

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



**TESIS**

**INFLUENCIA DE MUROS DE GAVIONES O MUROS DE  
CONCRETO EN LAS DEFENSAS RIBEREÑAS DEL RIO CUNAS  
CHUPACA, 2020**

**PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO CIVIL**

**Presentado por:**

**TITO RAMOS PARIONA**

**Asesor:**

**ING. VLADIMIR ORDOÑEZ CAMPOSANO**

**Línea de Investigación Institucional:**

**NUEVAS TECNOLOGÍAS Y PROCESOS**

**Fecha de inicio y culminación:**

**05/10/2020 – 01/09/2021**

**Huancayo – Perú Setiembre – 2021**



**ASESOR**

ING. VLADIMIR ORDOÑEZ CAMPOSANO

## **DEDICATORIA**

Dedico la presente a mi familia, amigos y en especial a mi madre, quienes me impulsaron a conseguir las metas trazadas en mi vida, por eso les dedico mi trabajo en ofrenda a su paciencia y orientación hacia mi persona.

## **AGRADECIMIENTOS**

Yo Tito Ramos Pariona, agradezco a Dios por ser nuestro guía y protector, a nuestros padres por brindarnos su apoyo incondicional, a nuestra alma mater por darnos la oportunidad de formarnos en ella con la capacidad profesional necesaria. Agradezco también a nuestros formadores académicos por el papel importante que tuvieron en nuestra formación académica y a las personas que coadyuvan al logro de nuestros objetivos siendo parte de nuestra motivación.

## HOJA DE CONFORMIDAD DE JURADOS



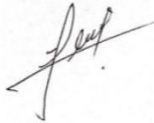
DR. RUBEN DARIO TAPIA SILGUERA  
PRESIDENTE



MG. HENRY GUSTAVO PAUTRAT  
MIEMBRO



ING. RANDO PORRAS OLARTE  
MIEMBRO



MG. JAVIER REYNOSO OSCANOA  
MIEMBRO



MG. LEONEL UNTIVEROS PEÑALOZA  
SECRETARIO DOCENTE

## CONTENIDO

ASESOR .....	iii
DEDICATORIA .....	iv
AGRADECIMIENTOS .....	v
HOJA DE CONFORMIDAD DE JURADOS .....	vi
CONTENIDO .....	vii
RESUMEN .....	xii
ABSTRACT .....	xiii
INTRODUCCIÓN .....	14
CAPITULO I: PROBLEMA DE INVESTIGACION .....	16
1.1. Planteamiento del problema .....	16
1.2. Formulación y sistematización del problema.....	18
1.2.1. Problema general.....	18
1.2.2. Problemas específicos .....	18
1.3. Justificación.....	19
1.3.1. Social.....	19
1.3.2. Teórica .....	19
1.3.3. Metodológica.....	19
1.4. Delimitación del problema .....	20
1.4.1. Espacial .....	20
1.4.2. Temporal .....	20
1.4.3. Económica.....	20

1.5. Limitaciones .....	20
1.6. Objetivos .....	21
1.6.1. Objetivo general .....	21
1.6.2. Objetivos específicos.....	21
CAPITULO II: MARCO TEÓRICO.....	22
2.1. Antecedentes .....	22
2.2. Marco Conceptual .....	28
2.3. Definición de términos .....	29
2.4. Hipótesis.....	58
2.4.1. Hipótesis general .....	58
2.4.2. Hipótesis específicas .....	58
2.5. Variables .....	59
2.5.1. Definición conceptual.....	59
2.5.2. Definición operacional .....	59
2.5.3. Operacionalización de la variable.....	60
CAPITULO III: METODOLOGÍA.....	61
3.1. Método de investigación.....	61
3.2. Tipo de investigación .....	61
3.3. Nivel de investigación .....	62
3.4. Diseño de investigación.....	62
3.5. Población y muestra .....	63



3.6. Técnicas e instrumentos de recolección de datos.....	63
3.7. Procesamiento de la información.....	64
3.8. Técnicas y análisis de datos.....	64
3.9. Aspectos éticos de la investigación .....	65
IV. CAPITULO IV: ANÁLISIS DE RESULTADOS .....	66
4.1. Análisis de campo .....	66
4.2. Análisis estadístico .....	73
V. CAPITULO V: DISCUSIÓN DE RESULTADOS.....	78
CONCLUSIONES .....	81
RECOMENDACIONES .....	83
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	85
ANEXOS .....	89
Anexo 1: Matriz de consistencia.....	89
Anexo 2: Matriz de operacionalización de variables .....	91
Anexo 3: Instrumentos de investigación.....	93
Anexo 4: Base de datos de la investigación .....	95

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Factores geomorfológicos .....	67
Tabla 2. Tipos de ensayos.....	68
Tabla 3. Principales propiedades suelos .....	69
Tabla 4. Datos principales y factores de capacidad de carga .....	70
Tabla 5. Parámetros del ensayo de corte directo .....	71
Tabla 6. Capacidad admisible.....	72
Tabla 7. Descripción de datos usados.....	73
Tabla 8. Lista de hipótesis nulas y alternas .....	75
Tabla 9. Análisis de regresión hipótesis específicas.....	76

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Verificación de la estabilidad contra el vuelco .....	54
---	----

## RESUMEN

Esta investigación tuvo como objetivo general determinar la relación de los muros de gaviones o muros de concreto en las defensas ribereñas del Río Cunas -Chupaca 2020. Se trata de una investigación de tipo aplicada, nivel correlacional, con un diseño experimental para poder demostrar un criterio estadístico científico de los efectos de los muros de gaviones en las defensas ribereñas, para ello se procede con la aplicación de pruebas de laboratorio a fin de realizar el cálculo de los indicadores de volcamiento, desplazamiento, erosión y socavación; posterior a ello, se realizan pruebas estadísticas que confirman la contrastación de las hipótesis a través de pruebas de regresión con el estadístico t Student. Los resultados se establecieron con un valor de los estadísticos t Student para el indicador de volcamiento y erosión de -6.58 y de desplazamiento y socavación de 6.05, comprobando que existe relación entre muros de gaviones o muros de concreto en las defensas ribereñas del Río Cunas -Chupaca 2020. Finalmente, se concluye que, en la medida que hay una mayor fuerza de seguridad al volcamiento, se reduce la velocidad de erosión, lo cual induce a establecer una mayor protección de los gaviones o concreto en las defensas ribereña y cuando hay una mayor fuerza de seguridad de seguridad de deslizamiento, se reduce la altura de socavación calculada, dotando mejores resultados del sostenimiento del sistema de protección integrado por las defensas ribereñas.

**Palabras clave:** Defensas ribereñas, socavación, erosión, volcamiento, deslizamiento.

## **ABSTRACT**

The general objective of this research was to determine the relationship of the gabion walls or concrete walls in the riverine defenses of the Rio Cunas -Chupaca 2020. It is an applied research, correlational level, with an experimental design to demonstrate a criterion Scientific statistician of the effects of gabion walls on riparian defenses. For this, we proceed with the application of laboratory tests in order to calculate the indicators of overturning, displacement, erosion and scour; after that, statistical tests are carried out that confirm the contrast of the hypotheses through regression tests with the t Student statistic. The results were established with a value of the t Student statistics for the overturning and erosion indicator of -6.58 and displacement and scouring of 6.05, verifying that there is a relationship between gabion walls or concrete walls in the riverine defenses of the Cunas River - Chupaca 2020. Finally, it is concluded that, to the extent that there is a greater safety force to the overturning, the erosion speed is reduced, which induces to establish a greater protection of the gabions or concrete in the riparian defenses and when there is a greater slip safety security force, the calculated scour height is reduced, providing better results for the support of the protection system integrated by the riverine defenses.

**Keywords:** Riparian defenses, scour, erosion, overturning, landslide.

## INTRODUCCIÓN

En la presente investigación se trabajará con los muros de gavión o los muros de concreto en función a las defensas ribereñas, pues los fenómenos naturales suelen poner en riesgo la vida tanto de los pobladores, como de todo aquello que se encuentra a su alrededor, pues al realizar un análisis de las propiedades de cada uno se determinará, como es que estos pueden ser más o menos conveniente.

Es así que en esta investigación se busca determinar la influencia de los muros de gaviones o muro de concreto en las defensas ribereñas del Rio Cunas en la provincia de Chupaca, para tener mayor alcance en esta investigación se detalla que está comprendida por siete Items.

En la primera se detalla el planteamiento del problema, el cual tendrá sub índices como descripción de la realidad problemática, delimitación de la investigación, así como el planteamiento, la justificación y los objetivos. En la segunda se encuentra el marco teórico, en esta parte se detallan los antecedentes que preceden a esta investigación, así como las bases teóricas y el marco conceptual, en la tercera se muestran las hipótesis de investigación, así como las variables, para dar paso a la cuarta, donde se detalla la metodología de la investigación según

el tipo, nivel, diseño, la población, las técnicas e instrumentos para la recolección de datos, así como las técnicas de procesamiento de datos, la quinta establece la administración del plan de investigación, el presupuesto y el cronograma, así mismo la sexta comprende las referencias bibliográficas y en la última los anexos, donde se detalla la matriz de consistencia y la operacionalización de variables, así mismo es necesario detallar que por la característica de esta investigación no se trabajará con un instrumento o encuesta que pueda ser detallado en el plan de tesis, así también dado que no será realizado u aplicado en una institución no se requiere del consentimiento informado.

La estructura de la investigación se presenta de la siguiente manera: En el capítulo I se detalla el planteamiento del problema, en el cual se esgrimen los principales puntos del porque se toma en consideración un estudio de este tipo, en el capítulo II, se presenta el marco teórico, el cual contiene los antecedentes y bases teóricas que fundamentan el estudio, el capítulo III detalla la metodología utilizada para proceder en la información como tal y el capítulo IV presenta el análisis de los resultados, el cual está basado en pruebas de regresión a través de la recopilación de información de pruebas de laboratorio. Y por último se termina con las conclusiones y recomendaciones.

# **CAPITULO I:**

## **PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN**

### **1.1. Planteamiento del problema**

El calentamiento global, es uno de los grandes desafíos que el mundo enfrenta. Este calentamiento ocasiona desastres naturales como, cuando grandes glaciares se derriten, con bosques que acaban incinerados, etc. (Guterres, 2009), los cuales provocan grandes precipitaciones continuas y caos al punto de provocar desbordes por altos niveles de caudal en los ríos, por ende, la ingeniería ha ido diseñando diferentes métodos que ayudan con la contención de desbordes ribereños, el cual afecta la población y ecosistema que se encuentre a sus alrededores (Coral, 1998).

Entre los fenómenos naturales dados por este cambio climático se tiene consignado los presentados entre los años de 1982-1983, 1997-1998 y 2016-2017, una consecución de fenómenos que provocaron diversos desastres en la zona norte, centro y sur del Perú donde las abrumantes precipitaciones han generado una continuidad de tormentas provocando aluviones que ocasionaron incremento de los caudales en los ríos, para luego en algunos casos generar el desborde (García & Briones, 2018), llevando todo lo que estaba a su paso e inundando viviendas, sembríos, etc., es por ello que los proyectos de ingeniería civil se enfocan en construir defensas ribereñas.

Las defensas ribereñas utilizadas comúnmente en el Perú son las de concreto o de gaviones sin embargo, existen criterios técnicos que deben ser considerados en la construcción de las defensas ribereñas como por ejemplo la resistencia a la erosión, socavación, así como la fuerza de seguridad al deslizamiento bajo los criterios o normas



internacionales de la prueba de acero, durabilidad química, y durabilidad mecánica, sin embargo también se trabajó con un proceso constructivo que requiere de mano de obra calificada del proceso de construcción de un muro de gaviones, el cual podría disminuir sus costos, lo cual permite la inversión en tramos más extensos de defensas ribereñas.

Esta investigación será desarrollada en parte de la cuenca del río Cunas, el cual nace en la cordillera occidental, en la laguna Runapa – Huañunán a 5180 m, la cual finalmente desemboca en el Río Mantaro entre el distrito de Pilcomayo y Huamancaca, perteneciendo finalmente a la cuenca hidrográfica del Río Mantaro (Ministerio de Salud - DIRESA - Junín, 2009). Si bien la mayor parte de este recorrido se encuentra entre múltiples terrenos referidos a la agricultura, produciendo en épocas de lluvia múltiples inundaciones o desbordes que afectan la economía de las familias que se dedican a la agricultura, por otro lado, la expansión poblacional genera que muchas familias empiecen a construir sus viviendas en zonas aledañas a este.

Por ende, al conocer las características de la zona de estudio desde la ingeniería civil se plantea dar un aporte investigativo, el cual permita tomar la mejor decisión u alternativa a fin de realizar mejoras en las defensas ribereñas del río Cunas, con un sistema óptimo, que viabilice tanto el aspecto económico como la duración o vida útil del proyecto bajo un análisis comparativo entre los muros de contención con gaviones y muros de contención con concreto a fin de conocer correctamente la estabilidad de esta construcción para plasmar la seguridad contra el vuelco del muro en ambos casos, así como la de deslizamiento y también se requiere conocer la resistencia a la erosión en ambos casos pues ello podría desproteger el muro o la defensa ribereña; la resistencia a la socavación permitirá establecer la durabilidad del revestimiento ante un golpe de carga hidráulica generada por la velocidad y caudal del

agua. En contraste a ello el objetivo de la investigación será determinar la influencia del muro de gavión o muro de concreto en la defensa ribereña del Rio Cunas - Chupaca 2020.

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

### **1.2.1. Problema general**

¿Cuál es la relación entre los muros de gaviones o muros de concreto en las defensas ribereñas del Rio Cunas - Chupaca 2020?

### **1.2.2. Problemas específicos**

- a. ¿Qué relación existe entre la fuerza de seguridad al volcamiento de muros de gaviones y muros de concreto, y la resistencia a erosión en las defensas ribereñas del Rio Cunas - Chupaca 2020?
- b. ¿Qué relación existe entre la fuerza de seguridad al deslizamiento de muros de gaviones y muros de concreto, y la resistencia de socavación de las defensas ribereñas del Rio Cunas - Chupaca 2020?
- c. ¿Cuál es la diferencia que existe, en la fuerza de seguridad de volcamiento entre muros de gaviones y muros de concreto en las defensas ribereñas del Rio Cunas - Chupaca 2020?
- d. ¿Cuál es la diferencia que existe, en la fuerza de seguridad de deslizamiento entre muros de gaviones y muros de concreto de las defensas ribereñas del Rio Cunas - Chupaca 2020?

### **1.3. Justificación**

#### **1.3.1. Social**

La ingeniería civil y el desarrollo de esta ha sido mejorada y reinventada con el fin de proporcionar mejoras en los accesos estructurales en los cuales nos desarrollamos y el desarrollo ingenieril para la seguridad. En este caso por fuerzas de la naturaleza el incremento del cauce del río suele ser mayor, por ende, la importancia de estudiar los muros de gaviones o los muros de concreto en las defensas ribereñas, al determinar sus condiciones respecto a la fuerza de seguridad de volcamiento y la fuerza de seguridad de deslizamiento se menguará los posibles riesgos generados por factores naturales que finalmente benefician a los pobladores y tierras aledaña previniendo el desborde de estos.

