2.00	cm2			0.71	
As =	6.00	→	5	∅	3/8" = 6.00	OK CUMPLE
S =	$\frac{0.71}{6.00}$	x	100		0.95	
S =	11.88	Asumido	→	0.20	m	
→	USAR	5	∅ de	3/8	@ 0.20 ml	

Cara exterior

As = 2.50 cm²

As = 7.50 → 11 Ø 3/8" = 7.84 **OK CUMPLE**

$S = \frac{0.71}{7.84} \times 100$

S = 9.09 Asumido → 0.15 m

→ USAR 11 Ø de 3/8 @ 0.15 ml

Cara intermedia

Cara interior

As = 2.50 cm²

As = 7.50 → 8 Ø 3/8" = 8.00 **OK CUMPLE**

$S = \frac{0.71}{8.00} \times 100$

S = 8.91 Asumido → 0.15 m

→ USAR 8 Ø de 3/8 @ 0.15 ml

Cara exterior

As = 5.00 cm²

As = 5.00 → 6 Ø 3/8" = 5.00 **OK CUMPLE**

$S = \frac{0.71}{5.00} \times 100$

S = 14.25 Asumido → 0.20 m

→ USAR 6 Ø de 3/8 @ 0.20 ml

Cara inferior

Cara interior

As = 3.00 cm²

As = 3.00 → 2 Ø 1/2" = 3.00

OK CUMPLE

$S = \frac{1.27}{3.00} \times 100$

S = 21.11 Asumido → 0.25 m

→ USAR 2 Ø de 1/2 @ 0.25 ml

Cara exterior

As = 6.00 cm²

As = 6.00 → 4 Ø 1/2" = 6.00

OK CUMPLE

$S = \frac{1.27}{6.00} \times 100$

S = 21.11 Asumido → 0.250 m

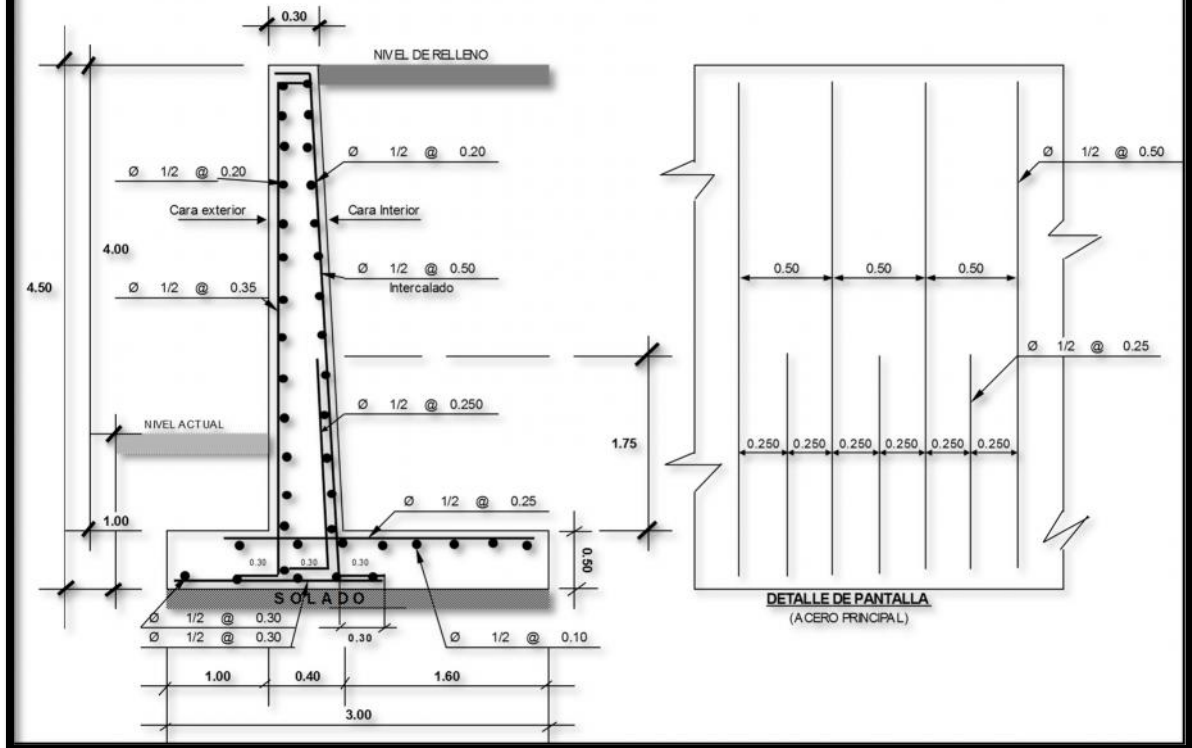
→ USAR 4 Ø de 1/2 @ 0.25 ml

Figura 35 Muro de Contención con voladizo – Diseño

Fuente: Elaboración Propia

Los resultados de los cálculos del muro de contención con gavión y el muro de contención con voladizo cumplen con satisfacer a las hipótesis planteadas porque se encuentran dentro del rango de seguridad ante el deslizamiento y ante el volteo lo que los hace factibles para ser ejecutados como protección de las riberas río Huaycon sin correr el riesgo de que ocurran fallas o derrumbes.

DISEÑO DE MURO DE CONTENCIÓN EN VOLADIZO



V. DISCUSIÓN

Hipótesis general: Establece que se podrá evitar la erosión si se refuerza adecuadamente las laderas donde se podrían producir socavación

A partir de los resultados obtenidos en la presente investigación, los cuales fueron: el estudio de mecánica de suelos concluye que los suelos que predominan en el terreno de la zona a intervenir son de material arcilloso con arena lo cual se evaluó a fondo para el dimensionamiento y diseño de los muros de gavión y muros de concreto armado con voladizo. Los cálculos para el diseño de gaviones que se utilizaron para la defensa ribereña han dejado muestras favorables de los resultados en estabilidad, volteo, deslizamiento y reacción del suelo, además de que son económicos y resultan muy agradables a la vista ya que en el caso del muro gavión se utiliza material de la zona y en el caso del muro de contención con voladizo su única función es la de proteger las riberas por lo mismo la estructura no interfiere en el paisaje. Es muy importante conocer las condiciones del terreno al que nos enfrentamos al momento de diseñar estos dos tipos de defensa ribereña porque el peso del gavión y del muro de contención influye mucho en su resistencia y durabilidad. Según nuestro criterio concluimos que la mejor opción de defensa ribereña en esta zona (C-1) es la de los muros de contención con gavión que presentan mayor estabilidad y vida útil y en la zona adyacente (C-2) se afirma que la mejor opción de defensa ribereña es el muro de contención con voladizo.

Estos resultados contrastan con lo que sostiene (Castro Castillo, y otros, 2019) en su tesis titulada “Diseño hidráulico y estructural de defensa ribereña en el río Moche, entre el tramo Cerro Blanco – Menocucho, Trujillo 2018” donde se obtuvo resultados similares en el estudio de mecánica de suelos la cual resulto en arena limosa sin plasticidad. En este suelo se propuso el muro con gaviones y muro de contención, con lo cual se logró proteger las riberas del río Moche, la cual no contaba con una defensa ribereña.

Es así que se acepta la hipótesis general que afirma que *se podrá evitar la erosión si se refuerza adecuadamente las laderas donde se podría producir socavación en el río Huayccon*, lo cual es correcto y se comprueba porque al construir una defensa ribereña considerando todas las características del comportamiento del cauce de río se disminuye la probabilidad de que en estas zonas críticas exista desprendimiento de material sólido gracias a la velocidad del cauce, además que

esta hipótesis posee coherencia con el objetivo general planteado de *proponer el diseño estructural que permita proteger de la erosión e inundación causadas por el río Huayccon*, ya que se cumplió con este objetivo.

Hipótesis específica N° 1: El estudio Hidrológico permite determinar las máximas avenidas del río Huayccon.

A partir de los resultados obtenidos en la presente tesis, en la cual se puede determinar las máximas avenidas del río Huayccon con la tabla de distribuciones de probabilidades que se ha calculado con el método Gaussiana, Gamma, Log – PEARSON III y Gumbel. Aunque solo se tengan registros de precipitaciones desde el año 1990 hasta el año 2018 lo cual lo dificulta, pero no lo restringe porque existen métodos como el levantamiento topográfico y antecedentes registrados en las diversas instituciones que nos ayudan a la causa.

La recolección de información hidrológica fue muy complicada lo cual causó dificultad en la operación de los cálculos para el diseño de muro de gavión y muro de contención; nos referimos a que el Servicio Nacional de Meteorología no cuenta con pluviómetro en la zona, el más cercano se encuentra en la región de Ayacucho, este instrumento es el que mide las precipitaciones y con ellas se puede calcular los caudales máximos. Se acudió a la Autoridad Nacional de Agua, la cual refiere que no cuenta con lecturas de caudales en la provincia de Andahuaylas porque no existe una estación en esta zona.

Fue necesario acudir a la ayuda de un estudio hidrológico para poder calcular el caudal máximo de diseño que se va a utilizar, en este estudio se utilizaron datos de 4 diferentes estaciones pluviométricas cercanas a la sub cuenca Pacucha, estas son la de Andahuaylas, Huancaray, Uripa y Andarapa; con estos datos y su promedio se realizó un análisis de precipitaciones máximas en 24 horas mediante la distribución Gaussiana, distribución Hamma. Log – Pearson II y Gumbel. Con estos datos y luego de pasar por un análisis de pruebas de ajuste se procedió a reconocer las curvas de intensidad – duración y frecuencia, pero al no contar con datos pluviométricos históricos se hace necesario utilizar el método de DICK PESCHKE, método que arroja hietograma medidas en mm/hr. El resultado final del estudio hidrológico y cálculo del caudal máximo se calcula mediante el programa

HEC-HMS (Hydrologic Engineering Center's Hydrologic Modeling System), el cual arroja que para un periodo de retorno ($T=100$), el caudal máximo será de 78.07 m³/s.

Los resultados obtenidos para la primera hipótesis específica se contrastan con los resultados de (ALVARO Aguilar, y otros, 2014) en la tesis "Diseño hidráulico y estructural de defensa ribereña del río Chicama tramo puente Punta Moreno – Pampas de Jaguey aplicando el programa River" donde concluye que para obtener el caudal de diseño utilizó el método estadístico en el programa River, al finalizar utilizó los tres métodos probabilísticos para el cálculo de caudales que va a determinar las máximas avenidas y concluye que Pearson III es el más apropiado, el caudal calculado es de 1,134.84 m³/s.

Es así que se acepta la primera hipótesis específica que refiere que *el estudio Hidrológico permite determinar las máximas avenidas del río Huaycon*, lo cual se confirma y comprueba ya que el cuadro de distribución de probabilidades nos muestra las máximas avenidas en distintos periodos de retorno, esta hipótesis presenta relación con el primer objetivo específico planteado de *detallar el estudio Hidrológico del río Huaycon ya que se cumplió con dicho objetivo*.

Hipótesis específica N° 2: El estudio topográfico adecuado permite modificar las zonas erosionables del río Huaycon

A partir de los resultados obtenidos en la presente tesis en la cual gracias al levantamiento topográfico se han identificado las zonas erosionables y más críticas de todo el tramo en estudio del río Huaycon, quiere decir que se puede modificar estas zonas para evitar la erosión y la socavación, además nos facilita la pendiente del río que es 4.61% lo cual es una pendiente muy baja.

Cuando se realizó el levantamiento topográfico de la zona de estudio nos muestra que la margen derecha del río Huaycon se encuentran erosionados, presentándose zonas críticas que influyen mucho cuando ocurren las inundaciones en épocas de máximas avenidas. En la zona de la calicata 1 se ha proyectado los muros de contención con gaviones como defensa ribereña y en la zona de la calicata 2 se ha propuesto la construcción de un muro de contención con voladizo,

estas elecciones se hicieron gracias al levantamiento topográfico porque no existe equipos que midan las precipitaciones ni caudales máximos en la zona.

Estos resultados obtenidos contrastan con la tesis de (FLORES Apaza, 2015) en su tesis denominada “Propuesta y análisis de diseño de defensas ribereñas en el río llave zona rural C.P. Santa Rosa de Huayllata – llave” donde concluye que la característica de baja pendiente que se obtuvo gracias al levantamiento topográfico resulta ser un gran problema donde pueden ocurrir inundaciones en épocas de máximas avenidas llegando a tener 1203 m²/s en periodos de retorno de 50 años.

Por lo tanto, se acepta la segunda hipótesis específica que establece que *el estudio topográfico adecuado permite modificar las zonas erosionables del río Huaycccon*, la cual concuerda con el segundo objetivo específico *de realizar el estudio topográfico para crear islas en zonas erosionables del río Huaycccon*, puesto que se cumplió con el objetivo.

Hipótesis específica N° 3: El reforzamiento estructural adecuado evitará que se produzca la socavación y erosión de riberas del río Huaycccon

A partir de los resultados obtenidos en relación al reforzamiento estructural adecuado se ha discutido en la elección del método más adecuado en defensa ribereña como ya se ha mencionado anteriormente los muros de gaviones y los muros de contención cumplen con la resistencia requerida, seguridad al volcamiento y al deslizamiento. En la zona de C-1 nuestra elección se basó en que los muros de gaviones tienen la propiedad de dejar un 20% de vacío lo cual es favorable para reducir la erosión y socavación, los resultados obtenidos fueron seguridad al deslizamiento siendo $1.521 > 1.50$, así como al volcamiento con un valor de $4.176 > 2$, la verificación de presiones sobre el terreno con el cálculo de la excentricidad es $0.13 < 0.33$ y la verificación de presiones de contacto entre el suelo y el muro es igual a $0.86 \text{ Kg/cm}^2 < 1.42 \text{ Kg/cm}^2$ y $0.037 \text{ Kg/cm}^2 < 1.42 \text{ Kg/cm}^2$; el mantenimiento de esta estructura resulta ser fácil porque al estar compuesta de materiales preferentes de la zona su recomposición es factible tomando en cuenta también que se encuentra cerca al puente Laguna. En la zona de la C-2 se ha elegido el muro de contención con voladizo porque se ha analizado la forma en que el cauce del río llega en épocas de máximas avenidas, además de que no cuenta

con una ladera alta, la curvatura que presenta el río en esta zona puede causar que las aguas provoquen erosiones muy graves, este muro cumple con todos los requisitos para ser defensa ribereña en esta zona como es el factor de seguridad al deslizamiento $3.11 > 1.50$, factor de seguridad al volcamiento $6.83 > 2.00$, la verificación de presiones sobre el terreno con el cálculo de la excentricidad es $0.18 < 0.60$ y la verificación de presiones de contacto entre el suelo y el muro es igual a $0.36 \text{ Kg/cm}^2 < 2.31 \text{ Kg/cm}^2$ y $0.20 \text{ Kg/cm}^2 < 2.31 \text{ Kg/cm}^2$ por lo que no se contempla utilizar más recursos en obras sobre dimensionadas que cumplirían la misma función.

Los resultados obtenidos para la presente tesis contrastan con lo que sostiene (PAUCAR LLANCARI, y otros, 2014) en su tesis "Propuesta técnica para la protección de la carretera Ocopa - Anchonga - Km 06+500, afectado por la erosión del río Lircay" donde concluye que el muro con voladizo planteado por ellos cumple con todos los parámetros y el redimensionamiento planteado, la base de muro que proponen es de 2.5m, altura de zapata de 0.50m y altura de muro de 4.00m, estas mismas fueron calculadas con las fórmulas de Rankine y Coulomb, mencionan también que hacen una comparación entre el muro de contención con voladizo y el muro convencional de gravedad y el primero ha resultado ser mucho más barato considerando que los dos cumplen la misma función y cumplen también los parámetros de seguridad, esto se debe al uso de materiales, maquinaria y mano de obra.

Por lo tanto, se acepta la tercera hipótesis específica que establece *que el reforzamiento estructural adecuado evitará que se produzca la socavación y erosión de riberas del río Huaycon en el distrito de Pacucha, provincia de Andahuaylas del departamento de Apurímac*, además tiene coherencia con el tercer objetivo específico de *detallar el reforzamiento de las riberas del río Huaycon* ya que se cumplió y probó el presente objetivo.

VI. CONCLUSIONES

Primero: Para el objetivo general sobre proponer el diseño estructural que permita proteger de la erosión e inundación causadas por el río Huaycon concluimos que al realizar el diseño hidráulico y estructural del muro gavión en los puntos críticos se logró satisfacer sus necesidades en lo referente a defensa ribereña para evitar erosión y socavación, para estos resultados fue necesario calcular el empuje activo, el coeficiente activo, el momento de volcamiento, el volumen de cada bloque, el peso de los bloques, el cálculo de la cuña del suelo sobre cada bloque, el cálculo del momento estabilizante, el factor de seguridad del volcamiento, el factor de seguridad del deslizamiento, el punto de aplicación de la normal y el cálculo de la excentricidad, todos los resultados de los cálculos cumplieron con las condiciones dadas para el diseño.

Segundo: Al respecto del primer objetivo específico sobre detallar el estudio Hidrológico del río Huaycon se realizó el estudio Hidrológico y se obtuvo como resultado que nuestro caudal máximo para un periodo de retorno de 100 años ($T=100$) es igual a 78.07 m³/s esto bajo el método de distribución probabilística y elaborado con el programa HEC-HMS (Hydrologic Engineering Center's Hydrologic Modeling System)

Tercero: Al respecto del segundo objetivo específico se realizó el estudio topográfico para crear islas en zonas erosionables del río Huaycon. Concluimos en que realizar el levantamiento topográfico del Río Huaycon en el tramo seleccionado para el tema de estudio incluyó el uso de personal y equipos topográficos los cuales nos ofrecieron luego del trabajo de campo los puntos para obtener los relieves, curvas de nivel y orografía. Se muestra que la zona es llana, que la pendiente más crítica es del 3.5% y que existe dos puntos críticos con similares características. Identificando los puntos críticos del tramo en estudio del río Haycon se proyectó en estas zonas el dimensionamiento de las islas erosionables que en este caso vienen a ser los muros de gaviones. Todo este proceso se logró gracias al levantamiento topográfico que obtuvo puntos que luego se llevaron a programas de ingeniería como el Civil 3D, en este se pudo obtener las curvas de nivel de la zona.

Se logró identificar los puntos críticos del tramo en estudio del río Hayccon para generar en estas zonas el dimensionamiento de las islas erosionables que en este caso vienen a ser los muros de gaviones. Todo este proceso se logró gracias al levantamiento topográfico que obtuvo punto que luego se llevaron a programas de ingeniería como el Civil 3D, en este se pudo obtener las curvas de nivel de la zona.

Cuarto: Al respecto del tercer objetivo específico sobre detallar el reforzamiento de las riberas del río Huayccon. Se especifica el reforzamiento estructural de las riberas del río Huayccon a través de los muros de gaviones y muro de contención con voladizo propuestos en las zonas críticas y bajo las condiciones de diseño que se presentan en esta investigación. Para el caso del muro con gavión los valores calculados están dentro de los rangos de factores de seguridad al deslizamiento siendo $1.521 > 1.50$, así como al volcamiento con un valor de $4.176 > 2$, la verificación de presiones sobre el terreno con el cálculo de la excentricidad es $0.13 < 0.33$ y la verificación de presiones de contacto entre el suelo y el muro es igual a $0.86 \text{ Kg/cm}^2 < 1.42 \text{ Kg/cm}^2$ y $0.037 \text{ Kg/cm}^2 < 1.42 \text{ Kg/cm}^2$. Para el muro de contención con voladizo se obtuvo los siguientes valores: factor de seguridad al deslizamiento $3.11 > 1.50$, factor de seguridad al volcamiento $6.83 > 2.00$, la verificación de presiones sobre el terreno con el cálculo de la excentricidad es $0.18 < 0.60$ y la verificación de presiones de contacto entre el suelo y el muro es igual a $0.36 \text{ Kg/cm}^2 < 2.31 \text{ Kg/cm}^2$ y $0.20 \text{ Kg/cm}^2 < 2.31 \text{ Kg/cm}^2$.

Al realizar el estudio de mecánica de suelos se obtuvo el tipo de suelo con el que se iba a trabajar, se extrajeron dos muestras a 2 metros de profundidad cada una, el resultado fue que para la calicata 1 el suelo es de tipo "SC" y para la calicata 2 el suelo es de tipo GW que significa arcilla orgánica y grava bien graduada correspondientemente por el método de SUCS, se tienen resultados de los límites de Atterberg los cuales son para la calicata 1 los siguientes: $LL= 39.4\%$, $LP= 27.0\%$, $IP= 12.4\%$ con un contenido de humedad de 14.5% ; mientras que para la calicata 2 se tienen los resultados siguientes: $LL= NP$, $LP= NP$, $IP= NP$ con un contenido de humedad de 8.0% .

VII. RECOMENDACIONES

Primera: Respecto al objetivo general sobre *proponer el diseño estructural que permita proteger de la erosión e inundación causadas por el río Huayccon*, se recomienda hacer uso de los diseños planteados en esta investigación ya que han demostrado su funcionalidad ante los eventos hidrológicos descritos.

Segunda: Respecto al primer objetivo específico planteado sobre *detallar el estudio Hidrológico del río Huayccon*, se recomienda a las entidades encargadas de los pronósticos meteorológicos como son SENAMHI Y ANA que se deben encargar del proceso de instalación de estaciones pluviométricas en la zona de la provincia de Andahuaylas para así poder acceder a información básica sobre el comportamiento de los ríos y las precipitaciones que ocurrirán más adelante.

Tercera: Respecto al segundo objetivo específico planteado sobre *realizar el estudio topográfico para crear islas en zonas erosionables del río Huayccon*, se recomienda utilizar los datos recolectados en la presente tesis para hacer el reconocimiento de las zonas críticas en donde se plantean las islas erosionables, además se recomienda a la población de la zona de Ancopaccha solicitar los estudios topográficos del río Huayccon para mantenerse actualizados de los cambios en niveles de terreno que sufra este río con el fin de prevenir desastres naturales alertando a las autoridades correspondientes a través de su presidente comunal.

Cuarta: Respecto al tercer objetivo específico planteado sobre *detallar el reforzamiento de las riberas del río Huayccon*, se recomienda utilizar los resultados de los cálculos obtenidos en la presente tesis porque cumplen con los factores requeridos ante el problema planteado lo cual demuestra su funcionalidad, además se recomienda que luego de la construcción de las defensas ribereñas, las unidades ejecutoras deben asegurarse de guardar el mantenimiento correspondiente de estas estructuras a fin de salvaguardar la vida útil y aportar a su funcionamiento.