#### **1.3.2. Teórica**

Respecto a la teoría referida a los muros desarrollados en las riberas de los ríos, es necesario considerar muchas características referidas a diseños naturales propios de cada uno de los ríos, así como la elevación volumétrica en temporadas lluviosas, al desarrollarse la investigación se reforzará el concepto teórico referido a las características establecidas

#### **1.3.3. Metodológica**

El motivo por el cual se decidió realizar esta investigación fue precisamente el querer conocer más el tema desde sus inicios y como ha venido evolucionando a través del tiempo, dando así como resultado la ingeniería civil que ahora conocemos y las nuevas tecnologías que existen para así realizar una mejor protección de las defensas del

rio así como el cliente o los interesados desean construir y admirar una obra de muy buena calidad, donde se tomó en cuenta el tipo de suelo, el soporte de el mismo, materiales más efectivos y duraderos para dicha obra. Fue por estos motivos que se decidió estudiar este tema.

#### **1.4. Delimitación del problema**

##### **1.4.1. Espacial**

La presente investigación será desarrollada en la Provincia de Chupaca exactamente en el Rio Cunas entre el Puente Peatonal Muqui y el Puente Peatonal Peralta Alta, en departamento de Junín, Perú.

##### **1.4.2. Temporal**

Exactamente durante el año 2020, teniendo también dentro de los términos la construcción de la defensa ribereña.

##### **1.4.3. Económica**

La presente investigación no tuvo delimitación económica.

#### **1.5. Limitaciones**

La presente investigación hace un análisis sobre la defensa ribereña del Rio Cunas. Mientras que los datos de los muros de gaviones se encuentran detalladas a través de cálculos sustentados en pruebas in situ y pruebas de laboratorio, en el caso de los datos de los muros de concreto son realizados a través de cálculos de simulación. Esto implica un análisis limitado, no obstante, es lo suficientemente exhaustivo como para poder sostener las hipótesis de investigación.

## **1.6. Objetivos**

### **1.6.1. Objetivo general**

Determinar la relación de los muros de gaviones y los muros de concreto en las defensas ribereñas del Rio Cunas - Chupaca 2020

### **1.6.2. Objetivos específicos**

- a. Establecer la relación existente entre la fuerza de seguridad de volcamiento de muros de gaviones y muros de concreto, y la resistencia a erosión de las defensas ribereñas del Rio Cunas - Chupaca 2020
- b. Establecer la relación que existe entre la fuerza de seguridad de deslizamiento de muros de gaviones y muros de concreto, y la resistencia de socavación de las defensas ribereñas del Rio Cunas - Chupaca 2020.
- c. Determinar la diferencia de fuerza de seguridad de volcamiento entre muros de gaviones y muros de concreto en las defensas ribereñas del Rio Cunas - Chupaca 2020.
- d. Determinar la diferencia de fuerza de seguridad de deslizamiento entre muros de gaviones y muros de concreto en las defensas ribereñas del Rio Cunas - Chupaca 2020.

## **CAPITULO II:**

### **MARCO TEÓRICO**

#### **2.1. Antecedentes**

##### **2.1.1. Internacionales:**

Brocato (2020) estudia un modelo teórico para el estudio de gaviones rellenos de roca, basado en la teoría de continuos con microestructura, donde figura explícitamente el entrelazamiento de piedras a través de contactos. En este modelo, cada piedra está parcialmente bloqueada por sus primeros vecinos, apareciendo como una caja continua deformable. Mientras que las piedras son elementos materiales, como tales, dotados de inercia, las cajas son características de configuración, como por ejemplo, puntas de grietas o límites de fase. Luego se incluyen dos acciones internas: acciones materiales que representan las fuerzas internas y momentos que surgen en el proceso de boxeo y acciones configuracionales que posiblemente impulsen a las cajas a cambiar de forma o hacer que los contactos dentro de ellas se actualicen. Siguiendo la teoría de continuos

con microestructuras, cada elemento material y configuracional del continuum está dotado de propiedades geométricas, trabajando con respecto a las acciones internas mencionadas. Para reducir la complejidad de esta geometría (y del problema matemático resultante), conservando no obstante una descripción suficientemente precisa del proceso de encajonamiento, consideraremos piedras y cajas que tienen una conexión permanente uno a uno, representada por una traza simétrica sin trazos. tensor, similar a un tensor de tela. El conjunto de ecuaciones de equilibrio que definen el problema mecánico es el equilibrio de momento material y momento de momento, expresado en el espacio vectorial habitual de fuerzas y el equilibrio de entidades dinámicas configuracionales, expresado en el espacio de tensores de segundo orden. Las partes disipativas y no disipativas de las tensiones se relacionan luego con un potencial de energía libre y con un potencial de disipación, dentro del marco de procesos independientes de la velocidad.

Ng et al., (2018) estudian y mencionan que los gaviones son la capa de amortiguación más comúnmente adoptada para proteger las barreras rígidas resistentes a los escombros contra el impacto de rocas. A pesar del uso frecuente de gaviones, comprenden fragmentos de rocas pesadas que no se transportan fácilmente por terrenos naturales empinados. El advenimiento del uso de vidrio celular liviano como capa de amortiguación alternativa proporciona un enfoque innovador para absorber la energía del impacto. Sin embargo, la falta de conocimientos sobre sus características de atenuación de carga ha obstaculizado su posible implementación. En este estudio, el vidrio celular se sometió a impactos sucesivos para replicar la carga dinámica de los cantos rodados mediante el uso de una configuración de péndulo a gran escala. Los

resultados revelan que para un solo impacto a 70 kJ, el aplastamiento exhibido por el vidrio celular conduce a una fuerza de impacto un 25% menor en comparación con los gaviones, que dependen predominantemente de la reordenación de los fragmentos de roca para absorber energía. Sin embargo, los gaviones exhiben una distribución de carga más efectiva, con un ángulo de difusión tres veces mayor que el del vidrio celular. Para garantizar diseños robustos para vidrio celular, se propone el número de daños de Johnson para cuantificar la deformación plástica y mejorar las estimaciones de la eficiencia de amortiguación representada por el factor de reducción de carga ( $K_c$ ) utilizado en el diseño actual.

Cherkasova (2019) considera que el uso de muros de contención gravitacionales hechos de estructuras de gaviones es importante para fortalecer las laderas de grandes cantidades de agua. Se observa una amplia gama de posibilidades para el uso de gaviones en la construcción. Un análisis de la literatura técnica y regulatoria lleva a la conclusión de que no se comprende bien el tema del uso de estructuras de gaviones para fortalecer las laderas costeras marinas. El artículo describe la experiencia de usar gaviones para fortalecer y proteger contra la erosión de la ladera del mar desde el momento de la creación hasta la destrucción total. Se registra un cambio en el estado de la estructura durante la operación a largo plazo y sus causas.

Yu y Choi (2020) estudian cómo es que los gaviones rellenos de roca se instalan comúnmente frente a estructuras de hormigón armado para reducir las cargas de impacto concentradas inducidas por la caída de rocas y los cantos rodados arrastrados por los flujos de escombros. El rendimiento de amortiguación de los gaviones rellenos de roca puede variar según la forma de los fragmentos de roca utilizados. En este artículo, se



llevó a cabo un estudio paramétrico utilizando el método de elementos discretos para discernir los efectos de la forma de las partículas en el rendimiento de amortiguación de gaviones rellenos de roca contra el impacto dinámico de rocas. Se adoptaron cuatro esfericidades de partículas para modelar partículas angulares, subangulares, subredondeadas y redondeadas. Las simulaciones DEM revelan que la profundidad de penetración de las rocas disminuye con la angularidad de las partículas. Por lo tanto, debe usarse una capa de amortiguación más gruesa en el diseño si las partículas son redondeadas. Más importante aún, el impacto y las fuerzas transmitidas sobre una barrera de hormigón armado aumentaron con la angularidad de las partículas. Esto se debe a que los conjuntos angulares tienen más puntos de contacto, lo que permite cadenas de fuerza más estables que pueden soportar cargas más altas. El ángulo de difusión de la carga para las partículas redondeadas es hasta 20 veces mayor en comparación con las partículas angulares, lo que sugiere que, como las partículas, la angularidad gobierna la capacidad de distribución de la carga de una capa de amortiguación. En general, se deben adoptar rocas con morfología redondeada donde sea posible para reducir las cargas transmitidas y distribuir las cargas de manera más uniforme.

Adilov, Miralimov y Abirov (2020) investigaron y detallaron pruebas en el laboratorio y las condiciones de campo de la eficacia de los gaviones erigidos en la construcción de carreteras en el distrito de Parkent de la región de Tashkent. Se ha realizado el análisis de la influencia de los principales parámetros estructurales de las estructuras de gaviones para fortalecer la subrasante en su estabilidad y deformabilidad. Refuerzo de la subrasante 4P187 “Kiziltov sh. - Parkent sh. (59 km) - Kumushkon ”se

realizó con estructuras de gaviones en forma de caja. Este tramo de carretera desde la estaca PK80 hasta PK90 se desdibujó como resultado del flujo de lodo. Para fortalecer esta vertiente se aprobó un programa local para su fortalecimiento focalizado. Como condiciones iniciales para el estudio del sitio considerado, se ha realizado el trabajo para determinar las propiedades físicas y mecánicas de los suelos que se encuentran en el talud de la carretera.

Al-Fawzy et al.,(2020) realizaron un estudio que investiga el efecto del uso de vertedero de gaviones escalonados en un canal de laboratorio sobre la distancia del salto hidráulico. Se llevó a cabo un conjunto de 25 experimentos de laboratorio y 175 pruebas de funcionamiento utilizando un canal de laboratorio con dimensiones de 10 m de largo por 0,3 m de ancho y 0,5 m de alto. El vertedero de gaviones probado tenía cinco longitudes posibles diferentes: 0,88 m, 0,96 m, 1,04 m, 1,12 m y 1,20 m, y el material de relleno utilizado fue grava de cantera natural monogradada en cinco tamaños de muestra diferentes de diámetro equivalente medio 11,75 mm, 16,50 mm, 22,00 mm, 31,25 mm y 43,75 mm. Los valores de descarga de operación oscilaron entre 0,7 y 15,0 l / s. El conjunto de datos se sometió a análisis dimensional para generar grupos adimensionales y se correlacionó mediante el Teorema Pi de Buckingham. Los resultados de este estudio mostraron que en caso de representación directa entre los parámetros, la distancia de salto hidráulico tiene una relación directa con la descarga pero tanto la muestra de grava utilizada como la longitud total del vertedero dan un comportamiento ondulado con su incremento. Mientras que el uso de la representación dimensional muestra que tanto la muestra de grava como la longitud del vertedero tienen una relación inversa con la

distancia del salto hidráulico. Se han realizado muchos ensayos para formular la mejor ecuación que combine los parámetros estudiados con una buena concordancia.

### **2.1.2. Nacionales:**

Gomez y Cahuna (2018), con la finalidad de obtener el título de ingeniero civil de la Universidad Privada de Tacna, elaboró una investigación sobre una propuesta de diseño de defensas ribereñas en el río Locumba, Anexo de Oconchay, zona rural del distrito Ilabaya, provincia de Jorge Basadre Grohmann – Tacna; con el propósito de determinar criterios técnicos a tomar en consideración en el diseño y construcción de muro de gaviones que sirven para la defensa ribereña; de manera que se logre contrarrestar la socavación de los bordes de un río; la metodología adoptada inicia desde el diagnóstico hasta la propia elaboración; los resultados demostraron que las precipitaciones máximas anualmente de 400.00 mm en las zonas superiores a 3900 msnm, lográndose determinar las propiedades del suelo en la zona de estudio, tomándose la decisión de elaborar muros de gaviones por razones de su ubicación y reducción presupuestaria; lográndose elaborar por medio del método de Coulomb en el diseño del muro de gaviones, verificándose la estabilidad de la estructura respecto a la seguridad contra el deslizamiento, el vuelco y seguridad de rotación global.

Luján (2017), para obtener el título profesional de ingeniero civil de la Universidad César Vallejo, elaboró una tesis sobre Uso de Gaviones para mejorar la defensa ribereña del río Huaycoloro, zona de Huachipa distrito de Lurigancho, Lima 2017, con el propósito de determinar si el uso de gaviones puede mejorar la resistencia a la erosión y socavación del río materia de análisis. La misma que se ejecutó por medio de una comparación de un muro de contención de concreto y otro elaborado a base de

gaviones; llegando a concluir que si se hace necesario construir un muro de gaviones ya que se mejoró en la defensa de un 20.25% en el índice de resistencia a la erosión y un 27.83% en la socavación.

Aguila (2016) , para obtener el título de ingeniero civil de la Pontificia Universidad Católica del Perú, elaboro una tesis sobre Comparación técnica entre el uso de gaviones y geoceldas como estructuras de defensa ribereña; de forma que su principal propósito es comparar estos dos tipos de revestimiento contra la erosión ribereña por medio de 3 variables técnicas en el proyecto del rio Zarumilla en Tumbes, la misma que se ejecutó en marco de cooperación entre Ecuador y Perú con la finalidad de mitigar las consecuencias de las inundaciones producidas por el fenómeno del niño. Los resultados permitieron demostrar que los colchones de gaviones y las geoceldas de concreto son capaces de resistir las sollicitaciones mínimas del proyecto; aunque las geoceldas han demostrado mejor desempeño respecto al recubrimiento contra la erosión ribereña; es decir son mucho más adecuado.

## 2.2. Marco Conceptual

**Defensa Ribereña:** Es una forma de proteger las zonas cercanas a los ríos de las posibles crecidas, para ello se utilizan medios estructurales y no estructurales. Entre las medidas estructurales, se encuentran las represas y los reservorios, además de la realización de modificaciones a los canales de los ríos, distintas obras de drenaje, entre otros aspectos. (ARQHYS, 2012, p.12).

**Fuerza de seguridad contra deslizamiento:** ocurre cuando la resistencia al deslizamiento a lo largo de la base del muro de contención, sumada al empuje pasivo

disponible en su frente, no son suficientes para contraponerse al empuje activo (fuerzas desestabilizadoras menores a las fuerzas estabilizadoras).

**Fuerza de seguridad contra volcamiento:** sumatoria de momentos para verificar la estabilidad contra el vuelco.

**Gaviones:** Los muros de gaviones se ejecutan principalmente con el propósito de estabilizar el suelo detrás del muro, pero también se pueden ejecutar como un muro de cubierta.

**Resistencia a la erosión:** la resistencia a la erosión y la durabilidad del revestimiento de protección, tanto para una carga hidráulica de larga como de corta duración, pueden ser cuantificadas y comparados mediante la velocidad máxima permisible.