Quinta: Se recomienda a la Municipalidad distrital de Pacucha que agote esfuerzos en intervenir el área de estudio donde se realizó la presente investigación porque es indispensable para la población de este lugar la protección de sus tierras de cultivo como las de sus viviendas, los métodos a utilizar para la defensa ribereña se muestran en esta investigación lo cual servirá de guía y apoyo para la construcción de estas estructuras. Los muros de

contención con gavión y los muros de contención con voladizo son accesibles y de bajo costo, ocupando mano de obra y materiales de la zona, esto aporta en gran ayuda a la factibilidad de poder ejecutar el proyecto, además de que esta institución es responsable por los eventos climatológicos que ocurran y que afecten al distrito, dicho eso se debe prevenir proteger las riberas del río Huayccon antes de las fechas en donde se generan

REFERENCIAS

1. **ACERO Nicanor, Victor Clemente y Moreno Huamán, Alejandro. 2018.** *Diseño de defensa ribereña del río Pomabamba, en el tramo puente Los Baños distrito de Pomabamba - provincia Pomabamba - Ancash.* Universidad Cesar Vallejo, Huaráz, Perú : 2018.
2. **ALANYA Barzola, Edison Enrique. 2017.** *Sistema de prevención y control de erosión en la ribera del río San Fernando ramo Chayhuamayo - Shucusma, Huancayo - Junín.* Universidad Peruana de los Andes, Huancayo, Perú : 2017.
3. **AL-HOMOUND, Azm S. y WITHMAN, Robert V. 1992.** *Evaluating tilt of gravity retaining walls during earthquakes.* Massachusetts : s.n., 1992. Vol. 1. 9054100605.
4. **ALVAREZ Ticllasuca, Adiel. 2019.** *Análisis temporal del nivel de la erosión hídrica de la subcuenca del río Ichu 2013 y 2017.* Universidad Nacional de Huancavelica, Huancavelica, Perú : 2019.
5. **ALVARO Aguilar, Luther Marcelo y Henriquez Fasanado, Luis Anselmo. 2014.** *Diseño hidráulico y estructural de defensa ribereña del río Chicama tramo puente Punta Moreno - Pampas de Jaguey aplicando el programa RIVER.* Universidad Privada Antenor Orrego, Trujillo, Perú : 2014.
6. **ARIAS, Fidas G. 2012.** *El Proyecto de la Investigación - Introducción a la metodología científica.* Caracas : Editorial Episteme, 2012. 980-07-8529-9.
7. **BALLÓN Benavente, Andrés y Echenique Sosa, Jose Francisco. 2017.** *Análisis de estabilidad de muros de contención de acuerdo a las zonas sísmicas del Perú.* Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas, Lima, Perú : 2017.
8. **BALTAZAR Coyoja, Jorge Ricardo. 2009.** *Diagnóstico de la situación del río Colina y análisis de su estabilidad frente a crecidas pluviales.* Universidad de Chile, Santiago de Chile, Chile : 2009.
9. **BIN Md Ali, Anuar. 2018.** *Flood Inundation Modeling and hazard mapping under uncertainty in the sungai johor basin Malaysia.* Universidad Putra - Malaysi, Serdang, Delft : 2018.

10. **BRAJA M., Das. 2001.** *Principios de Ingeniería de Cimentaciones.* s.l. : International Thomson Editores, 2001.
11. **Castro Castillo, Fiorela y Sánchez Poma, Alex Francis. 2019.** *Diseño hidráulico y estructural de defensa ribereña en el río Moche, entre el tramo Cerro Blanco - Menocucho, Trujillo 2018.* Universidad Cesar Vallejo, Trujillo, Perú : 2019.
12. **Cepeda Ávila, Yuli y Velandia Zarate , Lyda. 2013.** *Estimación del caudal ecológico del río Calandaima en el departamento de Cundinamarca, utilizando el método IHRA (Ingeniería hidráulica de ríos y acequias).* Universidad Libre de Colombia, Bogotá, Colombia : 2013.
13. **COCHACHIN Villanueva, Roger David. 2014.** *Diseño de muro de gaviones para la protección de la margen izquierda del río Mosna en el tramo KM 17+000 al KM 17+330 en el distrito de Chavín, aplicando HEC RAS, 2013.* Universidad Nacional Santiago Antunez de Mayolo, Huaraz, Perú : 2014.
14. **CUZCO Minchán, Julio César. 2018.** *Comparación del comportamiento estructural de murps de contención en gravedad, voladizo y contrafuertes.* Universidad Nacional de Cajamarca, Cajamarca, Perú : 2018.
15. **DJUMA, Hakan y PRASUHN, Volker. 2015.** *Soil erosion by water.* Luxemburgo : JRC Science Hub, 2015. 978-92-79-54018-9 .
16. **ENCISO Navarro, Pavel Danny. 2015.** *Estudio Hidráulico y Estimación de la Socavación en el puente Interconexión Muyurina - Ayacucho.* Universidad Nacional de San Cristobal de Huamanga, Ayacucho, Perú : 2015.
17. **ESCOBAR Valdebenito, Diego Ignacio. 2019.** *Estimación de la erosión hídrica en zona semiárida del norte chileno mediante la ecuación universal de pérdida de suelo (USLE): El caso de Punitaqui (IV Región de Coquimbo).* Universidad de Chile, Santiago : 2019.
18. *Failure modes of gabion retaining walls.* **GRODECKI, Michal. 2015.** Cracovia : s.n., 2015.

19. **FATTORELLI, Sergio y FERNANDEZ, Pedro C. 2011.** *Diseño Hidrológico*. 2. s.l. : WASA - GN Water Assessment & Advisory Global Network, 2011. 978-987-05-2738-2.
20. **FLORES Apaza, Orestes Omar. 2015.** *Propuesta y análisis de diseño de defensas ribereñas en el río Ilave zona rural C.P. Santa Rosa de Huayllata-Ilave*". Universidad Nacional del Altiplano, Puno, Perú : 2015.
21. **FRAQUET Bernis, Josep Maria y Querol Gómez, Antonio. 2010.** *Nivelación de terrenos por regresión tridimensional*. Tortosa : UNED - Tortosa, 2010.
22. **FRIDAY T., Ekuje. 2018.** *Bridge scour : climate change effects and modelling uncertainties*. University of Surrey., s.l. : 2018.
23. **FUENTES Mariles, óscar A. y FRANCO, Víctor. 1999.** *Estudio Hidrológico para obras de protección*. México : México:Universidad Autónoma de México, Instituto de Ingeniería, 1999., 1999.
24. **GALANTON M., Elioska y Romero M., Liccett. 2007.** *Descripción de las defensas rivereñas*. Universidad del Oriente, Barcelona : 2007.
25. **GUSTAVO Gómez, Henry. 2013.** *Metodología de diseño y cálculo estructural para muros de contención con contrafuertes en el trasdos, basados en un programa de cómputo*. Escuela Colombiana de Ingeniería, Bogotá, Colombia : 2013.
26. **GUTIERREZ Baca, Christiaan. 2018.** *Determinación de las áreas vulnerables frente a riesgos de inundación y Huaycos en la zona aledaña al río Pachatusan y sus propuestas de mitigación*. Universidad Andina del Cusco, Cusco : 2018.
27. **GUYOT , J. L. 2020.** Cuevas y Tragaderos de Perú y Bolivia. [En línea] 26 de 04 de 2020. <https://cuevasdelperu.org/category/peru/apurimac/>.
28. **HERNÁNDEZ Sampieri, Roberto, Fernández Collado, Carlos y Baptista Lucio, Pilar. 2010.** *Metodología de la Investigación*. México : s.n., 2010.
29. **HUAMAN Silva, Cesar Antonio. 2019.** *Diseño de muros de contención como defensa ribereña, tramo Huaura - Sayan del rio Huayhuara*. Universidad Nacional José Faustino Sánchez Crrión, Huacho : 2019.

30. **JAHAN, Mohammed. 2014.** *Effect of suction on local scour around circular brifge piers.* University of Windsor, Windsor : 2014.
31. **KABUSWE Sakeyo, Emmanuel. 2008.** *MODELLING THE IMPACT OF DEFORESTATION ON STREAM FLOW - A CASE OF CHALIMBANA RIVER CATCHMENT IN CHONGWE, ZAMBIA.* Linkopings Universitet , Suecia : 2008.
32. **KHARE, Yogesh P. 2014.** *HYDROLOGIC AND WATER QUALITY MODEL EVALUATION WITH GLOBAL SENSITIVITY ANALYSIS: IMPROVEMENTS AND APPLICATIONS.* University of Florida, Florida : 2014.
33. **KOUTAOYIANNIS, Demetris y LANGOUSIS, Andreas. 2014.** Treatise on Water Science Chapter 27: Precipitation. [aut. libro] Peter WILDERER. *Treatise on Water Science.* Massachusetts : Elsevier Science, 2014.
34. *La investigación aplicada: una forma de conocer las realidades con evidencia científica.* **CARGAS CORDERO, Zoila Rosa. 2009.** 1, San José : Revista Educación, 2009, Vol. 33. 0379-7082.
35. **Ley de los Recursos Hídricos Ley N° 29338. 2019.** Autoridad Nacional del Agua. Lima : ©Autoridad Nacional del Agua, 2019.
36. **Ley General del Ambiente - Ley N° 28611. 2005.** Ministerio del Ambiente. Lima : s.n., 2005.
37. **LIPSCOMB, Stephen W. 1998.** *Hydrologic Classification and Estimation of Basin and Hydrologic Characteristics of Subbasins in Central Idaho.* Denver : s.n., 1998. 0-607-90403-8.
38. *Los modelos de erosión: Una revisión.* **ALATORRE, L. C. y Beguería, S. 2009.** México : Revista C&G, 2009. 0214-1744.
39. **LUJÁN López, José Luis. 2017.** *Uso de gaviones para mejorar la defensa ribereña del Río Huaycoloro, zona de Huachipa distrito de Lurigancho, Lima 2017.* Universidad Cesar Vallejo, Lima, Perú : 2017.
40. **Manual de Hidrología, Huidráulica y Drenaje. 2012.** Ministerio de Transportes y Comunicaciones. Lima : s.n., 2012.

41. **Manual de procedimientos para la ejecución física y financiera del programa de encauzamiento de ríos y protección de estructuras de captación - PERPEC. 2008.** Ministerio de Agricultura. Lima, Perú : s.n., 2008.
42. **Manual para el diseño de carreteras pavimentadas de bajo volumen de tránsito. 2008.** Ministerio de Transportes y Comunicaciones. *Diario Oficial el Peruano*. Lima, Perú : s.n., 04 de 04 de 2008.
43. **Manual River de Diseño de Defensas Ribereñas. 2013.** *Ministerio de Agricultura*. Lima : s.n., 2013.
44. **MATAMOROS Huaman, Waldir Gerry. 2016.** *Estudio y análisis comparativo entre muros de contención con contrafuertes y muros de concreto armado en Huancavelica*. Universidad Nacional de Huancavelica, Lircay, Perú : 2016.
45. **MAYS Farro, Angel Francisco y Torres Seclén, Rubber Handerson. 2018.** *Análisis y diseño de la defensa ribereña del río Reque, tramo Puente Reque - Desembocadura en el océano Pacífico, provincia de Chiclayo, departamento de Lambayeque, 2017*. Universidad Católica Santo Toribio de Mogrovejo, Chiclayo, Perú : 2018.
46. **MEZA Verastegui, Yahaira Sthefani. 2019.** *Diseño hidráulico y estructural de defensa ribereña del río Tarma en el sector de Santo Domingo - Palca - Tarma*. Universidad Católica Sedes Sapientiae, Tarma, Perú : 2019.
47. **Norma Técnica E.030 Diseño Sismorresistente del Reglamento Nacional de Edificaciones. 2018.** *Ministerio de Vivienda Construcción y Saneamiento*. Lima : s.n., 2018.
48. **Norma Técnica E.050 Suelos y Cimentaciones. 2018.** Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento. Lima, Perú : s.n., 2018.
49. **NUÑEZ Culqui, Guillermo. 2019.** *Cálculo de precipitaciones y caudales para el diseño de sistemas de drenaje pluvial urbano en el ámbito del distrito de Soritor, provincia de Moyobamba – San Martín, aplicando el proyecto de norma técnica OS.060 del año 2014*. Universidad Nacional de San Martín - Tarapoto, Tarapoto, Perú : 2019.

50. **PATEL, Satish. 2014.** *Impact of watershed development programme in agricultural upliftment of tribals - a statistical study.* Orissa University of agriculture and technology, Bhubaneswar, República de la India : 2014.
51. **PAUCAR LLANCARI, Juan José y PARI CCENCHO, Héctor. 2014.** *Propuesta técnica para la protección de la carretera Ocopa - Anchonga - Km 06+500, afectado por la erosión del río Lircay.* Universidad Nacional de Huancavelica, Huancavelica : 2014.
52. **PIÑAR Venegas, Rafael. 2008.** *Proyecto de construcción de un muro de gaviones de 960 m3.* Instituto Tecnológico de Costa Rica, Costa Rica : 2008.
53. **PONS Valls, Josep María. 2015.** *Manual de Topografía Práctica.* Madrid : Bellisco Ediciones Técnicas y Científicas, 2015.
54. **Reglamento para la delimitación y mantenimiento de fajas marginales en cursos fluviales y cuerpos naturales y artificiales. 2016.** *Autoridad Nacional del Agua.* Lima : s.n., 2016.
55. *River basin management.* **RICHARDSON, Douglas, y otros. 2017.** 2017.
56. **ROJAS Montalvo, Francisco Javier. 2014.** *Bases de diseño hidráulico para los encauzamientos o canalizaciones de ríos.* Universidad central de Ecuador, Quito, Ecuador : 2014.
57. **SUAREZ, Jaime. 2009.** *Análisis Getécnico.* 2009.
58. **TRENBERTH, Kevin E., y otros. 2000.** *Effects of changing climate on weather and human activities.* California : University Science Books, 2000. 1-891389-14-9.
59. **TSHIMANGA, Raphael M., y otros. 2016.** *Flood forecasting: an international perspective.* Democratic Republic of Congo : s.n., 2016.
60. **VILLÓN Bejar, Máximo. 2002.** *Hidrología 2da Ed.* Cartago : Lima, 2002.
61. **WOLF, Paul R. y Brinker, Russell C. 1982.** *Topografía Moderna.* Harla : s.n., 1982.

62. **ZAJAC, Zuzanna B. 2010.** *GLOBAL SENSITIVITY AND UNCERTAINTY ANALYSIS OF SPATIALLY DISTRIBUTED WATERSHED MODELS.* University of Florida, Florida : 2010.
63. **ZORRILLA, Santiago. 1993.** *Introducción a la Metodología de la Investigación.* 1993.

ANEXOS

Anexo N° 1:
Matriz de Operacionalización de Variables

VARIABLE	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DEFINICIÓN OPERACIONAL	DIMENSIONES	INDICADOR	Instrumento	Escala de Medición
VARIABLE INDEPENDIENTE: REFORZAMIENTO ESTRUCTURAL DE RIBERAS	El reforzamiento estructural de riberas de riberas es una aplicación que usa diversos métodos para conseguir la protección de las laderas de un río en específico, cumple la función de proteger a las áreas adyacentes de inundaciones, socavación y erosión. Según (Mac Ferry, 2001). Las estructuras de contención en los ríos, son elaborados con el propósito de cubrir las crecientes aguas del cauce por efectos de las precipitaciones.	Se realizará un cálculo estructural con base en los estudios básicos más importantes como el levantamiento topográfico y el estudio de mecánica de suelos lo que nos permitirá conocer los factores de seguridad ante el deslizamiento, factores de seguridad ante el volteo y la comprobación de las presiones en el terreno. Como método de defensa ribereña se plantea la construcción de muros de gaviones y muro de contención con voladizo, para los dos casos se comprobarán los factores.	DISEÑO DE ESTRUCTURA	CÁLCULO HIDROLÓGICO	MEMORIAS DE CÁLCULO	CUANTITATIVA DE RAZÓN
			DISEÑO DE ESTRUCTURA	CÁLCULO ESTRUCTURAL	MEMORIAS DE CÁLCULO	CUANTITATIVA DE RAZÓN
			CONDICIÓN MECÁNICA DEL SUELO	CAPACIDAD DE CARGA DEL SUELO	ENSAYO CBR	CUANTITATIVA DE RAZÓN
VARIABLE DEPENDIENTE: EROSION EN EPOCAS DE MAXIMAS AVENIDAS.	La erosión es causada por las precipitaciones que se dan en una determinada zona y que causan las avenidas máximas desprendiendo y transportando los materiales sólidos o sedimentos por el cauce del río. Según (Linsley, Johler y Paulus, 1958) afirma que la socavación y el flujo superficial causan la erosión en las capas de suelo de mínimo espesor. Las fuertes precipitaciones también ocasionan la mayor parte de la erosión de la cuenca, debido al poder erosivo de las gotas de lluvia, aumentado el flujo superficial.	Se realizará un estudio hidrológico que nos permitirá pronosticar las máximas avenidas en donde ocurre la erosión y socavación de las laderas del río Huaycon. Tendremos como base para el posterior diseño estructural los valores de la intensidad de lluvia, tiempo de duración y cálculo del caudal máximo.	ISLAS EROSIONABLES	ESTUDIO TOPOGRÁFICO	LEVANTAMIENTO TOPOGRÁFICO	CUANTITATIVA DE RAZÓN
			EROSIÓN Y SOCAVACIÓN	GRADO DE EROSIÓN	FICHA DE OBSERVACIÓN	CUANTITATIVA DE RAZÓN
				GRADO DE SOCAVACIÓN	FICHA DE OBSERVACIÓN	CUANTITATIVA DE RAZÓN

Fuente: Elaboración Propia

Anexo N° 2:
Matriz de Consistencia

REFORZAMIENTO DE RIBERAS DEL RIO HUAYCCON PARA EVITAR EROSIÓN ÉPOCAS DE MÁXIMAS AVENIDAS DISTRITO PACUCHA – ANDAHUAYLAS - 2020								
Problema General	Objetivo General	Hipótesis General	Variables	Dimensiones	Indicadores	Instrumentos	Método de Investigación	
¿Cómo dar solución al problema de reforzamiento estructural en laderas del río Huaycon por erosión y socavación?	Proponer el diseño estructural que permita proteger de la erosión e inundación causadas por el río Huaycon.	Se podrá evitar la erosión si se refuerza adecuadamente las laderas donde se podría producir socavación en el río Huaycon.	VARIABLE INDEPENDIENTE: REFORZAMIENTO ESTRUCTURAL DE RIBERAS	DISEÑO DE ESTRUCTURAL	CÁLCULO HIDROLÓGICO	MEMORIAS DE CÁLCULO	TIPO: Aplicado DISEÑO: No experimental NIVEL: Descriptivo ENFOQUE: Cuantitativo	
Problemas Específicos	Objetivos Específicos	Hipótesis Específicas		CONDICIÓN MECÁNICA DEL SUELO	CAPACIDAD DE CARGA DEL SUELO	ENSAYO CBR		Población, Muestra
¿Cómo se podría evitar la erosión en épocas de máximas avenidas en el río Huaycon?	Detallar el estudio Hidrológico del río Huaycon.	El estudio Hidrológico permite determinar las máximas avenidas del río Huaycon.	VARIABLE DEPENDIENTE: EROSION EN EPOCAS DE MAXIMAS AVENIDAS.	ISLAS EROSIONABLES	ESTUDIO TOPOGRÁFICO	LEVANTAMIENTO TOPOGRÁFICO		
¿Cómo se podría evitar la socavación en épocas de máximas avenidas en el río Huaycon?	Realizar el estudio topográfico para crear islas en zonas erosionables del río Huaycon.	El estudio topográfico adecuado permite modificar las zonas erosionables del río Huaycon.		EROSIÓN Y SOCAVACIÓN	GRADO DE EROSIÓN	FICHA DE OBSERVACIÓN		
¿Cómo se podría reforzar las riberas del río Huaycon?	Detallar el reforzamiento de las riberas del río Huaycon.	El reforzamiento estructural adecuado evitará que se produzca la socavación y erosión de riberas del río Huaycon.			GRADO DE SOCAVACIÓN	FICHA DE OBSERVACIÓN		

Fuente: Elaboración Propia

Anexo N° 3:
Validación de Expertos

FICHA DE VALIDACIÓN						
TÍTULO DE TESIS:	Reforzamiento estructural de riberas del río Huayccon para evitar erosión en épocas de máximas avenidas distrito Pacucha – Andahuaylas – 2020					
AUTORES	Leguia Vergara, Kristel Daniela y Muñoz Orosco Marino					
VARIABLES	DIMENSIONES	INDICADORES	INSTRUMENTOS	VALIDEZ DE JUICIO DE EXPERTOS		
				INGENIERO N° 1	INGENIERO N° 2	INGENIERO N° 3
VARIABLE INDEPENDIENTE: REFORZAMIENTO ESTRUCTURAL DE RIBERAS	DISEÑO DE ESTRUCTURAL	CÁLCULO HIDROLÓGICO	MEMORIAS DE CÁLCULO	0.80	0.82	0.84
		CÁLCULO ESTRUCTURAL	MEMORIAS DE CÁLCULO	0.79	0.83	0.82
	CONDICIÓN MECÁNICA DEL SUELO	CAPACIDAD DE CARGA DEL SUELO	ENSAYO CBR	0.75	0.82	0.86
VARIABLE INDEPENDIENTE: REFORZAMIENTO ESTRUCTURAL DE RIBERAS	ISLAS EROSIONABLES	ESTUDIO TOPOGRÁFICO	LEVANTAMIENTO TOPOGRÁFICO	0.83	0.82	0.80
	EROSIÓN Y SOCAVACIÓN	GRADO DE EROSIÓN	FICHA DE OBSERVACIÓN	0.82	0.83	0.86
		GRADO DE SOCAVACIÓN	FICHA DE OBSERVACIÓN	0.80	0.80	0.80
INTERPRETACIÓN DEL CALOR DE LA VALIDEZ (Segun Hernandez, 2011)			Sumatoria	4.79	4.92	4.98
Valor de la Validez obtenida		Interpretación				
De 0 a 0.60		Inaceptable				
Mayor a 0.60 y menos o igual que 0.70		Deficiente		Sumatoria / (n° de instrumentos) =	0.80	0.82
Mayor a 0.70 y menor o igual que 0.80		Aceptable		Promedio de la Validez obtenida = 0.82		
Mayor a 0.80 y menor o igual que 0.90		Buena				
Mayor a 0.90		Excelente				




INGENIERO 1



MARIA ADELA TORRES MENDIETA
Ingeniera Civil
CIP N° 243946

INGENIERO 2



INGENIERO 3

INGENIERO 3

Fuente: Elaboración Propia.

Anexo N° 4:

Ficha de Observación – En esta ficha se plasma los instrumentos de medición según nuestra matriz de consistencia para validar la confiabilidad.

INSTRUMENTO DE MEDICION: Ficha de Observación

FICHA DE OBSERVACIÓN	
AUTORES	MARINO MUÑOZ OROSCO
	KRISTEL DANIELA LEGUIA VERGARA
UNIVERSIDAD CESAR VALLEJO	
TESIS	REFORZAMIENTO ESTRUCTURAL DE RIBERAS DEL RIO HUAYCCON PARA EVITAR EROSIÓN EN ÉPOCAS DE MÁXIMAS AVENIDAS DISTRITO PACUCHA – ANDAHUAYLAS - 2020
FECHA	05/10/2020
LUGAR	Río Huaycon
INDICADORES	DESCRIPCIÓN OBJETIVA
Levantamiento Topográfico	La zona de estudio tiene una pendiente poco pronunciada, casi llana. Los puntos críticos se encuentran a la vista.
Estudio de Mecánica de Suelos	El estudio de mecánica de suelos arrojó que la zona de estudio se conforma por un suelo arcilloso con arena.
Diseño Hidráulico y Estructural	Tras la visita a campo y levantamiento topográfico se identificó dos puntos críticos (uno constante de 64 metros lineales en donde se construirá gaviones de 4 metros de longitud cada uno y el segundo punto crítico de 96 metros lineales donde se construirá muro de contención con voladizo)

ELABORACION PROPIA

Fuente: Elaboración Propia.

Anexo 5:

Registro Pluviométrico – El cuadro de registros pluviométricos ha servido como material de medición porque nos ha dotado de información básica para el cálculo del caudal máximo.