**Socavación:** Las rocas erosionadas chocan y se rompen en fragmentos más pequeños. Los bordes de estas rocas se vuelven más lisos y más redondeados.

## 2.3. Definición de términos

### 2.3.1. Análisis hidráulico

La contundencia del comportamiento desarrollado en los paramentos del caudal y la reacción del caudal a los tramos aplicados debe tener en cuenta aquellas a cumplir las condiciones físicas, se aplican soluciones del flujo. Esto a través de encontrar la forma a usar que resolverá las ecuaciones diferenciales y obtendrá los resultados. Cuando se selecciona la función, las variables se llaman en el orden y no es posible saber de antemano cuántos valores habrá o si los parámetros son constantes o variables. En esta etapa el algoritmo está compuesto por procedimientos que se definen y que obtienen los

resultados o incluso definen un determinado formato para presentarlos, habilitando, así como desarrollando interfaces gráficas que ayuden a analizar los resultados de forma flexible y dinámica. En casos más complejos, cuando existen varias entradas o salidas, se pueden incluir en el procedimiento.

Una vez seleccionada la función, se especifican los puntos que componen los segmentos. A estos puntos se les dan posiciones a lo largo del canal. El procedimiento se basa en el concepto de valor de borde y se realiza de forma automática. Las distintas posiciones que se han definido para los puntos se especifican como variables. La primera inicialización de los valores inicial y terminal se realiza automáticamente en el momento de la creación de los puntos. Cuando se reciben los valores, estos se suman a la variable correspondiente y se calcula el canal desde el principio hasta el final del objeto.

### **2.3.2. Defensa Ribereña**

Los ríos y arroyos son entidades dinámicas con límites, como lechos y bancos, que están sujetos a erosión y deposición. Los canales artificiales a menudo se construyen con materiales erosionables como el suelo existente o el relleno de tierra compactada. En ambos casos existe la necesidad de obras para estabilizar la cama y los bancos para que el canal no migre y cause daños a la infraestructura adyacente (Olivos, 2002).

Hay tres situaciones principales en las que es necesaria la protección de la cama y las orillas de un canal o río:

- cerca de estructuras, como puentes, esclusas, y vertederos, donde las velocidades de flujo y la turbulencia son a menudo más altas, y la erosión del canal podría amenazar la seguridad o integridad de la estructura

- a lo largo de un canal donde el material natural del lecho y los bancos podría estar sujeto a la erosión, y donde dicha erosión es inaceptable, por ejemplo, donde el río o canal corre cerca de una carretera u otro tipo de infraestructura
- en un canal de navegación donde las corrientes y las turbulencias causadas por los barcos podrían erosionar el lecho y las orillas. Estas condiciones se encuentran predominantemente en las principales vías navegables interiores en lugares donde atracan o maniobran grandes embarcaciones.

#### **2.3.2.1. Tipos de estructura y funciones.**

El encauzamiento fluvial consiste en todas las obras de ingeniería construidas en un río que se requieren para guiar y limitar el flujo al canal del río y regular la configuración del lecho del río para un movimiento efectivo y seguro del agua, incluidos el hielo y los sedimentos fluviales. Los trabajos de encauzamiento fluvial se utilizan para estabilizar o restringir un río (Soto, 2017). También pueden formar parte de obras de alivio de inundaciones.

La forma más común de estabilizar un canal de río es la protección o revestimiento del banco, en el que se colocan piedras en la orilla del río para evitar la erosión del material natural que forma el banco.

Las cajas de alambre que contienen piedras más pequeñas, es decir, gaviones, también pueden usarse como protección bancaria.

Cuando la ribera de un río es inestable y no hay suficiente espacio disponible para permitir la construcción de un revestimiento, se puede construir un muro de contención. Aunque la piedra se puede usar en forma de mampostería, esto es

relativamente raro hoy en día. Se acostumbra construir muros de contención a la orilla del río a partir de cestas de gaviones llenas de piedras de pequeño tamaño. Los muros de contención de gaviones tienen las ventajas del drenaje libre y la capacidad de soportar el crecimiento de la vegetación. Los muros de contención también pueden formarse a partir de grandes piezas de piedra de armadura colocadas para formar un muro bajo en el borde del canal.

Se requiere protección del lecho del río o protección contra la erosión para estructuras tales como muelles de puentes o vertederos para evitar que la erosión socava los cimientos de la estructura.

### **2.3.3. Dimensiones de las defensas ribereñas**

#### **Resistencia a la erosión**

Los procesos de erosión son esencialmente inducidos por la alta velocidad del agua, la alta turbulencia y el alto esfuerzo cortante. La naturaleza y el origen del material del banco, así como los procesos que afectan la erosión de la superficie de los bancos desprotegidos, son consideraciones clave en la selección y el diseño de los trabajos de capacitación fluvial (Luján, 2017).

En algunas partes del mundo, las mareas pueden ser responsables de variaciones muy grandes del nivel del agua del río y de la inversión de la dirección actual en ríos / canales. El alcance de las mareas puede extenderse por varias decenas de kilómetros y en estas áreas el diseño de revestimientos de armaduras, de los dedos de los pies y protección contra la abrasión debe considerar los siguientes puntos (Escarameia, 1998):



- La variación en el nivel del agua durante el ciclo de las mareas implica que la protección de la parte superior de los bancos generalmente será necesaria con un grado de cuidado similar al de la parte inferior, donde los efectos de las mareas están presentes. Además, se pueden acumular presiones hidrostáticas excesivas detrás de un revestimiento de banco si no se dispone de una capa de filtro o geotextil adecuado
- Debido a la inversión del flujo en la vecindad de las estructuras hidráulicas, se debe tener cuidado para proteger los bancos y el lecho no solo en el lado aguas abajo sino también en el lado aguas arriba. Esto incluye los detalles del borde en ambos extremos
- En ríos aluviales bajo corrientes de marea, la inestabilidad de los canales de reflujos e inundación puede tener efectos en el diseño de la protección del lecho y del borde del pie.
- Los hábitats naturales en los tramos de marea son diferentes de los de otros tramos fluviales porque los depósitos de limo en los bancos superiores fomentan el establecimiento de especies. El diseño de los revestimientos debe ser comprensivo con esto.

Las descargas esporádicas, como las descargas de agua de los embalses o las descargas intermitentes de las centrales eléctricas, además de la acción desestabilizadora de las corrientes generadas, pueden producir cargas diferenciales significativas entre el frente y la parte posterior de un revestimiento de un banco.

Esto surge en particular cuando la permeabilidad del suelo base difiere significativamente de la del revestimiento.

En general, es conveniente clasificar las riberas de los ríos de la siguiente manera:

- bancos cohesivos en los que hay una cantidad significativa de arcilla. Algunas turbas también se pueden agrupar bajo este encabezado.
- bancos no cohesivos que tienen poca o ninguna cohesión, es decir, aquellos con una pequeña cantidad de arcilla y que generalmente comprenden arena o grava
- bancos compuestos que tienen una estructura en capas, por ejemplo, un suelo cohesivo que recubre un suelo no cohesivo.

También hay riberas de roca de lecho que no sufren erosión en las escalas de tiempo de ingeniería normales.

Los bancos compuestos se encuentran comúnmente en ríos que transportan material de lecho. La sección inferior del banco consiste en sedimento que es compatible con el material del lecho y representa un depósito de barra anterior. El banco superior consiste en sedimento que no se encuentra en una cantidad significativa en el lecho del canal y resulta de la deposición de sedimento fino en la superficie de la barra durante la recesión por inundación. Cuando están presentes capas sucesivas de material cohesivo y no cohesivo, el banco compuesto a menudo se conoce como banco en capas. La vegetación ayuda a estabilizar el

material y fomenta una mayor deposición al aumentar la rugosidad hidráulica local (Luján, 2017).

### **Resistencia a la erosión y durabilidad**

Los factores físicos y las condiciones de campo que determinan el comportamiento de la erosión de la superficie de los canales son muy complejos, debido a la interacción entre la gran variabilidad del flujo y las características propias de cada tipo de recubrimiento (Monjo, 2007). En consecuencia, a esta complejidad y para lograr una comparación entre parámetros sencillos e importantes, esta investigación utiliza las siguientes definiciones. Según Prosser et al., (2001) la resistencia a la erosión y la durabilidad del revestimiento de protección, tanto para una carga hidráulica de larga como de corta duración, pueden ser cuantificadas y comparados mediante la velocidad máxima permisible, es así que una mayor velocidad de resistencia indica que el recubrimiento desarrolla un mejor performance de sus funciones durante los eventos extremos. Del mismo modo, el esfuerzo de corte generado por el flujo sobre la superficie del canal es un indicador directo y relevante respecto al proceso de erosión de la superficie del canal. En consecuencia, para comparar de manera simple las características de este revestimiento, se evalúa la resistencia a la erosión mediante la velocidad máxima permisible y la resistencia a los esfuerzos de arrastre.

**Índice de resistencia a la erosión (IRE)** (Luján, 2017)

$$IRE = \frac{RER}{REP} * 100$$

## **Resistencia a la socavación**

Es la remoción o desgaste de materiales del lecho de un cauce debido a la acción erosiva del agua.

Las rocas erosionadas chocan y se rompen en fragmentos más pequeños. Los bordes de estas rocas se vuelven más lisos y más redondeados. El desgaste hace que las partículas de roca sean más pequeñas. No erosiona la cama y el banco. Los trozos de sedimento del río se vuelven más pequeños y más redondeados a medida que avanzan aguas abajo (Luján, 2017).

El dióxido de carbono se disuelve en el río para formar un ácido débil. Esto disuelve la roca por procesos químicos. Este proceso es común donde las rocas de carbonato como la piedra caliza y la tiza son evidentes en un canal.

**Índice de socavación** (Luján, 2017)

$$IS = \frac{SR}{SP} * 100$$

### **2.3.4. Estabilidad estructural y presión del suelo**

El cálculo de las fuerzas ejercidas por los suelos contra las estructuras fue uno de los primeros problemas en la mecánica del suelo. Las teorías más aceptadas para estimar la presión de la tierra son las de Coulomb (1776) y Rankine (1857). Sin embargo, las presiones de la tierra obtenidas a partir de estas teorías no distinguen entre los modos de movimiento de la pared, y las teorías no proporcionan información previa al fallo. La importancia práctica de dicha información previa al fallo es inmensa. El diseñador de la

estructura no solo debe conocer la magnitud de las fuerzas que se aplicarán a la estructura, sino también el inicio de dichas fuerzas. El diseñador también debe saber cuánta fuerza lateral producirá dicha fuerza y hacia qué ángulo se dirigirá dicha fuerza. También debe saber si la fuerza será transitoria o sostenida. Las fuerzas transitorias son aquellas que varían de vez en cuando con cambios en la pendiente de la superficie, mientras que las fuerzas sostenidas son aquellas que permanecen constantes o solo varían gradualmente en el tiempo.

Como es bien sabido, dicha información podría ser extremadamente importante para ayudar al diseño de sistemas de estructura-cimentación. Las presiones de la tierra son un subproducto del equilibrio entre las fuerzas de carga (presión del suelo) y las de restricción (tensión, cargas) y, por lo tanto, la presión de la tierra se puede utilizar para cuantificar la tensión y las cargas. Si se conocen la resistencia a la compresión del suelo y la resistencia a la carga, se puede estimar la "carga" en una estructura. Esto se puede hacer mediante la integración de la tensión en una posición particular de la base. La carga puede entonces dividirse por la resistencia a la compresión del suelo, si se conoce. Las cargas que pueden representarse se dividen en cuatro categorías:

- cargas debidas al agua,
- cargas debidas a cargas vivas,
- cargas debidas a cargas muertas y
- cargas excesivas.

Para resolver problemas de estabilidad estructural, se procede a establecer criterios de construcción que permitan aumentar los indicadores a fin de que promuevan la protección y seguridad de paisajes, construcciones y otros.

### **2.3.5. Muros de contención**

Las principales fallas que tiene una estructura es que no tiene la estabilidad necesaria para mantenerse exactamente donde está. Esto puede suceder por varias razones como una cantidad alta de fuerzas verticales que afectan, así como inestabilidad del terreno o agentes que causen este tipo de deterioro al terreno. Para ello se puede requerir estructuras adicionales que permitan mantener estable, estos pueden ser denominados muros de contención en la medida que sirvan para soportar fuerzas o soportar de manera física a los agentes causantes de la inestabilidad.

A pesar de ello, es posible que en algunos casos se pueda tener fallos con estos muros, es decir, que inclusive con estructuras adicionales, se tenga inconvenientes, estos pueden ser resumidos en: deslizamiento horizontal del muro, en el plano de contacto sobre la base del muro y el suelo, volteo alrededor de la arista delantera de la base, presiones excesivas en el terreno (área de contacto), que usualmente se dan en la parte delantera del muro o falla generalizada del suelo, por lo que es necesario hacerse una verificación cuando el talud es importante.

Entre otros puntos que son necesarios para poder establecer la factibilidad de la presencia de muros de contención se pueden establecer los siguientes indicadores:

## Empuje activo

El empuje activo, se determina a partir de las condiciones de equilibrio de fuerzas y su punto de aplicación se determina a partir de las condiciones de equilibrio de momentos. El empuje activo, en un ángulo  $\delta$  es la fuerza aplicada a la normal en la espalda.

Es importante señalar que la contribución del empuje activo es siempre mayor que la contribución del empuje pasivo, por lo que el diseño de los muros de contención debe tener en cuenta el empuje activo en la parte delantera y trasera del muro. Haciendo uso la masa, el suelo y otros detalles adicionales se puede calcular la altura de la pared y el espesor del suelo

Sin embargo, al diseñar un muro de contención o un muro en voladizo en el que el empuje activo es igual o mayor que el empuje estático se puede obtener a partir de la masa de la estructura del muro y en función de la altura

- $p_a$  = presión debida al empuje activo
- $k_a$  = coeficiente de empuje activo
- $\gamma$  = peso específico del material
- $y$  = profundidad a partir del extremo superior
- $\phi$  = ángulo de fricción interna
- $\theta$  = ángulo sobre la horizontal del talud del material
- $P_{ay} = k_a \gamma y$
- $E_{ay}$  = empuje activo hasta una profundidad "y"

De esta forma se puede establecer que el empuje activo es:

$$E_{ay} = \frac{1}{2} P_{ay} y = \frac{1}{2} k_{ay} \gamma y$$

Donde:

$$k_a = \cos \theta \frac{\cos \theta - \sqrt{\cos^2 \theta - \cos^2 \phi}}{\cos \theta + \sqrt{\cos^2 \theta - \cos^2 \phi}}$$

Si:  $\theta = 0$  (talud horizontal)  $K_a = \text{tg}^2(45^\circ - \phi/2)$ . Si existe una sobrecarga uniforme repartida, s/c  $P_{S/C} = k_a \cdot s/c$ .