INSTRUMENTO DE MEDICION: Registros Pluviométricos

CUADRO DE PRECIPITACIONES DE ESTACIONES BASE											
Nº	AÑO	ANDAHUAYLAS		HUANCARAY		ANDARAPA		URIPA		PROMEDIO	
		PP	Pacum	PP	Pacum	PP	Pacum	PP	Pacum	PP	Pacum
1	1998	583.00	583.00	909.00	909.00	385.52	385.52	757.00	757.00	658.63	658.63
2	1999	622.00	1205.00	1220.00	2129.00	681.67	1067.19	680.50	1437.50	801.04	1459.67
3	2000	685.00	1890.00	1297.00	3426.00	752.38	1819.58	833.00	2270.50	891.85	2351.52
4	2001	870.00	2760.00	823.00	4249.00	707.63	2527.21	673.00	2943.50	768.41	3119.93
5	2002	694.00	3454.00	939.80	5188.80	704.47	3231.67	628.00	3571.50	741.57	3861.49
6	2003	715.00	4169.00	1296.10	6484.90	793.82	4025.50	946.15	4517.65	937.77	4799.26
7	2004	952.50	5121.50	1109.30	7594.20	584.64	4610.14	981.50	5499.15	906.99	5706.25
8	2005	858.80	5980.30	972.60	8566.80	560.30	5170.44	960.50	6459.65	838.05	6544.30
9	2006	1044.10	7024.40	1036.30	9603.10	706.51	5876.95	780.30	7239.95	891.80	7436.10
10	2007	848.10	7872.50	1001.70	10604.80	579.79	6456.74	912.04	8151.99	835.41	8271.51
11	2008	858.70	8731.20	769.80	11374.60	531.59	6988.33	673.80	8825.79	708.47	8979.98
12	2009	929.15	9660.35	1075.30	12449.90	643.11	7631.44	833.90	9659.69	870.37	9850.35
13	2010	813.20	10473.55	906.90	13356.80	606.67	8238.11	932.90	10592.59	814.92	10665.26
14	2011	1030.10	11503.65	1145.90	14502.70	787.91	9026.02	992.90	11585.49	989.20	11654.46
15	2012	936.90	12440.55	1568.50	16071.20	794.18	9820.19	775.40	12360.89	1018.74	12673.21
16	2013	938.80	13379.35	1038.70	17109.90	596.39	10416.59	837.80	13198.69	852.92	13526.13
17	2014	702.00	14081.35	794.40	17904.30	649.80	11066.39	702.35	13901.04	712.14	14238.27
18	2015	996.20	15077.55	902.30	18806.60	583.30	11649.68	792.35	14693.39	818.54	15056.81
19	2016	1004.75	16082.30	851.50	19658.10	587.74	12237.42	936.68	15630.07	845.17	15901.97
20	2017	1152.70	17235.00	1107.50	20765.60	756.18	12993.60	1029.70	16659.77	1011.52	16913.49
21	2018	905.00	18140.00	977.10	21742.70	656.73	13650.33	826.50	17486.27	841.33	17754.83

Fuente: Estudio Hidrológico

Fuente: Estudio Hidrológico

Anexo 6:

Perfil Estratigráfico C-1 – En el perfil estratigráfico de la C-1 se muestra que de 0.00 a 0.50 metros se encuentra conformado con relleno de suelo de cultivo y de 0.50 a 2.00 metros se muestra un material de arcilla y arena de media plasticidad.

PERFIL ESTRATIGRAFICO DE SUELO

PROYECTO: REFORZAMIENTO ESTRUCTURAL DE BARRERAS DE RED MUYCCON PARA EVITAR EROSION EN EPOCAS DE MÁXIMA AVENIDA DISTRITO PACUCHA ANDAHUYLAS - 2020.
CLIENTE: Marino Muñoz Orsco y Kristel Daniela Legula Vergara
UBICACIÓN: DISTRITO DE PACUCHA **PROG.**
SONDAJE: C-1
COMPONENTE:

ESPELOR ESTRATO	COTA	ESTRATO / MUESTRA	SIMBOLO GRAFICO	CLASIFICACION		DESCRIPCION DE SUELO
				SIMBOLO	A ASTRIO	
0.00			^^^^			
		1 S/M	^^^^	Re	A-4	De 0.00 a 0.50.00 m. Suelo conformado por rellenos de suelo de cultivo superficial, con presencia de pasto y raíces
0.50			^^^^			
		2 M-1	^^^^			
1.00			^^^^			
			^^^^	CL		De 0.50 a 2.00 m. Material conformado por arcillas y arenas de media plasticidad, de compactación media, tonalidad marrón oscuro, medianamente húmeda
1.50			^^^^			
2.00			^^^^			
2.50			^^^^			
3.00			^^^^			





Gustavo
Gustavo Gomez Alcantara
 INGENIERO CIVIL
 CIP: 131442

Fuente: Estudio de Mecánica de Suelos.

Anexo 7:

Perfil Estratigráfico C-2 – En el perfil estratigráfico de la C-2 se muestra que de 0.00 a 1.00 metros se encuentra conformado por depósitos recientes de material orgánico y de 1.00 a 2.00 metros se muestra un material de arenas con limo de baja o media plasticidad.

ESPESOR ESTRATO	COTA	ESTRATO	SIMBOLO GRAFICO	CLASIFICACION		DESCRIPCION DE SUELO
				SIMBOLO	AASTHO	
0.00						
0.50		1	AAAA		Re	Material de cobertura con formado por deposito recientes de material orgánico y suelo de cultivo 
1.00						
1.50		2	OOOO		SM	Arena con limo, de baja o nula plasticidad, tonalidad marrón claro 
2.00						
2.5						

PERFIL ESTRATIGRAFICO DE LA EXPLORACION e-2


Gustavo Gómez Alcarraz
INGENIERO CIVIL
CIP: 181452

Fuente: Estudio de Mecánica de Suelos.

Anexo 8:
Características físico mecánicas de las muestras.

10.0 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

- El suelo de fundación, Ubicado en el distrito de Pacucha, calicatas C1, C2, presentan un suelo arcilloso con arena.
- Los ensayos estándar de suelos se realizaron en el Laboratorio de Geo Con SAC.
- En la exploración de campo se realizaron los siguientes trabajos:

Tabla N° 10
Resumen de Exploración de Campo

Sondeos	Cantidad	Profundidad (m)
Calicatas	2	0.00 – 2.00

- Se han desarrollado los siguientes ensayos en laboratorio y campo:

Tabla N° 11
Resumen de Ensayos de Laboratorio

Ensayos de Laboratorio	Cantidad
Análisis Granulométrico	2
Límites de Consistencia	2
Contenido de Humedad	2
Corte Directo	2
Sulfatos	1
Sales Solubles Totales	1

- El resumen, de los resultados de laboratorio se indican en las siguientes tablas:

Tabla N° 12
Características Físico Mecánicas de las Muestras

ZONA DE EMPLAZAMIENTO	PESO VOLUMETRICO gg/cc ^v	PROF. (m)	C (kg/cm ²)	Φ (ángulo de fricción)
ZONA DE EMPLAZAMIENTO C-1	1.635	0.40 – 2.00	0.13	19.9
ZONA DE EMPLAZAMIENTO C-2	1.868	0.40 – 2.00	0.00	30.2



Gustavo Comer Alcarraz
INGENIERO CIVIL
CIP: 121442

Anexo 9:

Ensayo Estándar de Clasificación – C1 (SUCS – CL y AASHTO A-5)

ENSAYO ESTÁNDAR DE CLASIFICACIÓN
ASTM D422 / NTP 339.128 - AASHTO M 147 - ASTM D4318 / NTP 339.129 - ASTM D1241

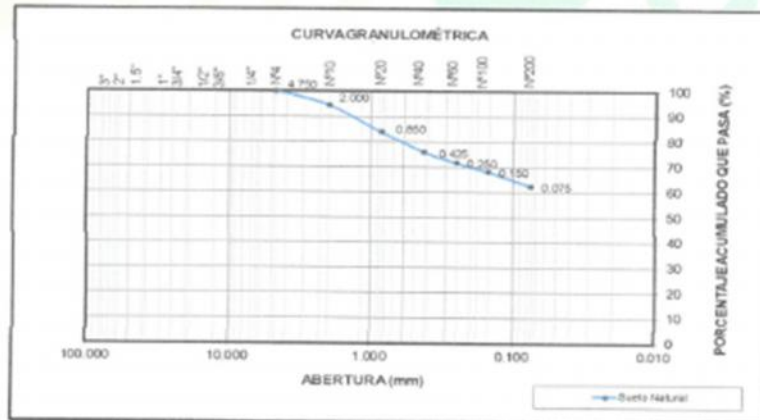
SOLICITANTE: Maximo Muñoz Orozco y Kristel Daniela Leguía Vergara
PROYECTO: REFORZAMIENTO ESTRUCTURAL DE RIBERAS DE RIO HUAYCCON PARA EVITAR EROSIÓN EN ÉPOCAS DE MÁXIMA AVEDIDA DISTRITO PACUCHA ANDAHUAYLAS- 2020
UBICACIÓN: DISTRITO DE PACUCHA
FECHA: 13-Dic-20
REGISTRO: MUESTRA: SUELO NATURAL
PESO DE LA MUESTRA SECA (gr): 109.3
PESO DE LA MUESTRA LAVADA Y SECADA (gr): 63.9
PESO DE FRÍOS LAVADOS (gr): 106.4

Tamiz	Abertura (mm)	Peso Retenido (gr)	(%) Pesar Retenido	(%) acumulado Retenido	(%) acumulado que pasa
3"	75.000				
2"	50.000				
1 1/2"	37.500				
1"	25.000				
3/4"	18.750				
1/2"	12.500				
3/8"	9.375				
1/4"	6.250				
Nº4	4.750				
Nº10	2.000	8.5	0.0	0.0	100.0
Nº20	0.850	18.2	5.6	5.6	94.4
Nº40	0.425	15.3	10.8	16.4	83.6
Nº60	0.250	7.3	7.9	24.2	75.8
Nº100	0.150	6.0	4.3	28.5	71.5
Nº200	0.075	0.6	3.5	32.1	67.9
POXEO		0.075	5.7	37.7	62.3
		106.4	82.3	100.0	0.0

Clasificación (SUCS)	CL
Clasificación (AASHTO)	A-5
Descripción (AASHTO)	DEFICIENTE
Descripción	ARCILLA CON ARGENT
Índice de Grupo	7
Contenido de Humedad (%)	14.5
Límite Líquido (LL) (%)	89.4
Límite Plástico (PL) (%)	27.0
Límite Contracción (LC) (%)	---
Índice Plástico (PI) (%)	12.4

% GRAVA	0.0	Gruesa	0.0
		Fina	0.0
% ARENA	37.7	Gruesa	5.6
		Meda	10.8
		Fina	11.3
% FRIOS	62.3		62.3

D ₁₀ (mm)	-
D ₃₀ (mm)	-
D ₆₀ (mm)	-
C _u	-
C _c	-



Realizado: EFGM

Revisado:

[Signature]
Guillermo Gómez Aicartaz
 INGENIERO CIVIL
 CIP: 181442

Anexo 10:

Ensayo Estándar de Clasificación – C2 (SUCS – GW y AASHTO A-1a)

ENSAYO ESTÁNDAR DE CLASIFICACIÓN
ASTM D422 / NTP 339.128 - AASHTO M 147 - ASTM D4318 / NTP 339.129 - ASTM D1241

SOLICITANTE: Marino Muñoz Orozco y Kristel Daniela Legido Vergara
PROYECTO: REFORZAMIENTO ESTRUCTURAL DE RIBERAS DE RIO HUAYCOOY PARA EVITAR EROSIÓN EN EPOCAS DE MAJIMA AVENIDA DISTRITO PACUCHA ANDAHUAYLAS- 2020

UBICACIÓN: DISTRITO DE PACUCHA
FECHA: 13-Dic-20

MUESTRA: SUELO NATURAL

PESO DE LA MUESTRA SECA (g): 567.8
PESO DE LA MUESTRA LAVADA Y SECADA (g): 333.8
PESO DE FINOS LAVADOS (g): 224.0

Tamiz	Abertura (mm)	Peso Retenido (g)	(%) Pasa Retenido	(%) acumulado Retenido	(%) acumulado que pasa
3"	75.000				
2"	50.000				
1 1/2"	37.500		0.0	0.0	100.0
1"	25.000	30.7	5.5	5.5	94.5
3/4"	19.000	26.4	4.5	10.0	89.0
1/2"	12.500	63.8	11.4	21.5	78.5
3/8"	9.500	36.8	6.6	28.1	69.9
1/4"	6.250	43.8	7.9	37.9	61.1
Nº4	4.750	23.5	4.2	42.1	57.9
Nº10	2.000	61.9	11.1	53.2	46.8
Nº20	0.850	61.1	11.0	64.2	35.8
Nº40	0.425	51.5	9.2	73.4	26.6
Nº60	0.250	30.8	5.5	78.9	21.1
Nº100	0.150	13.4	2.4	81.3	18.7
Nº200	0.075	11.0	2.0	83.3	16.7
FORADO		224.0	40.2	123.5	-23.5

Clasificación (SUCS)	GW
Clasificación (AASHTO)	A-1a
Descripción (AASHTO)	EXCELENTE

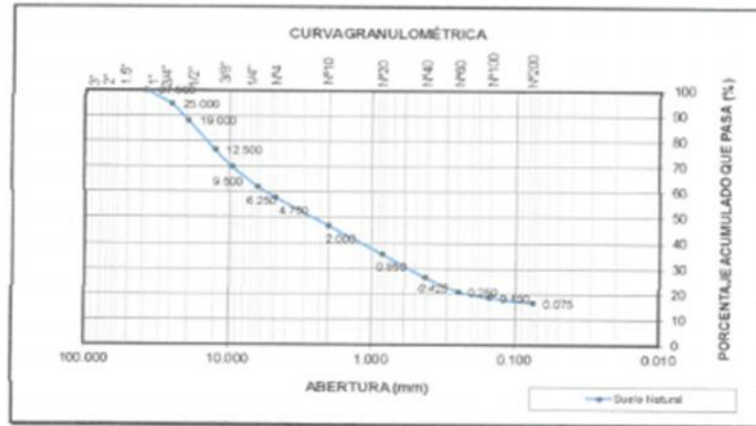
Descripción:	GRAVA ARENOSA
Índice de Grupo:	0

Contenido de Humedad (%)	8.0
Límite Líquido (LL) (%)	NP
Límite Plástico (LP) (%)	NP
Límite Contracción (LC) (%)	---
Índice Plástico (PI) (%)	NP

% GRAVA	42.1	Gruesa	12.0
		Fina	30.1
% ARENIA	41.2	Gruesa	11.1
		Medio	30.3
		Fina	9.6
% FINOS	56.7		56.7

075 (mm)	-
150 (mm)	-
300 (mm)	-

Car
Cot



Realizado: EFGM

Revisado:

Gustavo Gomar Alcaraz
Gustavo Gomar Alcaraz
INGENIERO CIVIL
COT 161442

Anexo 11:
Ensayo de corte directo – C1

**CORTE DIRECTO DE SUELOS BAJO CONDICIONES CONSOLIDADAS DRENADAS
ASTM D308**

SOLICITANTE: MARINO MUÑOZ OROSCO Y KRISTEL DANIELA LEGUÍA VERGARA
 PROYECTO: REFORZAMIENTO ESTRUCTURAL DE RIBERAS DE RIO HUAYCON PARA EVITAR EROSIÓN EN EPOCAS DE MÁXIMA AVENDAS DISTRITO PACUCHA ANDAHUAYLAS- 2020
 UBICACIÓN: DISTRITO DE PACUCHA
 FECHA: 13-Dic-20
 IDENTIFICACIÓN: C-1
 REGISTRO: INALTERADA

CARACTERÍSTICAS DE LOS ESPIDIMENES DE ENSAYO			
DESCRIPCIÓN	80 KPa	100 KPa	200 KPa
Área (cm ²)	30.0	30.0	30.0
Altura Inicial (cm)	2.00	2.00	2.00
Altura Final (cm)	1.97	1.91	1.96
Volumen Inicial (cm ³)	60.0	60.0	60.0
Volumen Final (cm ³)	59.2	57.4	55.7
Peso húmedo inicial (g)	100.02	97.90	99.06
Peso húmedo final (g)	96.36	92.83	92.46
Peso seco (g)	73.45	71.90	72.75
Humedad inicial (%)	36.17	36.17	36.17
Humedad final (%)	31.18	29.11	27.10
Densidad humedad inicial (g/cm ³)	1.667	1.632	1.651
Densidad humedad final (g/cm ³)	1.629	1.618	1.659
Densidad seca inicial (g/cm ³)	1.224	1.198	1.212
Densidad seca final (g/cm ³)	1.242	1.253	1.306

V. C. (mm/min)	0.05	ESF. NORMAL (KPa): 50			ESF. NORMAL (KPa): 100			ESF. NORMAL (KPa): 200			
		Desplaz. horizontal (mm)	Lectura del fuerza (0.01mm)	Fuerza (N)	Esfuerzo de Corte (KPa)	Lectura del fuerza (0.01mm)	Fuerza (N)	Esfuerzo de Corte (KPa)	Lectura del fuerza (0.01mm)	Fuerza (N)	Esfuerzo de Corte (KPa)
0.0	0.00	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0.2	0.01	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0.3	0.02	1.0	5.3	1.8	0.5	2.6	0.9	1.0	5.8	1.9	1.9
0.5	0.03	1.5	8.0	2.7	1.0	5.6	1.9	2.0	11.6	3.9	3.9
0.8	0.04	2.5	13.3	4.4	2.0	11.2	3.7	3.0	17.4	5.8	5.8
1.0	0.05	3.0	15.9	5.3	3.0	16.8	5.6	4.0	23.2	7.7	7.7
2.0	0.10	5.0	26.5	8.8	5.0	28.0	9.3	6.5	37.7	12.6	12.6
4.0	0.20	7.0	37.1	12.4	9.0	50.4	16.8	11.5	66.7	22.2	22.2
8.0	0.40	9.0	47.7	15.9	12.0	67.2	22.4	16.0	92.8	30.9	30.9
15.0	0.75	11.5	61.0	20.3	16.0	89.6	29.9	20.0	116.0	38.7	38.7
30.0	1.50	13.5	71.6	23.9	21.0	117.6	39.2	27.0	156.6	52.2	52.2
45.0	2.25	14.0	74.2	24.7	25.0	140.0	46.7	32.0	195.0	61.9	61.9
80.0	3.00	15.0	79.5	26.5	28.0	156.8	52.3	36.5	211.7	70.8	70.8
75.0	3.75	15.0	79.5	26.5	30.0	166.0	56.0	43.0	249.4	83.1	83.1

Observaciones:
 Muestra tomada e identificada por orden del solicitante.

REALIZADO POR: EPGM

REVISADO POR:



Gustavo Gómez Alcaraz
 INGENIERO CIVIL
 C.O.T. 181412

Anexo 12:
Ensayo de corte directo – C2

CORTE DIRECTO DE SUELOS BAJO CONDICIONES CONSOLIDADAS DRENADAS
ASTM D308

SOLICITANTE: Marino Muñoz Grosco y Kristel Daniela Leguía Vergara
 PROYECTO: REFORZAMIENTO ESTRUCTURAL DE RIBERAS DE RIO HURUYCON PARA EVITAR EROSIÓN EN ÉPOCAS DE MÁXIMA AVENIDAS DISTRITO PACUCHA ANDAHUAYLAS- 2000
 UBICACIÓN: DISTRITO DE PACUCHA,
 FECHA: 13-Dic-20
 IDENTIFICACIÓN: C-1
 REGISTRO:
 ESTADO: ALTERADA

CARACTERÍSTICAS DE LOS ESPÉCIMENES DE ENSAYO			
DESCRIPCIÓN	150 KPa	200 KPa	250 KPa
Área (cm ²)	30.0	30.0	30.0
Altura Inicial (cm)	2.00	2.00	2.00
Altura Final (cm)	1.95	1.92	1.86
Volumen Inicial (cm ³)	60.0	60.0	60.0
Volumen Final (cm ³)	58.6	57.5	56.8
Peso húmedo inicial (g)	112.87	111.96	111.16
Peso húmedo final (g)	119.25	118.69	117.95
Peso seco (g)	102.16	101.32	100.58
Humedad inicial (%)	10.48	10.90	10.52
Humedad final (%)	17.21	17.14	17.17
Densidad humedad inicial (g/cm ³)	1.881	1.866	1.853
Densidad humedad final (g/cm ³)	2.043	2.063	2.113
Densidad seca inicial (g/cm ³)	1.703	1.689	1.676
Densidad seca final (g/cm ³)	1.743	1.761	1.803

V. C (mm/min)	0.00	ESF. NORMAL (KPa)		100		ESF. NORMAL (KPa)		300		ESF. NORMAL (KPa)		500	
		Lectura del fuerza (0.01mm)	Fuerza (N)	Esfuerzo de Corte (KPa)	Lectura del fuerza (0.01mm)	Fuerza (N)	Esfuerzo de Corte (KPa)	Lectura del fuerza (0.01mm)	Fuerza (N)	Esfuerzo de Corte (KPa)	Lectura del fuerza (0.01mm)	Fuerza (N)	Esfuerzo de Corte (KPa)
0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0.1	0.0	0.5	2.8	0.9	1.0	5.4	1.8	2.5	14.5	4.8			
0.2	0.0	1.0	5.6	1.9	2.5	13.5	4.5	4.0	23.2	7.7			
0.3	0.0	2.0	11.2	3.7	4.3	23.2	7.7	8.0	34.8	11.6			
1.0	0.0	4.0	22.4	7.5	5.5	29.7	9.9	9.0	52.2	17.4			
2.0	0.0	7.0	39.2	13.1	13.0	70.2	25.4	18.0	104.4	34.8			
4.0	0.1	10.0	56.0	18.7	18.0	97.2	32.4	28.0	162.4	54.1			
8.0	0.2	13.0	72.8	24.2	24.0	129.6	43.2	44.0	255.2	85.1			
15.0	0.3	18.0	100.8	33.6	33.0	178.2	58.4	59.5	345.1	115.0			
30.0	0.6	23.0	128.8	42.9	45.0	243.0	81.0	77.0	466.6	148.9			
45.0	0.9	25.0	140.0	46.7	54.0	291.6	97.2	86.6	513.9	171.3			
60.0	1.2	28.0	156.8	52.3	58.0	313.2	104.4	92.6	537.1	179.0			
75.0	1.5	28.0	156.8	52.3	62.0	324.8	111.6	95.0	551.0	183.7			

Observaciones:
 Muestra tomada e identificada por el solicitante

REALIZADO POR:

REVISADO POR:



Gustavo Gómez Alcarraz
 INGENIERO CIVIL
 C.O.T. 11112

Anexo 13:

Se realizó la inspección a campo para examinar las condiciones en las que se encuentra el río Huayccon.



Fuente: Elaboración Propia.

Anexo 14:

Se reconoce el punto crítico número 01 bajo el concepto de que la orilla del río se encuentra al nivel del mismo cuando este no cuenta con máximas avenidas.



Fuente: Elaboración Propia.

Anexo 15:

Se reconoce el punto crítico N° 2, al conversar con los dueños de las chacras que existen alrededor, nos dieron la información de que tras la crecida del río anualmente pierden un 40% de su producción gracias a las inundaciones.



Fuente: Elaboración Propia.

Anexo 16:

Se realiza la excavación para la toma de muestra de la C-1. Misma que sirve para los ensayos de mecánica de suelos.



Fuente: Elaboración Propia.

Anexo 17:

Se realiza la excavación para la toma de muestra de la C-2. Esta muestra ha servido para los ensayos de mecánica de suelos.



Fuente: Elaboración Propia.