### **Empuje pasivo**

El empuje pasivo se produce cuando la estructura de contención es la que empuja contra el suelo (en sentido contrario a la del activo). Usaremos este empuje, por ejemplo, para equilibrar las estructuras contra el deslizamiento que empujan contra el suelo. El empuje pasivo es relativamente nuevo para el modelo, pero es prácticamente imprescindible para los problemas actuales.

Uno de los primeros artefactos del uso de empuje pasivo es que el objeto conectado a tierra es ahora una fuente de empuje. Las estructuras se construyen con un margen de seguridad que es suficiente para resistir el empuje del sistema pasivo. En términos generales se puede establecer las siguientes fórmulas para el cálculo del empuje pasivo:

$$P_p = k_p \gamma y$$

$$E_{py} = \frac{1}{2} k_p \gamma y^2$$



$$k_p = \cos \theta \frac{\cos \theta + \sqrt{\cos^2 \theta - \cos^2 \phi}}{\cos \theta - \sqrt{\cos^2 \theta - \cos^2 \phi}}$$

Donde sí  $\theta = 0$ :  $k_p = \text{tg}^2(45^\circ + \phi)$

### **Presiones sobre el suelo**

Para evitar la inclinación del muro debido al asentamiento diferencial de la cimentación, es deseable que la presión resultante en el suelo actúe sobre el núcleo central de la superficie resistente. Si se cimenta sobre suelo muy duro o roca, se puede dejar salir del núcleo central, aunque se considera prudente que la excentricidad no supere el doble de la dimensión paralela de la zapata. En general, es muy deseable para acomodar la superficie en la zona central de la zapata. Esta excentricidad debe introducirse para asegurar la ocurrencia de mecanismos críticos de falla de la cimentación, ya que el peso del muro se transmitirá en la zona transversal donde es menor. En general, el espesor mínimo de la pared será aproximadamente cinco veces la excentricidad.

Para muros de contención normales, las tiras de corte de hormigón o el núcleo transversal deben soportar las fuerzas verticales y los desplazamientos. En el caso ideal, es el elemento de soporte el que se puede eliminar por completo. Se recomienda, sin embargo, que se indique en los dibujos y que se dibujen el espesor y la forma geométrica del muro, así como la capacidad portante del suelo y el módulo portante del suelo, que es función del espesor de la losa, de acuerdo con lo siguiente:

$$\frac{H_r}{H_a} \geq 1.5$$

Donde  $c$  = cohesión entre el terreno de cimentación y la losa inferior (T/m), pero deberá usarse  $c = 0$  si el coeficiente de fricción  $\text{tg } \delta$  se obtiene de manera simplificada:

- $B$  = ancho de la losa de fondo del muro de contención
- $H_r$  = fuerza resistente a deslizamiento
- $H_r = (W + P_H) \text{tg } \delta + cB$
- $H_a$  = fuerza de deslizamiento =  $P_H$

### 2.3.6. Muro de gaviones

#### 2.3.6.1. Contexto

La palabra "gavión" proviene de una antigua palabra italiana, gabbione, que significa "gran jaula". Hace unos 7000 años, las primeras estructuras de tipo gavión protegían la orilla del río Nilo. En la Edad Media, los gaviones se usaban como fuertes militares. En la historia anterior, los ingenieros civiles han utilizado ampliamente gaviones para la estabilización de bancos, costas, carreteras y control de la erosión de las pendientes. Desde las orillas del río Nilo, donde se crearon hasta hoy, los muros de gaviones son un beneficio para el paisaje. Se utiliza durante miles de años como una estructura de retención de tipo de gravedad y hace un sistema de pared atractivo, eficiente y barato (Piñar, 2008).

### **2.3.6.2. Conceptualización**

Los muros de gaviones se ejecutan principalmente con el propósito de estabilizar el suelo detrás del muro, pero también se pueden ejecutar como un muro de cubierta. La pared está hecha de cestas de gaviones que se apilan en una o más filas, dependiendo de la altura de la pared. Las cestas tienen forma de jaula y están cerradas por todos lados (Camargo, 2001). Están hechas de mallas hexagonales galvanizadas y rocas quebradas que se colocan en las cestas. Las estructuras de retención se forman apilando cestas de gaviones en un horario adecuado y presentan una solución alternativa para estructuras de concreto en el área de estabilización del suelo.

Los colchones de gaviones también se pueden usar para proteger contra la erosión en los muelles del puente, especialmente si el trabajo se puede completar en seco. Si es necesario, el colchón puede abarcar todo el ancho del río para proteger todo el lecho en los cimientos del puente. Sin embargo, esto puede dar lugar a la formación de un vertedero si la erosión natural baja el lecho del río aguas arriba y aguas abajo (Camargo, 2001). Colocar colchones bajo el agua en los muelles del puente no es una operación sencilla y no debería ser la primera opción. Sin embargo, si se va a realizar para crear una capa inferior adecuada para la armadura, entonces los colchones deberán estar hechos a medida, y se requerirá una planificación cuidadosa para garantizar que los colchones se puedan hundir con precisión en su posición, y que las transiciones con los pilares se pueden construir con precisión.

### **2.3.6.3. Uso de gaviones para obras fluviales**

Los gaviones de caja se usan principalmente para muros de contención y diques rectos, mientras que los colchones se usan para revestimiento y protección contra la abrasión. Las composiciones de gaviones se presentan en la y vienen en un rango de tamaños entre los cuales los más comunes son 0.5 m x 1.0 m x 2.0 m y 1.0 m x 1.0 m x 2.0 m (López, 2012). Sin embargo, pueden estar hechos a medida. Los colchones de gaviones varían en grosor desde aproximadamente 0.15 m a 0.50 m.

La durabilidad de las estructuras depende de la durabilidad de las piedras de relleno y las cajas de malla de alambre. Las obras fluviales generalmente requieren una buena protección contra la corrosión. Los alambres tienen un recubrimiento de zinc o galvan (aleación Al-Zn), y donde la abrasión o la agresividad química es un problema, o en ambientes marinos, también se proporciona una cubierta plástica a los alambres (PVC o polietileno) (Ogando, 2015).

Los gaviones se pueden usar para varios tipos de trabajos, combinando la protección contra la erosión y las funciones de retención. Los gaviones y los colchones de gaviones son adecuados para trabajos hidráulicos y deben diseñarse para resistir las condiciones hidráulicas, especialmente la velocidad del flujo de agua y la altura de las olas. Se pueden usar para velocidades de agua de hasta 6 m/s y alturas de onda de hasta 1,5 m. Cuando los gaviones pueden estar expuestos a condiciones muy abrasivas, es decir, grava o adoquines transportados por agua que fluye rápidamente, la superficie superior de los gaviones debe protegerse con un revestimiento de hormigón o asfalto.

Las piedras confinadas en cajas de gaviones proporcionan estructuras más resistentes al flujo de agua que las piedras sueltas. Con las mismas condiciones hidráulicas, la dimensión promedio de las piedras que se utilizarán puede ser significativamente menor, como un tercio de la armadura suelta. Además, las pruebas realizadas en la Universidad de Fort Collins (Universidad del Estado de Colorado, 1988) muestran que el coeficiente de Shields,  $\Psi$ , para gaviones es tres veces mayor que la armadura suelta estándar: el valor es de alrededor de 0.14 para gaviones y 0.04 - 0.05 para la armadura suelta (Ogando, 2015).

Para piedras sueltas, después del movimiento inicial de piedras individuales, pueden ser eliminadas por el flujo. Sin embargo, en el caso de los gaviones, la contención que ofrece la malla permanece incluso después del movimiento inicial. Se logra una nueva situación de equilibrio con un colchón de gaviones deformado, que proporciona protección sin comprometer la resistencia y sin mayor deformación. Este puede no ser el caso si la base está expuesta, permitiendo que la tierra se elimine y socavando los gaviones.

Con las mismas condiciones hidráulicas, el grosor de un revestimiento de gaviones es de aproximadamente un cuarto a la mitad del grosor equivalente de la protección contra rasgaduras. Sin embargo, la integridad de los gaviones depende de la calidad y durabilidad de los cables, así como de la calidad de la construcción, es decir, atar los gaviones y cerrar las tapas. Las cajas de gaviones o colchones mal fabricados pueden dañarse severamente por fuerzas hidráulicas, por ejemplo, si los cables son demasiado delgados o no están protegidos contra la corrosión o están retorcidos sin apretarlos. También son más propensos al vandalismo.

Los gaviones se pueden combinar con aplicaciones de bioingeniería que incluyen vegetación, esquejes de árboles y esteras de césped que proporcionarán un aspecto más natural.

#### **2.3.6.4. Ventajas de los muros de gaviones**

- Estético: las paredes de gaviones se ven naturales y el uso de materiales naturales se adapta al medio ambiente
- Compatibilidad con el medio ambiente: al usar el material realizado mediante excavaciones, los costos de adquisición y transporte se reducen significativamente
- Se utiliza como sistema de enfriamiento en condiciones de clima cálido y proporciona enfriamiento pasivo por movimiento de aire
- Permeabilidad al agua: las paredes de gaviones son permeables y no se dañan al pasar el agua
- La eficiencia de las paredes de gaviones puede aumentar con el tiempo, ya que la vegetación llena los vacíos y fortalece la estructura de la pared
- Los movimientos del suelo no influyen negativamente en los muros de gaviones, lo cual es una ventaja con respecto a las estructuras más rígidas (muros de hormigón armado)
- Longevidad: los bloques de piedra son materiales que se usan con frecuencia debido a su longevidad, durabilidad y estabilidad. Por lo general, la piedra se selecciona debido a atributos estéticos o la posibilidad de excavación producida por el uso del material.

- Las dimensiones comunes de la cesta de gaviones son 2,0 x 1,0 x 1,0 m. La malla galvanizada tiene una forma hexagonal con el tamaño del ojo  $X \times Y = 8,0 \times 10,0$  cm.
- Flexibilidad: sometida a fuerzas alternas de tensión y compresión, la flexibilidad inherente de una estructura de gaviones le permite deformarse en lugar de romperse. Esto evita la pérdida de eficiencia estructural. La deformación en respuesta al hundimiento de la base o el estrés interno es una característica funcional, y en lugar de ser una falla, de hecho, es un beneficio.
- Resistencia: Dado que los gaviones están unidos como una unidad monolítica, la malla de alambre es extremadamente fuerte bajo tensión. La carcasa de malla de alambre no es simplemente un contenedor para el relleno de piedra, sino un refuerzo de toda la estructura. Se logra una resistencia adicional mediante el uso de diafragmas verticales. Estos diafragmas se fijan a la base de los gaviones para restringir el movimiento interno del relleno de piedra y proporcionar un refuerzo adicional. La eficiencia del gavión, en lugar de disminuir con la edad, en realidad aumenta. Durante los primeros períodos de uso, el sedimento y la vegetación se acumularán dentro del relleno de roca para formar una estructura naturalmente permanente, mejorando el medio ambiente (Cochachin, 2014).
- Permeabilidad: los espacios intersticiales en el relleno de piedra dentro de las cestas proporcionan un alto grado de permeabilidad en toda la estructura, eliminando la necesidad de un sistema de drenaje y evitando la acumulación de presión hidrostática que desplazará y agrietará las estructuras de concreto. Por lo tanto, en las obras fluviales, la presión y la contrapresión en las orillas debido a

las variaciones en la profundidad del agua entre inundaciones y aguas bajas también se eliminan (Cochachin, 2014).

- Economía: los gaviones de malla de alambre son menos costosos que la mayoría de los materiales de construcción. El relleno de piedra graduada generalmente está disponible localmente. Los materiales de desecho como el concreto triturado pueden especificarse en lugar de piedra.
- Los costos de construcción se reducen; los trabajadores no calificados pueden aprender fácilmente a erigir sistemas de gaviones modulares, llenarlos y cerrarlos correctamente. Muchas estructuras de gaviones pueden construirse sin ningún equipo mecánico. Pilotes, sistemas de drenaje submarino y excavaciones son innecesarios. No es necesario drenar el sitio ni construir una ataguía para la instalación submarina. La primera capa de gaviones se puede colocar en agua o en lodo (Cochachin, 2014).

#### **2.3.6.5. Diseño del plan**

Como indica Tibanta (2012), cuando se usan colchones de gaviones o cajas de gaviones para trabajos hidráulicos, se deben aplicar reglas, los aspectos principales son los siguientes:

- Determinar la altura de protección según el nivel máximo de agua del río y la acción de las olas
- Asegurar la estabilidad hidráulica y geotécnica del revestimiento de gaviones
- Influencia de la geometría del río: las cargas son mayores en el banco ubicado en la parte exterior de una curva



- Influencia del trabajo que se está diseñando en las otras partes del río: considerando la aspereza del revestimiento del gavión, las velocidades del agua pueden ser mayores después de la finalización del trabajo
- Se requiere protección de los dedos para evitar la erosión del lecho del río a lo largo de la estructura. Esto requiere un diseño específico que considere las condiciones hidráulicas, la geometría de la estructura y la naturaleza del terreno.
- Anclaje río arriba y río abajo de la protección en las riberas del río para evitar la erosión excesiva en los límites que podrían conducir a flanquear el revestimiento.

#### **A. Diseño de sección**

Esta sección presenta primero secciones transversales típicas de gaviones utilizados como protección contra la erosión o como protección contra la erosión mixta y muro de contención. Luego se presenta una metodología para el diseño (Coral, 1998).

Sección típica para gaviones utilizados para la protección contra la erosión. La protección contra la erosión se puede aplicar a secciones de revestimiento de bancos o a bancos totalmente revestidos. La protección debe resistir las diferentes fuerzas de erosión hidráulica. Las fuerzas pueden ser mayores en la punta del banco y menores en la parte superior del banco, pero no necesariamente así.

## **B. Secciones transversales típicas de gaviones utilizados como protección contra la erosión y muro de contención**

Ocasionalmente, una protección bancaria también debe ser una estructura de retención. En esta situación, las paredes de gaviones pueden usarse como protección hidráulica y refuerzo mecánico de la pendiente, la pared de gaviones retiene el material relleno colocado entre el banco existente y el nuevo perfil después de la realineación del banco (Coral, 1998).

El muro de gaviones debe diseñarse teniendo en cuenta los datos hidráulicos, es decir, la velocidad actual, la altura de las olas, y también teniendo en cuenta los datos geotécnicos para los suelos retenidos y los cimientos. Es posible que sea necesaria una protección adicional contra la abrasión en el fondo del pie para evitar que se mire la pared.

Para bancos más altos, la estructura de retención puede estar hecha de relleno reforzado con protección hidráulica del paramento. De forma que se tomen en consideración mínimamente dos aspectos siguientes:

- a. Diseño hidráulico del frente de gaviones que debe soportar las condiciones hidráulicas del río.

Un estudio hidrológico debe tomar en cuenta aspectos de precipitación y climatología de la cuenca (precipitación media anual, tendencias mensuales, meses lluviosos y meses secos), de eventos

extremos y de transporte de sedimentos. Para determinar la precipitación, se debe recurrir a la información oficial (datos del Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología, para el caso de Perú). De no existir información disponible, se pueden realizar medidas a lo largo de un periodo prudencial o revisar información de proyectos de cooperación y desarrollo en la zona de trabajo.

- b. Diseño geotécnico que consiste en el análisis de la estabilidad de taludes del banco reforzado contra fallas del suelo y asentamiento de cimientos

### **2.3.7. Muro de concreto**

Los muros de concreto son estructuras que tienen la finalidad de resistir las presiones laterales o empujes producidos por el material retenido detrás de ellos, su estabilidad se debe principalmente a su propio peso y al peso del material que se encuentra en su cimentación. Los muros de contención se comportan básicamente como voladizos incrustados en su base. Este tipo de muro resiste el empuje lateral de la presión del suelo, mediante el voladizo de un muro vertical y una base horizontal. La pared está diseñada para resistir momentos flectores y cortantes debido a la presión del suelo. Primero se pre dimensiona el muro en su totalidad, luego se establecen las características geométricas reales de la losa base para satisfacer los requisitos de: "Resistencia al vuelco, deslizamiento y asentamiento". En general, la pared se hace más gruesa que la requerida en la parte inferior para que la sección adoptada logre satisfacer el esfuerzo cortante y el diseño equilibrado. El talón y la puntera de la base se proyectan como voladizos sostenidos por el muro, el peso del suelo tiende a doblar el talón hacia abajo

en la dirección opuesta a una "pequeña resistencia" de la presión del suelo debajo de la base, en contraste a la presión. El ascenso desde el suelo tiende a doblar la puntera hacia arriba, por lo que para el talón el acero principal se coloca cerca de la parte superior y para la punta, cerca de la parte inferior. La pared se construye después de la base, generalmente se forma una cuña en la parte superior de la base para evitar que la pared se deslice, además se dejan tacos salientes en la base para atar la pared a ellos (a razón de una espiga por varilla de la pared); los tacos se pueden extender para que también sirvan como refuerzo de la pared.

La pared de tracción / succión a su vez puede ser en voladizo o de empuje vertical según el suelo a manejar. Este muro tiene la finalidad de actuar como soporte y refuerzo de cualquier muro de hormigón armado. Las otras partes del muro, además de las descritas para muros de contención, están diseñadas para actuar como muros de cimentación para todo tipo de construcciones sobre una base (o cimentación) horizontal.

Cuando el muro de contención tiene que construirse sobre una cavidad de hasta 25 metros de altura, se pueden utilizar diferentes métodos. La mayoría de estos muros están revestidos con cemento, sin embargo, dado que el método más común de protección de taludes es un terraplén de tierra, arena y otros materiales, este tipo de muro debe enfrentarse con dicho suelo. Si el muro está construido sobre una depresión (valle), la distancia entre los muros y el suelo se incrementa cubriendo la parte superior del muro con piedras y adoquines. Luego se cementan, mientras que el lado que da a la pared se construye con bloques de gran diámetro.

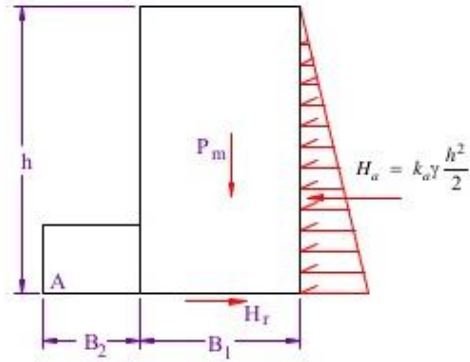
El muro prediseñado necesita algún refuerzo, y su sección superior generalmente estará reforzada como un pilar, los refuerzos se colocan paralelos a la pared (hechos de acero) o perpendiculares a la pared. En el paramento del muro cercano a la cimentación, los refuerzos se colocan según el tipo de presión del suelo que pueda producir un deslizamiento del muro; para suelos con bajo coeficiente de fricción, para pendientes con alto gradiente, para pared helada se colocan perpendiculares a la pared, mientras que para suelos en pendiente, que tiene un coeficiente de fricción más alto, entonces se colocan paralelos a la pared.

El tipo de resistencia que proporciona el muro está relacionado con la geometría de la base, el tamaño del área de la base, el tipo de suelo que soportará el muro y su resistencia, así como el peso del muro que se apoyará.

### **2.3.8. Dimensiones de muros**

#### **Fuerza de seguridad contra volcamiento**

Para determinar la fuerza de seguridad contra el vuelco, se debe hacer una sumatoria de momentos para verificar la estabilidad contra el vuelco. De manera similar al índice anterior, el  $FS_{volc}$  relaciona los momentos de giro a favor de la falla (o momentos volcantes) y los momentos que se oponen a ella (o momentos resistentes). Estos momentos son determinados en relación con el extremo inferior izquierdo (talón) de la base del muro, porque es el punto de rotación en el volcamiento (Luján, 2017).



**Figura 1: Verificación de la estabilidad contra el vuelco**

Su expresión matemática es la siguiente:

$$FS_{\text{volc}} = \frac{\sum M_R}{\sum M_0}$$

El momento desestabilizador está dado por:

$$M_0 = P_\alpha I_\alpha$$

Donde:

$I_\alpha$  = Brazo de palanca del empuje activo respectivo al punto de rotación del muro

Y el momento resistente está dado por:

$$M_R = W I_w + P_p I_p$$

$I_w$  = Brazo de palanca del peso propio del muro respecto a su punto de rotación

$I_p$  = Brazo de palanca del empuje pasivo respecto al punto de rotación del muro

$$P_p = \frac{1}{2} K_p Y_2 W^2 + 2c_2 D \sqrt{K_p}$$

D es la altura del suelo frente al muro, y  $\gamma_2$  es el peso unitario del mismo. La ecuación 22 asume que el suelo que proporciona resistencia pasiva es homogéneo. El valor del factor de seguridad contra el vuelco debe ser mayor a 1.5 si el relleno es granular, y a 2.0 si el relleno es cohesivo.

## Fuerza de seguridad contra el deslizamiento

El deslizamiento de la estructura ocurre cuando la resistencia al deslizamiento a lo largo de la base del muro de contención, sumada al empuje pasivo disponible en su frente, no son suficientes para contraponerse al empuje activo (fuerzas desestabilizadoras menores a las fuerzas estabilizadoras). En este caso, se debe tener un adecuado factor de seguridad cuando se comparan las fuerzas resistentes con las fuerzas que tienden a producir el deslizamiento (Luján, 2017).

$$FS_{\text{desl}} = \frac{\sum F_R}{\sum F_d}$$

Las fuerzas resistentes corresponden a:

$$\sum F_R = fN + cB + P_p \cos \delta$$

Donde:

$fN$ = Componente de fricción

$cB$ = Componente de cohesión

$P_p \cos \delta$  = Componente horizontal de la resistencia pasiva



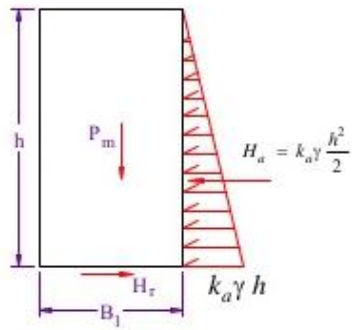


Figura. Verificación de estabilidad contra el deslizamiento

EL valor de la fuerza normal está dado por:

$$N = W_m + W_t + P_\alpha \text{sen} \delta + P_0 I \dots \dots$$

Donde:

$W_m$  = Peso de muro

$W_t$  = Peso de terreno

$P_\alpha \text{sen} \delta$  = Componente vertical de la presión activa

$P_0$  = Presión de terreno

$I$  = Ancho de sobrecarga

El peso específico de los gaviones puede ser estimado con la siguiente ecuación, donde  $n$  es la porosidad de los gaviones, que puede variar entre 0.3 y 0.4, y  $\gamma_b$  es el peso específico de los bloques de relleno.

$$Y_g = (1 - n)Y_g$$

El coeficiente de fricción  $f$  entre el suelo y los gaviones puede ser tomado igual a  $\tan(2\phi/3)$ . En caso de que se emplee geotextil en la base del muro, el ángulo  $\phi$  debe ser reducido según el criterio del diseñador.

Si se utiliza una sub-base de concreto por debajo de la fundación (primera fila de gaviones), podría usarse  $f=0.64$ . La fuerza que provoca el deslizamiento es:

$$\sum F_d = P_\alpha \cos \delta \dots \dots \dots$$

## **2.4. Hipótesis**

### **2.4.1. Hipótesis general**

Existe relación significativa entre los muros de gaviones y muros de concreto en las defensas ribereñas del Río Cunas \_Chupaca, 2020

### **2.4.2. Hipótesis específicas**

- a. Existe relación significativa directa entre la fuerza de seguridad de volcamiento de muros de gaviones y muros de concreto, y la resistencia a erosión de las defensas ribereñas del Río Cunas - Chupaca 2020
- b. Existe relación significativa directa entre la fuerza de seguridad de deslizamiento de muros de gaviones y muros de concreto, y la resistencia de socavación de las defensas ribereñas del Río Cunas - Chupaca 2020.
- c. Existe diferencia de fuerza de seguridad de volcamiento entre muros de gaviones y muros de concreto en las defensas ribereñas del Río Cunas - Chupaca 2020.
- d. Existe diferencia de fuerza de seguridad de deslizamiento entre muros de gaviones y muros de concreto en las defensas ribereñas del Río Cunas - Chupaca 2020.

## 2.5. Variables

### 2.5.1. Definición conceptual

**Muros de gaviones** La pared está hecha de cestas de gaviones que se apilan en una o más filas, dependiendo de la altura de la pared. Las cestas tienen forma de jaula y están cerradas por todos lados (Camargo, 2001).

**Muros de concreto** Creados de una sola estructura, el muro de concreto armado es una pieza que sostiene y estabiliza el suelo. Sus características dependen de las dimensiones de la base y también del alto que tenga (Camargo, 2001).

**Defensa ribereña** Los ríos y arroyos son entidades dinámicas con límites, como lechos y bancos, que están sujetos a erosión y deposición. Los canales artificiales a menudo se construyen con materiales erosionables como el suelo existente o el relleno de tierra compactada. En ambos casos existe la necesidad de obras para estabilizar la cama y los bancos para que el canal no migre y cause daños a la infraestructura adyacente (Olivos, 2002).

### 2.5.2. Definición operacional

#### **Muro de gaviones o muros de concreto**

**Fuerza de seguridad al volcamiento** Seguridad contra el vuelco son una sumatoria de momentos para verificar la estabilidad contra el vuelco. (Luján, 2017).

**Fuerza de seguridad al deslizamiento** El deslizamiento de la estructura ocurre cuando la resistencia al deslizamiento a lo largo de la base del muro de

contención, sumada al empuje pasivo disponible en su frente no son suficientes para contraponerse al empuje activo (Luján, 2017).

### **2.5.3. Operacionalización de la variable**

#### **Defensa ribereña**

**Velocidad de erosión** La naturaleza y el origen del material del banco, así como los procesos que afectan la erosión de la superficie de los bancos desprotegidos, son consideraciones clave en la selección y el diseño de los trabajos de protección fluvial (Luján, 2017).

**Altura de socavación** Según Prosser et al., (2001) la resistencia a la erosión y la durabilidad del revestimiento de protección, tanto para una carga hidráulica de larga como de corta duración, pueden ser cuantificadas y comparados mediante la velocidad máxima permisible.

## **CAPITULO III: METODOLOGÍA**

### **3.1. Método de investigación**

En el estudio el método que se empleó fue el método inductivo - deductivo, el método radica que las verdades particulares contenidas en verdades universales se vuelven explícitas, (Hernandez Sampieri et al., 2010), precisan que, es el proceso de razonamiento a partir de una o más declaraciones (premisas) para llegar a una conclusión lógica cierta. Este par de métodos son apropiados para proyectos que tienen una aplicación del mundo real, debido a la complejidad de la investigación científica, es importante considerar cómo funciona el mundo en términos de cómo los fenómenos interactúan en un entorno general y también en entornos particulares.

### **3.2. Tipo de investigación**

La investigación aplicada tiene como objetivo encontrar una solución para un problema inmediato que enfrenta una sociedad o una organización industrial / empresarial, mientras

que la investigación fundamental se ocupa principalmente de generalizaciones y de la formulación de una teoría (Quintanilla, 1999). La investigación aplicada se considera una investigación no sistemática y, por lo general, la inicia una empresa, agencia o un individuo para abordar un problema específico.

### **3.3. Nivel de investigación**

Un estudio de nivel descriptivo, comparativo y correlacional es un estudio en el que el investigador está principalmente interesado en describir relaciones entre variables, sin tratar de establecer una conexión causal (Bisquerra, 2008). Cualquier proceso científico comienza con la descripción, basada en la observación, de un evento o eventos, a partir de los cuales se pueden desarrollar teorías para explicar las observaciones. Las técnicas utilizadas para describir el comportamiento incluyen estudios de casos, encuestas, observación naturalista, entrevistas y pruebas psicológicas.

La correlación, una medida estadística de una relación entre dos o más variables, da una indicación de cómo una variable puede predecir otra (Hernández et al., 2016). Las técnicas descriptivas discutidas anteriormente permiten una declaración, en forma de correlaciones, sobre esa relación.

### **3.4. Diseño de investigación**

Un diseño de investigación es el conjunto de métodos y procedimientos utilizados para recopilar y analizar medidas de las variables especificadas en la investigación del problema.

Un diseño de investigación es un enfoque sistemático que utiliza un investigador para realizar un estudio científico. Es la sincronización general de los componentes y datos identificados que dan como resultado un resultado plausible. Para llegar de manera

concluyente a un resultado auténtico y preciso, el diseño de la investigación debe seguir una metodología estratégica, en línea con el tipo de investigación elegida.

La investigación no experimental es una investigación que carece de la manipulación de una variable independiente, asignación aleatoria de participantes a condiciones u órdenes de condiciones, o ambas. De otro lado, la investigación es de diseño correlacional, pues en esta investigación se buscará encontrar la relación entre los muros de gaviones y los muros de concreto en las defensas ribereñas.

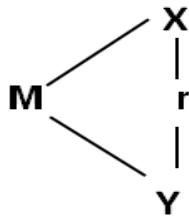
### **3.5. Población y muestra**

La población u objeto de estudio en este caso será el río Cunas, y la muestra de esta investigación por conveniencia será la que comprende entre el puente peatonal Muqui y el puente peatonal Peralta Alta, espacio en el cual se realizará los análisis hidráulicos correspondientes para obtener los datos que permitan, culminar el estudio planteado.

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

De acuerdo a Yarlequé (2011, pág. 79), cuando se hace referencia a la técnica, no se refiere a la forma en que se realizan las cosas, en este caso el método empleado será el registral, pues se usará informes, registros y/o documentos, pues los datos serán obtenidos por informes de laboratorio e hidrológicos que nos permitirá obtener la información que se requiere para esta investigación.