Anexo 18:

**Se realiza la medición de la profundidad de la cantera para el perfil
estratigráfico.**



Fuente: Elaboración Propia

Anexo 19:

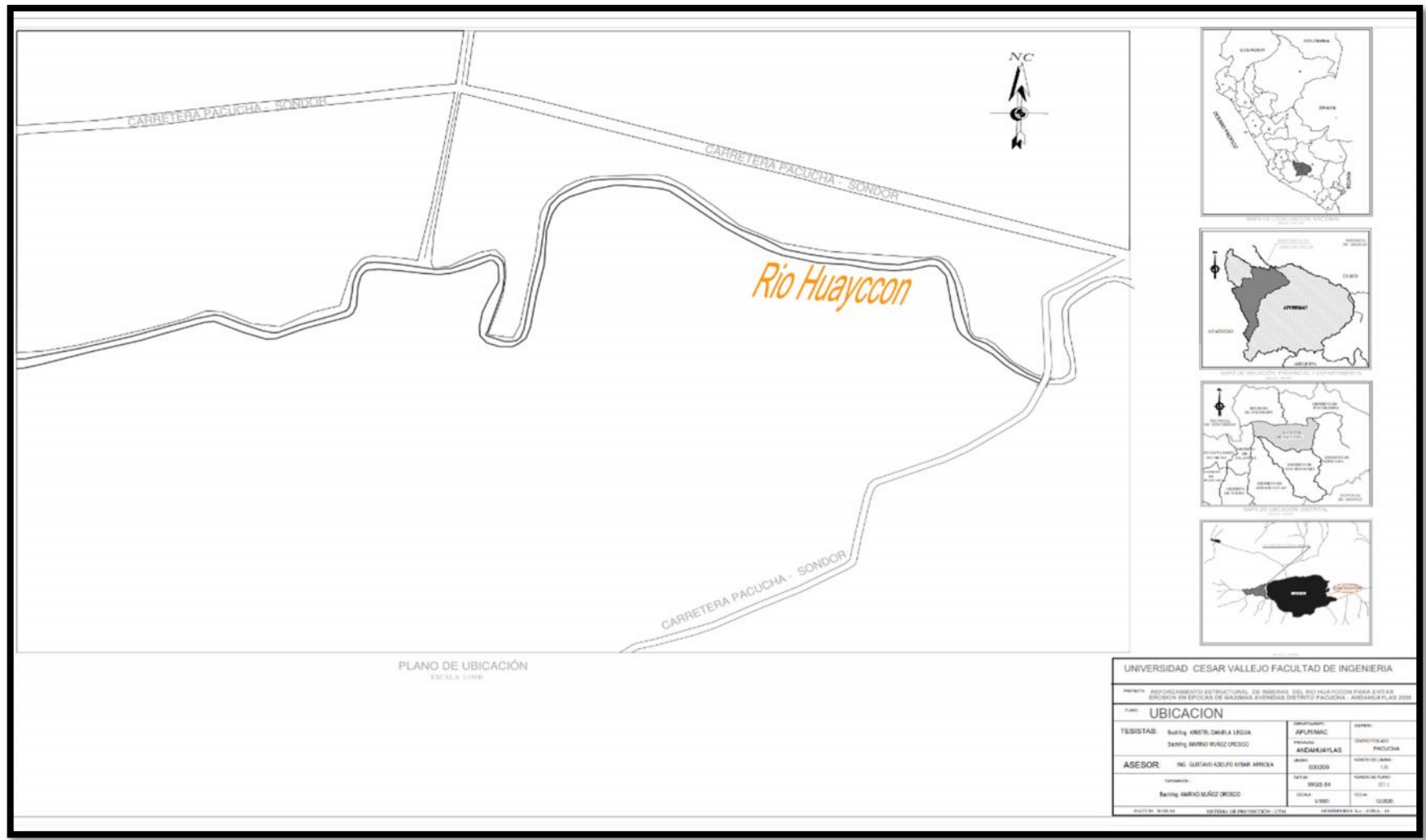
Reconocimiento de cantera de donde se puede sacar material para el relleno de los muros de gavión y agregado para el concreto armado del muro de contención con voladizo.



Fuente: Elaboración Propia

Anexo 20:

Plano de ubicación de la zona del proyecto, en el plano se puede ubicar la ruta del río Huayccon con líneas azules.



UNIVERSIDAD CESAR VALLEJO FACULTAD DE INGENIERIA

PROYECTO: REPOSICIONAMIENTO ESTRUCTURAL DE MISERIAS DEL RIO HUAYCCCON PARA SU OBRERA EN EPOCAS DE MAXIMAS AVENIDAS DISTRITO PACUCHA, ANDAHUYLAS 2008

TÍTULO: UBICACION

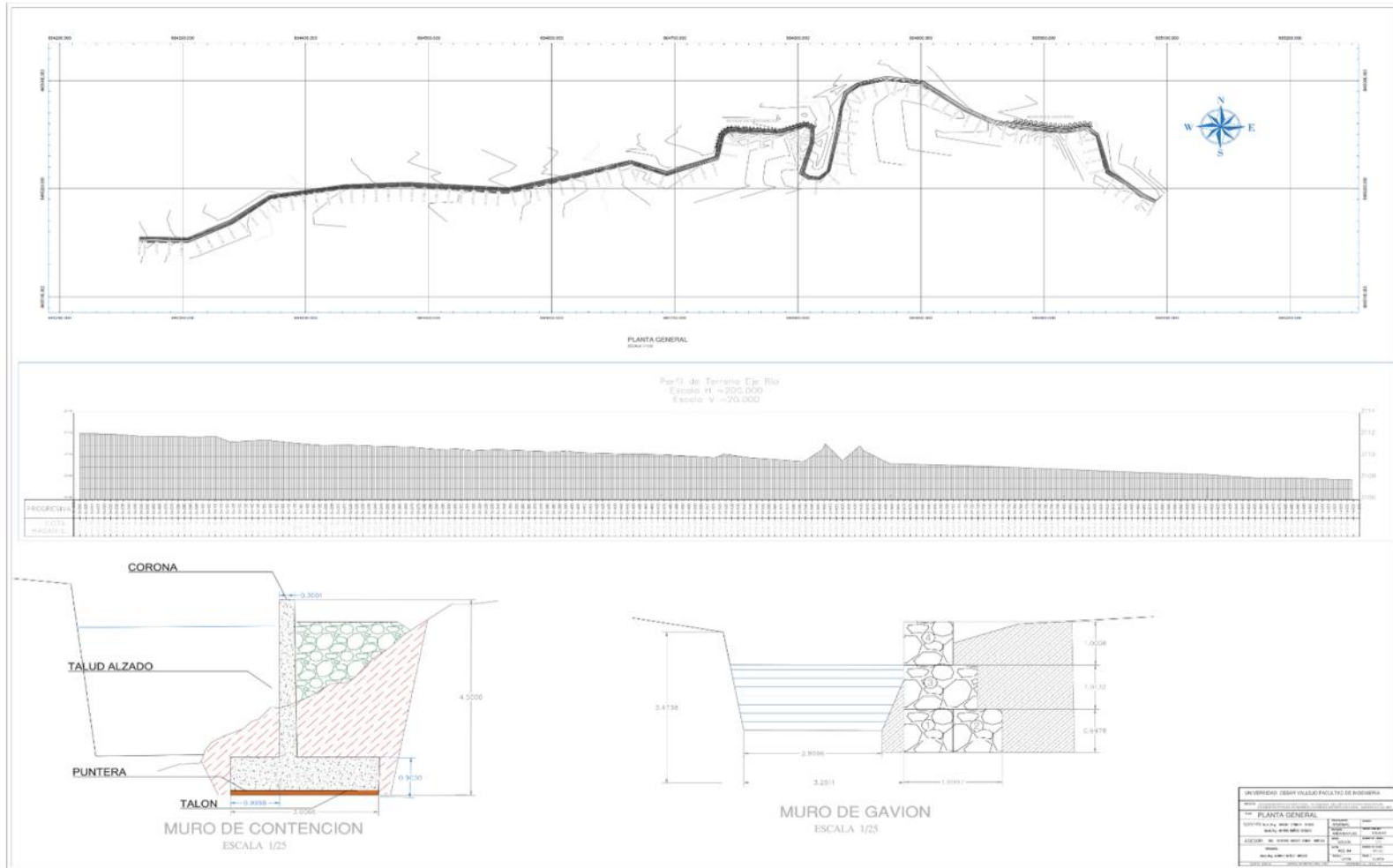
TECISTAS:	Bachiller ANIBAL GARCIA LEGUIZ Bachiller MARINO MUÑOZ ORCOZO	UNIVERSIDAD:	UNIVERSIDAD CESAR VALLEJO
ASESOR:	ING. GUSTAVO ADOFO AYMAR ARCELA	PROYECTO:	ANDAHUYLAS
OPERADEURAS:	Bachiller MARINO MUÑOZ ORCOZO	DEPARTAMENTO:	AREQUIPA
		DISTRICTO:	ANDAHUYLAS
		TOWN:	ANDAHUYLAS
		PROYECTO:	REPOSICIONAMIENTO ESTRUCTURAL DE MISERIAS DEL RIO HUAYCCCON PARA SU OBRERA EN EPOCAS DE MAXIMAS AVENIDAS DISTRITO PACUCHA, ANDAHUYLAS 2008
		FECHA:	15/05/08
		ESCALA:	1:1000
		ESTADO:	TERMINADO

INSTITUTO VIAL
SECRETARIA DE PROYECTOS - CIVIL

Fuente: Elaboración Pro

Anexo 21:

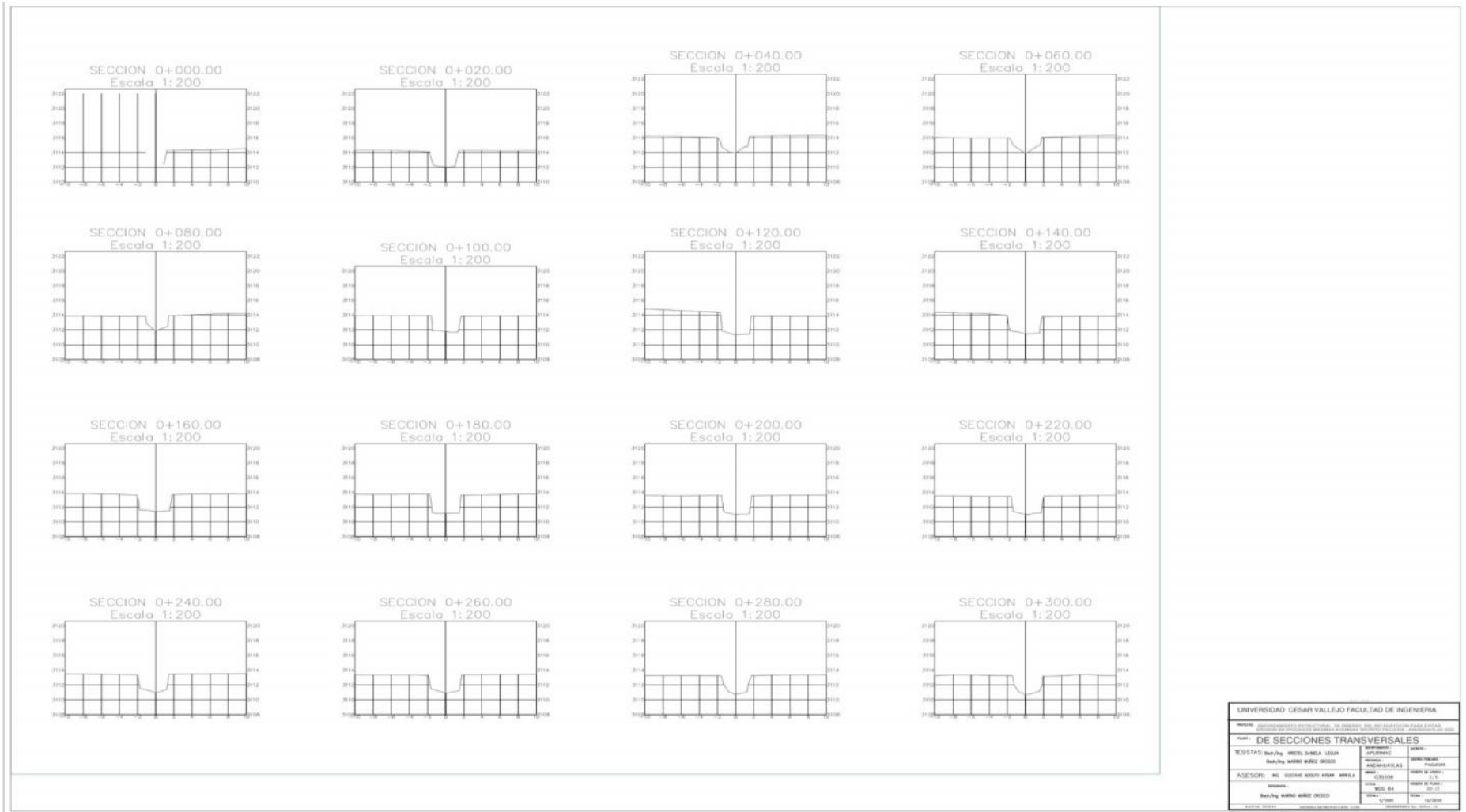
Plano de planta general en la zona del proyecto, en el plano se muestra el perfil del terreno en el río.



Fuente: Elaboración Propia.