Para Sánchez y Reyes, (2002), los instrumentos empleados son herramientas detalladas que permiten emplear herramientas para obtener la base de datos, en esta investigación estos instrumentos serán, envases, estereoscopio convencional, mapa de usos del suelo en formato vectorial.



- M, representa a la muestra de estudio.
- X, representa a la variable optimización del proceso de abastecimiento de combustible.
- Y, representa a la variable eficiencia operativa.
- r, representa la relación hipotética de las variables.

### 3.7. Procesamiento de la información

Una vez obtenida la información en las fichas de registro, el procesamiento de los datos se realizará primero, respecto de la tabulación en el software Excel 2016 y para su procesamiento estadístico en el software SPSS v. 26.

### 3.8. Técnicas y análisis de datos

Para el tratamiento de datos se utilizan las técnicas estadísticas pertinentes. En este sentido se busca probar en base a la hipótesis nula de que todas las variables tienen una influencia nula y para la contrastación de las hipótesis individuales se hace uso del estadístico t-Student y de la probabilidad de que este sea igual a 0, si el nivel del estadístico t (en valor absoluto) es mayor a 2 y la probabilidad que sea menor a 5%, entonces se encuentra rechazada la hipótesis nula.



### **3.9. Aspectos éticos de la investigación**

La presente investigación cumple con los criterios y especificaciones desarrolladas en el ámbito investigativo así, como con las normas técnicas requeridas por la Universidad Peruana los Andes, a fin de desarrollar una investigación en un entorno permisible y correcto de la ciencia.

## **CAPITULO IV:**

### **ANÁLISIS DE RESULTADOS**

#### **4.1. Análisis de campo**

La idea de este apartado es la de establecer las características geotécnicas del suelo donde se cimentó la edificación materia de estudio. Para tal efecto, se ha efectuado una investigación geotécnica que incluye trabajos de campo y ensayos de laboratorio necesarios para definir la estratigrafía, características físicas y mecánicas de los suelos predominantes, sus propiedades de resistencia y estimación de asentamientos, del mismo modo se analizó la agresividad del suelo al concreto de la cimentación. En particular, el Estudio de Mecánica de Suelos con Fines de Cimentación se ha efectuado en concordancia con la Norma Técnica E-050 "Suelos y Cimentaciones" del Reglamento Nacional de Edificaciones.

Con la ubicación detallada en el Rio Cunas, distrito y provincia de Chupaca, Departamento de Junín se realizó este tipo de pruebas a través de los aspectos geomorfológicos, los rasgos geomorfológicos presentes en el área de estudio y alrededores

han sido modelados por eventos de geodinámica interna y externa. Las unidades geomorfológicas existentes son clasificadas como Valles, Quebradas y Estribaciones de la Cordillera Occidental. También los aspectos litoestratigráficos, los cuales se detallan en la secuencia litoestratigráfica, está dada por la ocurrencia de afloramientos y depósitos no consolidados con edades que se inician en el Cretáceo Inferior, hasta la actualidad. Luego, la configuración del relieve en la región está subordinada a procesos morfogenéticos que se basan en la Morfogénesis y Procesos Geodinámicos, y han ocurrido en el pasado geológico.

***Tabla 1. Factores geomorfológicos***

<b>Parámetro</b>	<b>Valor</b>
<b>Factor de zona</b>	0.25
<b>Factor de ampliación</b>	1.3
<b>Periodo de vibración predominante.</b>	0.9 seg

Respecto de la geología local, se tiene el área de estudio detallado en el cauce de quebradas antiguas, se encuentra asociada a depósitos aluviales de quebradas. También se detallan los criterios de sismicidad, los que se denotan como una región de mediana actividad sísmica, donde se puede esperar la ocurrencia de sismos de intensidad media durante la vida útil de la edificación proyectada. La actividad sísmica del área se relaciona con la subducción de la placa oceánica bajo la placa continental sudamericana, subducción que se realiza con un desplazamiento del orden de diez centímetros por año, ocasionando fricciones de la corteza, con la consiguiente liberación de la energía a través de movimientos telúricos.

En particular, se detalla las siguientes muestras del subsuelo se realizó mediante 7 excavaciones a cielo abierto o calicata, ubicadas estratégicamente de tal manera de cubrir

todo el terreno en estudio. La profundidad máxima explorada fue de 3 metros y están detalladas en los siguientes puntos de la carretera:

- C-1, PROG. 0+250, MARGEN DERECHA
- C-2, PROG. 0+750, MARGEN DERECHA
- C-3, PROG. 1+250, MARGEN DERECHA
- C-4, PROG. 1+750, MARGEN DERECHA
- C-5, PROG. 2+250, MARGEN DERECHA
- C-6, PROG. 2+750, MARGEN DERECHA
- C-7, PROG. 3+250, MARGEN DERECHA

Los ensayos se efectuaron en el Laboratorio siguiendo las normas de la American Society for Testing and Materials (ASTM) y fueron los siguientes:

**Tabla 2. Tipos de ensayos**

<b>Ensayos</b>	<b>Descripción</b>
<b>Estándar</b>	Análisis Granulométrico por Tamizado ASTM D-422 Limite Líquido ASTM D-4318 Limite Plástico ASTM D-4318
<b>Especiales</b>	Corte Directo ASTM D-3080 Humedad ASTM D-2216

Los suelos representativos ensayados se han clasificado de acuerdo al Sistema Unificado de Clasificación de Suelos (SUCS), también se pueden detallar los parámetros de resistencia en cada uno de los puntos establecidos, lo mismo para el caso de la capacidad portante. En el cuadro siguiente se presenta la clasificación de los materiales, parámetros de resistencia y capacidad portante, que dan pie al análisis de los suelos del estudio:

**Tabla 3. Principales propiedades suelos**

	<b>C-1, PROG. 3+250, MARGEN DERECHA</b>	<b>C-1, PROG. 2+750, MARGEN DERECHA</b>	<b>C-1, PROG. 2+250, MARGEN DERECHA</b>	<b>C-1, PROG. 1+750, MARGEN DERECHA</b>	<b>C-1, PROG. 1+250, MARGEN DERECHA</b>	<b>C-1, PROG. 0+750, MARGEN DERECHA</b>	<b>C-1, PROG. 0+250, MARGEN DERECHA</b>
<b>PROF.(m)</b>	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00
<b>Retiene N°4</b>	55.30	56.70	47.70	45.70	44.9	53.6	62.3
<b>Pasa malla N° 200</b>	7.10	18.10	15.80	18.70	23.1	24.0	17.5
<b>Límite Líquido (%)</b>	NP	NP	NP	NP	NP	NP	NP
<b>Índice Plástico (%)</b>	NP	NP	NP	NP	NP	NP	NP
<b>Densidad máx-min</b>	1.72	1.70	1.75	1.73	1.73	1.74	1.72
<b>Clasificación SUCS</b>	GM	GM	GM	GM	GM	GM	GM
<b>Angulo de fricción interna (°)</b>	29.3	29.0	30.3	30.15	30.0	30.9	30.9
<b>Cohesión</b>	0	0	0	0	0	0	0
<b>Capacidad portante (0.8 m de profundidad)</b>	1.15	1.13	1.17	1.15	1.16	1.17	1.14
<b>Capacidad portante (3.0 m de profundidad)</b>	3.36	3.31	3.42	3.38	3.40	3.41	3.35

Del mismo modo, para el cálculo de la capacidad portante establecida, se hace uso de los siguientes factores, detallados por cada una de las muestras planteadas, entre las que destacan Angulo de fricción interna, Cohesión, Peso unitario de sobrecarga, Peso unitario del suelo, Relación Ancho/Largo (B/L), Profundidad de fondo, Profundidad de desplante, Posición de nivel freático, Factor de seguridad, Clasificación SUCS, Cota del terreno,  $N_c$ ,  $N_q$ ,  $N_y$ ,  $S_c$ ,  $S_q$  y  $S_y$ . Los valores, se presentan en la siguiente tabla:

**Tabla 4. Datos principales y factores de capacidad de carga**

Propiedades	C-1, PROG. 0+250, MARGEN DERECHA	C-1, PROG. 0+750, MARGEN DERECHA	C-1, PROG. 1+250, MARGEN DERECHA	C-1, PROG. 1+750, MARGEN DERECHA	C-1, PROG. 2+250, MARGEN DERECHA	C-1, PROG. 2+750, MARGEN DERECHA	C-1, PROG. 3+250, MARGEN DERECHA
Angulo de fricción interna	29.3	29.0	30.3	30.15	30.0	30.9	30.9
Cohesión	0	0	0	0	0	0	0
Peso unitario de sobrecarga	1.72	1.7	1.75	1.73	1.73	1.74	1.72
Peso unitario del suelo	1.72	1.7	1.75	1.73	1.73	1.74	1.72
Relación Ancho/Largo (B/L)	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1
Profundidad de fondo	3	3	3	3	3	3	3
Profundidad de desplante	3	3	3	3	3	3	3
Posición de nivel freático	1	0.85	0.9	1.2	1.05	1	1.1
Factor de seguridad	3	3	3	3	3	3	3
Clasificación SUCS	GM	GM	GM	GM	GM	GM	GM
Cota del terreno	3270	3265	3258	3250	3256	3242	3238
Nc	29.15	29.10	29.30	28.30	29.00	29.10	29.00
Nq	18.37	18.30	18.32	18.34	18.45	18.35	18.25
Ny	18.99	18.67	18.75	18.75	18.85	18.89	18.68
Sc	1.0630	1.0629	1.0625	1.0648	1.0636	1.0631	1.0629
Sq	1.0561	1.0554	1.0584	1.0581	1.0577	1.0598	1.0598
Sy	0.96	0.96	0.96	0.96	0.96	0.96	0.96

Así también se puede establecer los parámetros asociados a la capacidad admisible, que por supuesto, van variando en cuestiones de profundidad y geometría de la cimentación a explorar.

**Tabla 5. Parámetros del ensayo de corte directo**

	C-1, PROG. 0+250, MARGEN DERECHA			C-1, PROG. 0+750, MARGEN DERECHA			C-1, PROG. 1+250, MARGEN DERECHA			C-1, PROG. 1+750, MARGEN DERECHA			C-1, PROG. 2+250, MARGEN DERECHA			C-1, PROG. 2+750, MARGEN DERECHA			C-1, PROG. 3+250, MARGEN DERECHA			
	I	II	III	I	II	III	I	II	III	I	II	III	I	II	III	I	II	III	I	II	III	
Diámetro del anillo (cm)	6.36	6.36	6.36	6.36	6.36	6.36	6.36	6.36	6.36	6.36	6.36	6.36	6.36	6.36	6.36	6.36	6.36	6.36	6.36	6.36	6.36	6.36
Altura Inicial de muestra (cm)	2.16	2.16	2.16	2.16	2.16	2.16	2.16	2.16	2.16	2.16	2.16	2.16	2.16	2.16	2.16	2.16	2.16	2.16	2.16	2.16	2.16	2.16
Densidad húmeda inicial (gr/cm3)	1.594	1.594	1.594	1.800	1.800	1.800	1.808	1.808	1.808	1.670	1.670	1.670	1.700	1.700	1.700	1.700	1.700	1.700	2.088	2.088	2.088	
Densidad seca inicial (gr/cm3)	1.400	1.400	1.400	1.486	1.486	1.486	1.588	1.588	1.588	1.485	1.485	1.485	1.610	1.610	1.610	1.423	1.423	1.423	1.447	1.447	1.447	
Cont. de humedad inicial (%)	13.8	13.8	13.8	21.10	21.10	21.10	13.83	13.83	13.83	12.5	12.5	12.5	5.57	5.57	5.57	19.42	19.42	19.42	44.31	44.31	44.31	
Altura de la muestra antes de aplicar el esfuerzo de corte (cm)	2.091	2.058	2.005	1.980	1.954	1.926	2.033	1.987	1.916	1.672	1.629	1.604	2.046	1.995	1.944	1.995	1.962	1.934	2.005	1.942	1.914	
Altura final de muestra (cm)	2.063	2.008	1.931	1.934	1.919	1.881	1.997	1.954	1.883	1.601	1.571	1.535	1.970	1.944	1.893	1.944	1.919	1.865	1.964	1.909	1.878	
Densidad húmeda final (gr/cm3)	2.018	2.065	2.127	2.480	2.479	2.517	2.096	2.132	2.193	2.487	2.517	2.561	2.383	2.398	2.447	2.291	2.307	2.354	2.596	2.659	2.690	

Densidad seca final (gr/cm <sup>3</sup> )	1.466	1.507	1.566	1.660	1.673	1.707	1.718	1.756	1.822	2.003	2.042	2.089	1.766	1.789	1.837	1.582	1.602	1.648	1.591	1.638	1.664
Cont. de humedad final (%)	37.7	37.0	35.8	49.4	48.1	47.5	22.0	21.5	20.4	24.1	23.3	22.6	34.93	34.03	33.21	44.86	43.94	42.81	63.1	62.3	61.6
Esfuerzo normal (kg/cm <sup>2</sup> )	0.5	1.0	1.5	0.5	1.0	1.5	0.5	1.0	1.5	0.5	1.0	1.5	0.5	1.0	1.5	0.5	1.0	1.5	0.5	1.0	1.5
Esfuerzo de corte máximo (kg/cm <sup>2</sup> )	0.276	0.547	0.823	0.285	0.578	0.858	0.291	0.586	0.871	0.290	0.591	0.875	0.280	0.591	0.858	0.284	0.582	0.858	0.280	0.591	0.853

**Tabla 6. Capacidad admisible**

Desplante Df(m)	Cota Relativa	Ancho	Factores por N.F.W.	W	C-1, PROG. 0+250, MARGEN DERECHA		C-1, PROG. 0+750, MARGEN DERECHA		C-1, PROG. 1+250, MARGEN DERECHA		C-1, PROG. 1+750, MARGEN DERECHA		C-1, PROG. 2+250, MARGEN DERECHA		C-1, PROG. 2+750, MARGEN DERECHA		C-1, PROG. 3+250, MARGEN DERECHA	
					qult	qadm	qult	qadm	qult	qadm	qult	qadm	qult	qadm	qult	qadm	qult	qadm
0.80	3269.2	0.5	1	1	3.45	1.15	3.39	1.13	3.50	1.17	3.46	1.15	3.48	1.16	3.50	1.17	3.43	1.14
1.00	3269.0	0.5	1	0.5	3.73	1.24	3.66	1.22	3.79	1.26	3.75	1.25	3.77	1.26	3.78	1.26	3.71	1.24
1.50	3268.5	0.5	1	0.4	5.32	1.77	5.23	1.74	5.41	1.80	5.35	1.78	5.38	1.79	5.39	1.80	5.30	1.77
2.00	3268.0	0.5	1	0.3	6.91	2.30	6.80	2.27	7.02	2.34	6.95	2.32	6.99	2.33	7.00	2.33	6.89	2.30
2.50	3267.5	0.5	1	0.2	8.50	2.83	8.36	2.79	8.64	2.88	8.55	2.85	8.60	2.87	8.62	2.87	8.47	2.82
3.00	3267.0	0.5	1	0.1	10.09	3.36	9.93	3.31	10.26	3.42	10.15	3.38	10.21	3.40	10.23	3.41	10.06	3.35



## 4.2. Análisis estadístico

**Tabla 7. Descripción de datos usados**

<i>Muros de gaviones o muros de concreto</i>		<i>Propiedades de la defensa ribereña</i>		
Fuerza de seguridad de Volcamiento	Fuerza de seguridad de deslizamiento	Velocidad de erosión	Altura de socavación	Material
17.8311525	1.7657876	1.61334686	6.66016107	Gaviones
18.2690248	1.7176051	1.66795496	6.86296028	Gaviones
19.632827	1.71349654	1.50114262	6.24130228	Gaviones
18.4378902	1.89956707	1.4839201	6.17674154	Gaviones
17.5463895	1.86131828	1.36165913	5.71624204	Gaviones
19.1482539	1.8866682	1.53039575	6.35079384	Gaviones
20.5316335	1.86759136	1.36010466	5.71036147	Gaviones
20.386266	1.99153682	1.56427605	6.47734629	Gaviones
21.2126304	1.99915872	1.3738898	5.76248771	Gaviones
12.396584	1.96633012	1.59492529	6.59159634	Concreto
11.7675678	1.9168752	1.58727433	6.56309662	Concreto
12.278121	1.92537116	1.52041315	6.31345343	Concreto
13.9222773	2.13662923	1.43427253	5.99021326	Concreto
12.7308772	2.07643518	1.38247091	5.79490963	Concreto
13.3555917	2.11348207	1.38495106	5.80427664	Concreto
12.7418288	2.07886708	1.62219138	6.69305265	Concreto
13.7289217	2.23627072	1.53223452	6.35766922	Concreto
12.736784	2.24221236	1.567061	6.48773672	Concreto

En la tabla presentada, se puede evaluar un resumen de los datos correspondientes a las dimensiones de las propiedades de los muros de gaviones y los muros de concreto, al igual que con las defensas ribereñas. En este sentido, se procede a realizar un análisis por tipo de material, del cual se establece que el nivel promedio de Fuerza de seguridad de Volcamiento, Fuerza de seguridad de deslizamiento, Velocidad de erosión y Altura de socavación es 19.22, 1.85, 1.49 y 6.21 respectivamente con los gaviones, mientras que el nivel promedio de Fuerza de seguridad de Volcamiento, Fuerza de seguridad de

deslizamiento, Velocidad de erosión y Altura de socavación es 12.85, 2.076, 1.513 y 6.288 respectivamente con los muros concreto.

El proceso de prueba de hipótesis se da de la siguiente manera, primero, detallando las hipótesis nulas y alternas del estudio, luego de ello, establecer el estadístico de prueba, el cual, por el análisis estadístico que se realizó es la t de Student, la cual admite un valor crítico de 2 (en valor absoluto). La manera más sencilla de intuir la prueba de hipótesis es otorgar un valor calculado menor al valor crítico a las hipótesis nulas, lo cual correspondería a la noción de que el estadístico buscando está estadísticamente “muy cerca de cero”. En este sentido, las hipótesis alternas son corroboradas cuando el valor calculado es superior a 2 (en valor absoluto).

Ahora bien, tenemos el siguiente conjunto de hipótesis nulas y alternas:

Tabla 8. Lista de hipótesis nulas y alternas

Hipótesis nulas	Hipótesis alternas	Forma de contraste
No existe relación significativa entre el muro de gaviones o el muro de concreto en las defensas ribereñas del Río Cunas _Chupaca, 2020	Existe relación significativa entre el muro de gaviones y muros de concreto en las defensas ribereñas del Río Cunas _Chupaca, 2020	Por defecto. Al validar las dos hipótesis alternas se estaría validando las hipótesis alternas.
No existe relación significativa directa entre la fuerza de seguridad de volcamiento de muros de gaviones y muros de concreto, y la resistencia a erosión de las defensas ribereñas del Río Cunas - Chupaca 2020	Existe relación significativa directa entre la fuerza de seguridad de volcamiento de muros de gaviones y muros de concreto, y la resistencia a erosión de las defensas ribereñas del Río Cunas - Chupaca 2020	A través de la prueba de hipótesis: $ t_{\text{calculado}}  > 2$
No existe relación significativa directa entre la fuerza de seguridad de deslizamiento de muros de gaviones y muros de concreto, y la resistencia de socavación de las defensas ribereñas del Río Cunas - Chupaca 2020	Existe relación significativa directa entre la fuerza de seguridad de deslizamiento de muros de gaviones y muros de concreto, y la resistencia de socavación de las defensas ribereñas del Río Cunas - Chupaca 2020	A través de la prueba de hipótesis: $ t_{\text{calculado}}  > 2$
No existe diferencia de fuerza de seguridad de volcamiento entre muros de gaviones y muros de concreto en las defensas ribereñas del Río Cunas - Chupaca 2020.	Existe diferencia de fuerza de seguridad de volcamiento entre muros de gaviones y muros de concreto en las defensas ribereñas del Río Cunas - Chupaca 2020.	A través de la prueba de hipótesis: $ t_{\text{calculado}}  > 2$
No existe diferencia de fuerza de seguridad de deslizamiento entre muros de gaviones y muros de concreto en las defensas ribereñas del Río Cunas - Chupaca 2020.	Existe diferencia de fuerza de seguridad de deslizamiento entre muros de gaviones y muros de concreto en las defensas ribereñas del Río Cunas - Chupaca 2020.	A través de la prueba de hipótesis: $ t_{\text{calculado}}  > 2$

*Tabla 9. Análisis de regresión hipótesis específicas*

Hipótesis específica 1: Fuerza de seguridad de Volcamiento	Coef.	Error estandar	t	Prob>t	Límite inferior	Límite superior
<b>Velocidad de erosión</b>	-159.47	24.253	-6.58	0	-211.161	-107.776
Altura de socavación	41.441	5.837	7.1	0	28.999	53.882
Material	-6.3107	0.462	-13.63	0	-7.297	-5.324

Hipótesis específica 2: Fuerza de seguridad de Deslizamiento	Coef.	Error estandar	t	Prob>t	Límite inferior	Límite superior
Velocidad de erosión	-15.26057	2.723608	-5.6	0	-21.0658	-9.455338
<b>Altura de socavación</b>	3.968304	0.6554732	6.05	0	2.571196	5.365412
Material	0.226632	0.0519862	4.36	0.001	0.1158262	0.3374379

Hipótesis específica 3: Fuerza de seguridad de Volcamiento	Coef.	Error estandar	t	Prob>t	Límite inferior	Límite superior
Velocidad de erosión	-159.47	24.253	-6.58	0	-211.161	-107.776
Altura de socavación	41.441	5.837	7.1	0	28.999	53.882
<b>Material</b>	-6.3107	0.462	-13.63	0	-7.297	-5.324

Hipótesis específica 2: Fuerza de seguridad de Deslizamiento	Coef.	Error estandar	t	Prob>t	Límite inferior	Límite superior
Velocidad de erosión	-15.26057	2.723608	-5.6	0	-21.0658	-9.455338
Altura de socavación	3.968304	0.6554732	6.05	0	2.571196	5.365412
<b>Material</b>	0.226632	0.0519862	4.36	0.001	0.1158262	0.3374379

Se presentan el cálculo de los estadísticos de prueba, de los cuales se puede encontrar que el parámetro que relaciona la fuerza de seguridad de volcamiento y la velocidad de erosión es de -159.47, con un estadístico t Student de 6.58 (en valor absoluto) y un nivel de significancia de 0 (inferior a 0.05). Tal como se ha propuesto, se revisa que el valor calculado

del estadístico es superior a 2, lo cual confirma la hipótesis alterna 1. Del mismo modo, el parámetro que relaciona la fuerza de seguridad de deslizamiento y altura de socavación es de 3.96, con un estadístico t Student de 6.05 (en valor absoluto) y un nivel de significancia de 0 (inferior a 0.05), lo cual confirma la segunda hipótesis específica.

En lo que corresponde a las siguientes dos hipótesis siguientes, se puede aislar el efecto de los diversos materiales a través de la variable “Material”, la cual otorga un valor de cero para el caso de los gaviones y un valor de uno para el caso del concreto. En este sentido, la prueba realizada sirve como una prueba de medias. En ambos casos, se puede encontrar valores de -6.31 y 0.22 con niveles de significancia inferiores al 5%, por lo que se comprueba la hipótesis específica 3 y 4. En particular, los resultados denotan que el concreto tiene menor fuerza de seguridad de volcamiento (un índice menor a 6.31) y una mayor fuerza de seguridad de deslizamiento.

## **CAPITULO V:**

### **DISCUSIÓN DE RESULTADOS**

La presente investigación tiene como principal objetivo el determinar la relación de los muros de gaviones y los muros de concreto en las defensas ribereñas del Rio Cunas - Chupaca 2020. Detalle que se cumple dado el contraste de las hipótesis planteadas, las cuales denotan que hay una relación entre las características de los muros de gaviones y los muros de concreto en las defensas ribereñas.

Los resultados demuestran que existe relación significativa directa entre la fuerza de seguridad de volcamiento de muros de gaviones y muros de concreto, y la resistencia a erosión de las defensas ribereñas del Rio Cunas - Chupaca 2020

Los resultados demuestran que relación significativa directa entre la fuerza de seguridad de deslizamiento de muros de gaviones y muros de concreto, y la resistencia de socavación de las defensas ribereñas del Rio Cunas - Chupaca 2020.

Los resultados demuestran que el concreto tiene menor fuerza de seguridad de volcamiento y una mayor fuerza de seguridad de deslizamiento.

Ahora bien, esto es usualmente detallado en investigaciones internacionales como la que se puede revisar en Brocato (2020) quien estudia una descripción suficientemente precisa del proceso de encajonamiento, consideraremos piedras y cajas que tienen una conexión permanente uno a uno, representada por una traza simétrica. Con lo que se puede analizar la consistencia de las propiedades del muro a nivel agregado. Ng et al., (2018) estudian que el vidrio celular conduce a una fuerza de impacto un 25% menor en comparación con los gaviones, pero los gaviones exhiben una distribución de carga más efectiva, con un ángulo de difusión tres veces mayor que el del vidrio celular. Cherkasova (2019) recomienda usar gaviones para fortalecer y proteger contra la erosión de la ladera del mar.

También, Yu y Choi (2021) estudian gaviones rellenos de roca se instalan comúnmente frente a estructuras de hormigón armado para reducir las cargas de impacto, denotándose que se deben adoptar rocas con morfología redondeada donde sea posible para reducir las cargas transmitidas y distribuir las cargas de manera más uniforme. Adilov, Miralimov y Abirov (2020) encontraron influencia de los principales parámetros estructurales de las estructuras de gaviones para fortalecer la subrasante en su estabilidad y deformabilidad.

También se tienen similitudes con los antecedentes nacionales de la investigación, Gomez y Cahuna (2018), estudiaron ello en el río Locumba verificándose la estabilidad de la estructura respecto a la seguridad contra el deslizamiento, el vuelco y seguridad de rotación global. Del mismo modo, Ponte (2018); demostró que realizar la defensa ribereña por enrocado tiene mayores desventajas que la defensa ribereña con gaviones, representando esta última un 77.78% del costo de defensa ribereña por enrocado. Farroña (2017); quien detalla que a través de muros mixtos de gaviones y mampostería de piedra se reduce riesgos respecto al desborde del río o posibles desastres naturales. Luján (2017), representó la comparación de un muro de contención

de concreto y otro elaborado a base de gaviones; llegando a concluir que si se hace necesario construir un muro de gaviones ya que se mejoró en la defensa de un 20.25% en el índice de resistencia a la erosión y un 27.83% en la socavación. Aguila (2016), demuestra que los colchones de gaviones y las geoceldas de concreto son capaces de resistir las solicitaciones mínimas del proyecto; aunque las geoceldas han demostrado mejor desempeño respecto al recubrimiento contra la erosión ribereña; es decir son mucho más adecuados. En este sentido, se puede notar claramente que la utilización del mix de muros de gaviones y de concreto, permite mejorar las propiedades de las defensas ribereñas, además de otorgarle un valor numérico que permite medir esta relación, haciéndose, por tanto, una metodología que permite la comparación de los niveles de relación entre cualquier tipo de obra de similar acción.



## CONCLUSIONES

- 1) La Hipótesis General de la investigación planteada, detalla que existe relación significativa entre el muro de gaviones y muros de concreto en las defensas ribereñas del Río Cunas - Chupaca, 2020, la cual ha sido comprobada y discutida en contraste a la literatura del tema, y a través de ello, se concluye que en efecto existe una relación significativa entre el muro de gaviones y muros de concreto en las defensas ribereñas del Río Cunas -Chupaca, 2020.
- 2) La hipótesis específica a. de la investigación planteada, detalla que existe relación significativa directa entre la fuerza de seguridad de volcamiento de muros de gaviones y muros de concreto, y la resistencia a erosión de las defensas ribereñas del Río Cunas - Chupaca 2020, la cual ha sido comprobada y discutida en contraste a la literatura del tema, y a través de ello, se concluye que en efecto existe que hay una relación significativa directa entre la fuerza de seguridad de volcamiento de muros de gaviones y muros de concreto, y la velocidad de erosión de las defensas ribereñas del Río Cunas - Chupaca 2020, esto a saber que el valor del estadístico t Student asociado a la prueba de hipótesis es igual a - 6.58, con un p – valor de 0 (significativo al 5%). Esto quiere decir que en la medida que hay una mayor fuerza de seguridad al volcamiento, se reduce la velocidad de erosión, lo cual induce a establecer una mayor protección de los gaviones o concreto en las defensas ribereñas, cumpliendo su rol.
- 3) La hipótesis específica b. de la investigación planteada, detalla que existe relación significativa directa entre la fuerza de seguridad de deslizamiento de muros de gaviones y muros de concreto, y la resistencia de socavación de las defensas ribereñas del Río Cunas - Chupaca 2020, la cual ha sido comprobada y discutida en contraste a la literatura del tema, y a través de ello, se concluye que en efecto existe relación significativa directa entre la

fuerza de seguridad de deslizamiento de muros de gaviones y muros de concreto, y la altura de socavación de las defensas ribereñas del Río Cunas - Chupaca 2020, esto a saber que el valor del estadístico t Student asociado a la prueba de hipótesis es igual a 6.05, con un p – valor de 0 (significativo al 5%). Esto quiere decir que en la medida que hay una mayor fuerza de seguridad de deslizamiento, se reduce la altura de socavación calculada, dotando mejores resultados del sostenimiento del sistema de protección integrado por las defensas ribereñas.