Anexo 22:

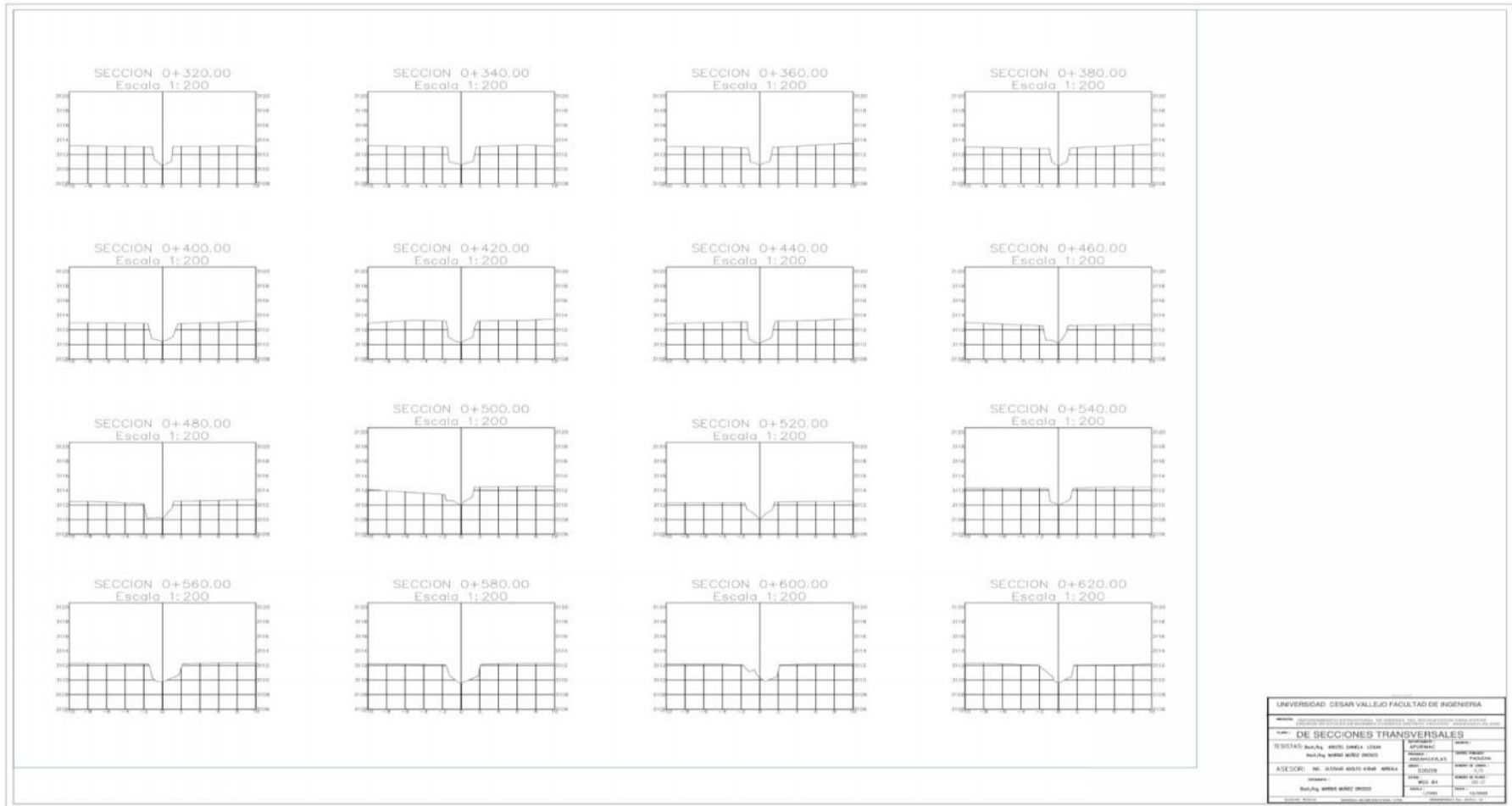
**Plano de secciones transversales desde 0+000 km 0+300 km hasta en el río
Huayccon.**



Fuente: Elaboración Propia.

Anexo 23:

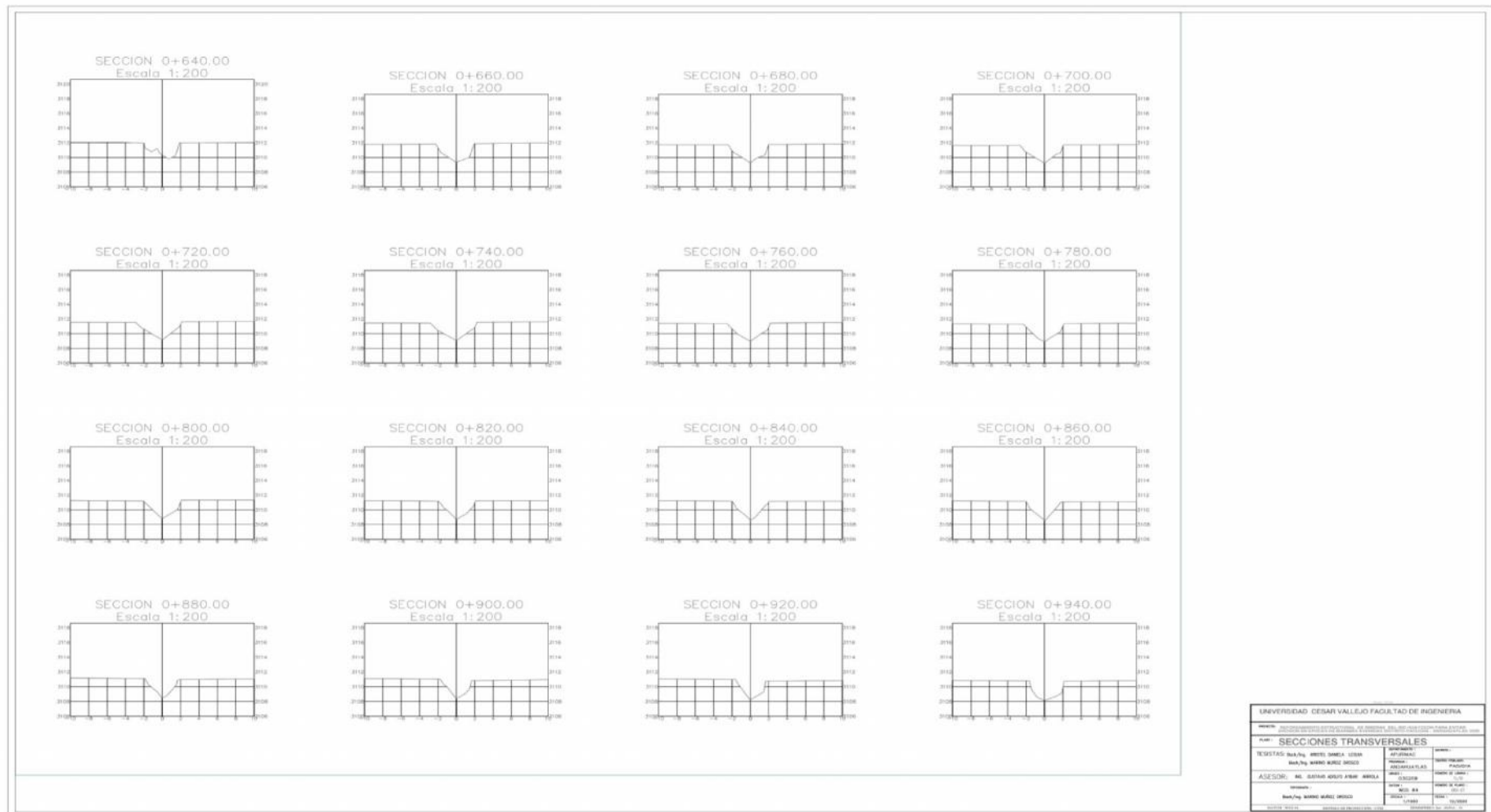
**Plano de secciones transversales desde 0+320 km 0+620 km hasta en el río
Huayccon.**



Fuente: Elaboración Propia.

Anexo 24:

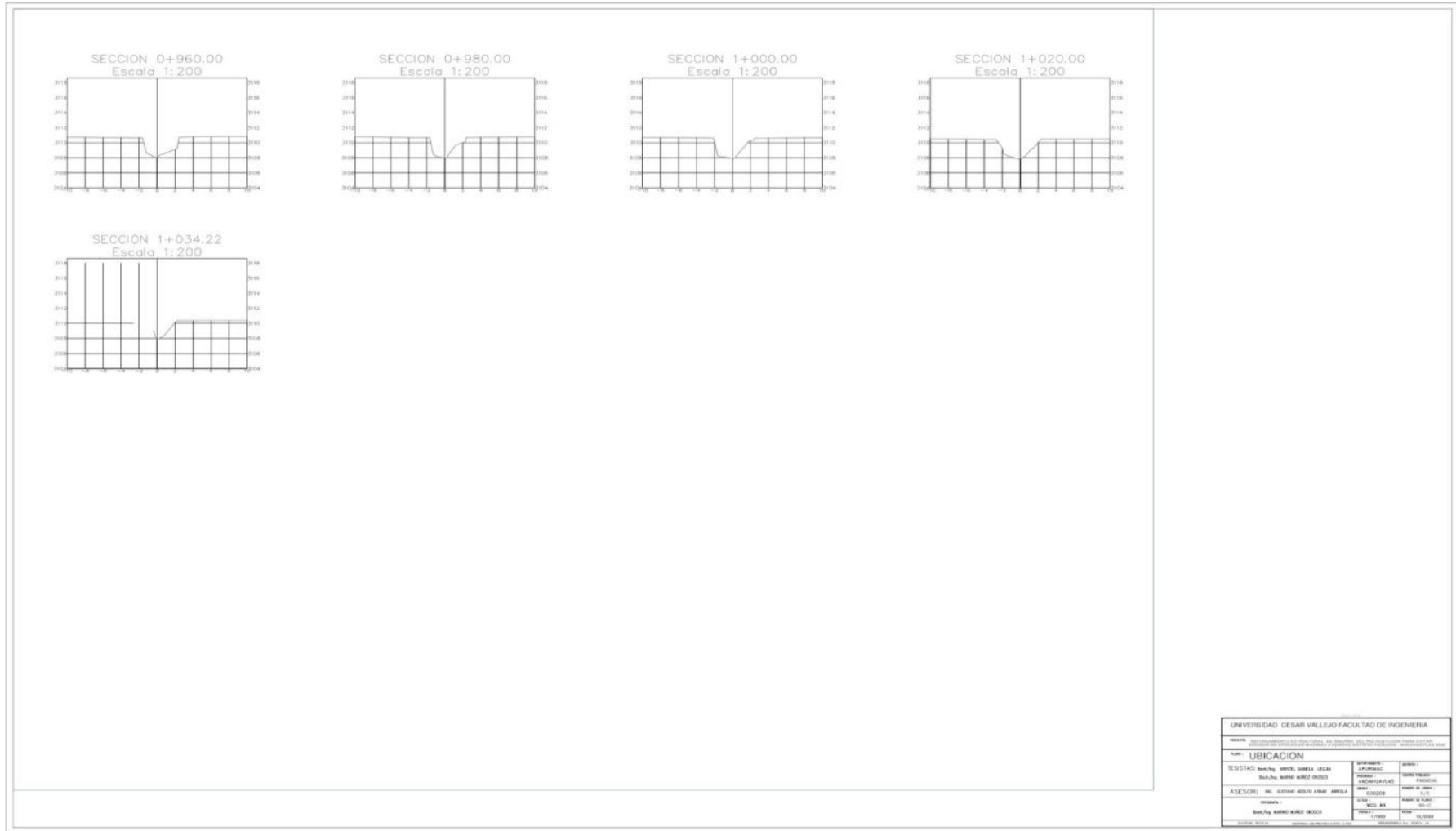
**Plano de secciones transversales desde 0+640 km 0+940 km hasta en el río
Huayccon.**



Fuente: Elaboración Propia.

Anexo 25:

**Plano de secciones transversales desde 0+906 km 1+034 km hasta en el río
Huayccon.**



Fuente: Elaboración Propia.