- 4) La hipótesis específica c. de la investigación planteada, detalla que existe diferencia de fuerza de seguridad de volcamiento entre muros de gaviones y muros de concreto en las defensas ribereñas del Río Cunas - Chupaca 2020, la cual ha sido comprobada y discutida en contraste a la literatura del tema, y a través de ello, se concluye que existe una diferencia significativa entre los materiales de los muros de concreto y muros de gaviones los que denotan que el concreto tiene menor fuerza de seguridad de volcamiento (un índice menor a 6.31), esto al conocer los valores t Student de -6.31 y 0.22 con niveles de significancia inferiores al 5%, por lo que se comprueba la hipótesis específica.
- 5) La hipótesis específica c. de la investigación planteada, detalla que existe diferencia de fuerza de seguridad de deslizamiento entre muros de gaviones y muros de concreto en las defensas ribereñas del Río Cunas - Chupaca 2020, la cual ha sido comprobada y discutida en contraste a la literatura del tema, y a través de ello, se concluye que existe una diferencia significativa entre los materiales de los muros de concreto y muros de gaviones los que denotan que el concreto tiene una mayor fuerza de seguridad de deslizamiento, esto al conocer los valores t Student de -6.31 y 0.22 con niveles de significancia inferiores al 5%, por lo que se comprueba la hipótesis específica.

## RECOMENDACIONES

- 1) Se recomienda realizar un doble esfuerzo para detectar zonas de socavación alta a fin de mejorar el desempeño de los muros de contención. Una forma rápida de realizar este tipo de criterios es la utilización de mapas dinámicos proporcionados por la actual tecnología, puesto que hay empresas como Google que ponen a disposición gratuita este tipo de información. Con un detalle claro sobre las fotos de ríos, se puede hacer una aproximación sobre las zonas que deberían de tenerse más en cuenta a la hora de revisar la socavación.
- 2) Se recomienda el uso de métodos de análisis de estabilidad estructural por la importancia para poder detallar criterios de una mejor calidad de construcción que tiene la finalidad de aumentar la seguridad de estas. En este sentido, el tipo de material utilizado es profundamente importante dado cuestiones de propiedades necesarias para poder perpetuar el estado de las construcciones, en particular, se busca reducir la erosión y el deslizamiento ocasionado por el agua en las defensas ribereñas, lo cual se consigue con muros de contención.
- 3) Se recomienda tomar en consideración la velocidad de erosión, pues este parece ser el factor más importante en las fuerzas que forman parte de los muros de contención. Si bien es cierto que este indicador es un insumo necesario para el inicio de operaciones en lo que corresponde a un muro de contención, es primordial ver su dinámica, es decir, posibles rangos y variaciones que esta pueda tener en un determinado lapso, a fin de poder establecer mejores resultados para los muros de contención, independientemente de cual sea el material con el que se realizaron.

- 4) Se recomienda que, para poder ejecutar un proyecto ya sea con muros de gaviones o muros de concreto, se deba tener en cuenta varios puntos como: el método constructivo, la altura del terreno por contener, las propiedades de los suelos, accesibilidad y disposición de los materiales, y el costo, entre otros. Esto a razón de que existe una relación significativa entre el muro de gaviones y muros de concreto.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Adilov, F. F., Miralimov, M. H., & Abirov, R. A. (2020). To the stability of the roadbed reinforced with gabions. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 913, 042066. <https://doi.org/10.1088/1757-899X/913/4/042066>
- Aguila, D. (2016). Comparación técnica entre el uso de gaviones y geoceldas como estructuras de defensa ribereña. In *Pontificia Universidad Católica del Perú*. Pontificia Universidad Católica del Perú.
- Al-Fawzy, A. M., Al-Merib, F. H., Al-Mohammed, F. M., Hummadi, A. H., & Al-Zubaidy, R. Z. (2020). Effect of using stepped gabions on the distance of the hydraulic jump. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 888, 012061. <https://doi.org/10.1088/1757-899X/888/1/012061>
- Bisquerra, R. (2008). Metodología Cualitativa. *Métodos Cuantitativos Aplicados 2*, 7–194.
- Brocato, M. (2020). A continuum model of close packing granular materials for the study of rock filled gabions. *International Journal of Solids and Structures*, 187, 38–47. <https://doi.org/10.1016/j.ijsolstr.2018.08.008>
- Camargo, J. (2001). *Manual de Gaviones* (p. 153). Series del Instituto de Ingeniería.
- Cherkasova, L. (2019). Application of gabions for strengthening marine coastal slopes. *Journal of Physics: Conference Series*, 1425, 012206. <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1425/1/012206>
- Cochachin, D. (2014). Diseño de muro de gaviones para la protección de la margen izquierdo

del río Mosna en el tramo km: 17 + 000 al km: 17 + 330 en el distrito de Chavín aplicando hec ras, 2013. In *Universidad Nacional Santiago Antúnez de Mayolo*. Universidad Nacional Santiago Antúnez de Mayolo.

Coral, H. (1998). Diseño de la defensa ribereña de Shanao. *Universidad Nacional de San Martín*.

Coulomb, C. A. (1776). *Essai sur une application des regles des maximis et minimis a quelques problemes de statique relatifs a la architecture*. 7, 3387–3436.

Farroña, P. (2017). *Propuesta de diseño de muros mixtos de gaviones y mampostería de piedra para la defensa ribereña del Río Rímac en los Kilometros 34-35 Lurigancho - Chosica*. Universidad San Martín de Porras.

García, V., & Briones, F. (2018). *Prólogo. El riesgo y los desastres: diálogos cruzados entre América Latina y Francia*.

Gomez, F., & Cahuna, J. (2018). *Propuesta de diseño de defensas ribereñas en el río Locumba, Anexo de Oconchay, zona rural del distrito Ilabaya, provincia de Jorge Basadre Grohmann - Tacna*. Universidad Privada de Tacna .

Guterres, A. (2009). *Cambio climático, desastres naturales y desplazamiento humano: la perspectiva del ACNUR, 2009*.

Hernández, R., Fernández, C., & Baptista, M. (2016). *Metodología de la Investigación*.

López, F. (2012). *Sistema constructivo de muros de gaviones de edificación*.

Luján, J. (2017). *Uso de Gaviones para mejorar la defensa ribereña del río Huaycoloro, zona*

*de Huachipa distrito de Lurigancho, Lima 2017.* Universidad César Vallejo.

Ministerio de Salud - DIRESA - Junín. (2009). *RÍO CUNAS Y AFLUENTES-2008.*

Monjo, C. (2007). Durability vs Vulnerability. *Informes de La Construcción*, 59(507), 43–58.  
<https://doi.org/10.3989/ic.2007.v59.i507.531>

Ng, C. W. W., Su, Y., Choi, C. E., Song, D., Lam, C., Kwan, J. S. H., Chen, R., & Liu, H. (2018). Comparison of Cushioning Mechanisms between Cellular Glass and Gabions Subjected to Successive Boulder Impacts. *Journal of Geotechnical and Geoenvironmental Engineering*, 144(9), 04018058.  
[https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)GT.1943-5606.0001922](https://doi.org/10.1061/(ASCE)GT.1943-5606.0001922)

Ogando, L. (2015). *Los Gaviones: análisis, evolución y comportamiento: propuesta para las envolventes de las escuelas en la República Dominicana.* Universitat Politècnica de Catalunya.

Olivos, M. (2002). Estudio de defensas ribereñas del tramo urbano del río Tumbes.  
*Universidad de Piura.*

Ponte, J. (2018). Defensa ribereña con gaviones y la estabilidad del talud en el Río Chillón – Asociación de Vivienda Valle Chillón – Distrito de Puente Piedra, 2017. In *Universidad César Vallejo.*

Prosser, I., Rutherford, I., Olley, J., Young, W., Wallbrink, P., & Moran, C. (2001). Corrigendum a: Patrones a gran escala de erosión y transporte de sedimentos en redes fluviales, con ejemplos de Australia. *Marine and Freshwater Research*, 52(5), 817.

[https://doi.org/10.1071/MF00033\\_CO](https://doi.org/10.1071/MF00033_CO)

Quintanilla, M. (1999). Metodología de Investigación. In *Ingeniería y Medio ambiente* (p. 96).

[http://www.ingenieria.peru-v.com/medioambiente/ingenieria\\_y\\_medioambiente.htm](http://www.ingenieria.peru-v.com/medioambiente/ingenieria_y_medioambiente.htm)

Rankine, W. J. M. (1857). On the stability of loose earth. *Philosophical Transactions of the*

*Royal Society of London*, 147, 9–27. <https://doi.org/10.1098/rstl.1857.0003>

Soto, J. (2017). Modelamiento hidráulico y diseño de defensas ribereñas del río Amojú,

localidad El Parral - Jaén - Cajamarca. *Universidad Nacional de Cajamarca*.

Su, Y., & Choi, C. E. (2021). Effects of particle shape on the cushioning mechanics of rock-

filled gabions. *Acta Geotechnica*, 16(4), 1043–1052. <https://doi.org/10.1007/s11440-020->

01080-x

Tibanta, J. (2012). *Diseño de diques de gaviones para el control de de la erosión en ríos de*

*montaña*. Quito, 2012.



## Anexos

### Anexo 1: Matriz de consistencia

<b>Problema de investigación</b>	<b>Objetivo de investigación</b>	<b>Hipótesis de la investigación</b>	<b>Variables de la investigación</b>		<b>Metodología de la investigación</b>	
<b>Problema general</b>	<b>Objetivo general</b>	<b>Hipótesis general</b>	<b>Variable 1</b>	<b>Dimensiones</b>	<b>Metodología</b>	<b>Población y muestra</b>
¿Cuál es la relación entre los muros de gaviones o muros de concreto en las defensas ribereñas del Río Cunas - Chupaca 2020?	Determinar la relación de los muros de gaviones y los muros de concreto en las defensas ribereñas del Río Cunas - Chupaca 2020	Existe relación significativa entre los muros de gaviones y muros de concreto en las defensas ribereñas del Río Cunas _Chupaca, 2020	Muros de gaviones	Fuerza de seguridad al volcamiento  Fuerza de seguridad al deslizamiento	<b>Tipo:</b> Aplicado	<b>Tipo de muestreo:</b> Muestreo no probabilístico, por conveniencia, referido a las pruebas de laboratorio a realizar
<b>Problemas específicos</b>	<b>Objetivos específicos</b>	<b>Hipótesis específicas</b>	<b>Variable 2</b>		<b>Nivel:</b> Correlacional	<b>Población de estudio:</b> Río Cunas Puente Peatonal Muqui – Puente Peatonal Peralta Alta
¿Qué relación existe entre la fuerza de seguridad al volcamiento de muros de gaviones y muros de concreto, y la resistencia a erosión en las defensas ribereñas del Río Cunas - Chupaca 2020?	Establecer la relación existente entre la fuerza de seguridad de volcamiento de muros de gaviones y muros de concreto, y la resistencia a erosión de las defensas ribereñas del Río Cunas - Chupaca 2020	Existe relación significativa directa entre la fuerza de seguridad de volcamiento de muros de gaviones y muros de concreto, y la resistencia a erosión de las defensas ribereñas del Río Cunas - Chupaca 2020	Muros de concreto	Fuerza de seguridad al volcamiento  Fuerza de seguridad al deslizamiento	<b>Método:</b> General universal funcionalista y como método	
¿Qué relación existe entre la fuerza de	Establecer la relación que existe entre la	Existe relación significativa directa	<b>Variable 3</b>			<b>Instrumento</b>

<p>seguridad al deslizamiento de muros de gaviones y muros de concreto, y la resistencia de socavación de las defensas ribereñas del Rio Cunas - Chupaca 2020?</p>	<p>fuerza de seguridad de deslizamiento de muros de gaviones y muros de concreto, y la resistencia de socavación de las defensas ribereñas del Rio Cunas - Chupaca 2020</p>	<p>entre la fuerza de seguridad de deslizamiento de muros de gaviones y muros de concreto, y la resistencia de socavación de las defensas ribereñas del Rio Cunas - Chupaca 2020</p>	<p>Defensa ribereña</p>	<p>Resistencia a la erosión  Resistencia a la socavación</p>	<p>general el científico  <b>Diseño</b> Experimental</p>	<p>Hojas o fichas de registro  <b>Técnicas:</b> Análisis ingenieril y de laboratorio, de cálculo de ensayo directo, de cálculo de capacidad portante, estudio de hidrología</p>
--	---	--	-------------------------	--	--	---

## Anexo 2: Matriz de operacionalización de variables

<b>VARIABLES DE ESTUDIO</b>	<b>DEFINICIÓN CONCEPTUAL</b>	<b>DIMENSIONES</b>	<b>DEFINICIÓN OPERACIONAL</b>	<b>INDICADORES</b>
Muros de gaviones	Los muros de gaviones se ejecutan principalmente con el propósito de estabilizar el suelo detrás del muro, pero también se pueden ejecutar como un muro de cubierta. La pared está hecha de cestas de gaviones que se apilan en una o más filas, dependiendo de la altura de la pared. Las cestas tienen forma de jaula y están cerradas por todos lados (Camargo, 2001).	Fuerza de seguridad al volcamiento	Seguridad contra el vuelco son una sumatoria de momentos para verificar la estabilidad contra el vuelco. (Luján, 2017).	Índice de seguridad al volcamiento
		Fuerza de seguridad al deslizamiento	El deslizamiento de la estructura ocurre cuando la resistencia al deslizamiento a lo largo de la base del muro de contención, sumada al empuje pasivo disponible en su frente (Luján, 2017).	Índice de seguridad al deslizamiento
Muros de concreto	los muros de concreto armado son una pieza que sostiene y estabiliza el suelo. Sus características dependen de las dimensiones de la base y también del alto que tenga (Camargo, 2001).	Fuerza de seguridad al volcamiento	Seguridad contra el vuelco son una sumatoria de momentos para verificar la estabilidad contra el vuelco. (Luján, 2017).	Índice de seguridad al volcamiento
		Fuerza de seguridad al deslizamiento	El deslizamiento de la estructura ocurre cuando la resistencia al deslizamiento a lo largo de la base del muro de contención, sumada al empuje pasivo disponible en su frente (Luján, 2017).	Índice de seguridad al deslizamiento



## Anexo 3: Instrumentos de investigación



**GEOLUMAS SAC**  
MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO

RUC 20568764995

### INFORME TÉCNICO

#### ESTUDIO DE MECÁNICA DE SUELOS CON FINES DE CIMENTACIÓN

#### “INFLUENCIA DE LOS MUROS DE GAVIONES O MUROS DE CONCRETO EN LAS DEFENSAS RIBEREÑAS DEL RÍO CUNAS CHUPACA, 2020”

#### I. GENERALIDADES

##### 1.1. OBJETIVO

El objetivo del presente estudio de mecánica de suelos, es establecer las características geotécnicas del suelo donde se cimentará la edificación proyectada.

Para tal efecto, se ha efectuado una investigación geotécnica que incluye trabajos de campo y ensayos de laboratorio necesarios para definir la estratigrafía, características físicas y mecánicas de los suelos predominantes, sus propiedades de resistencia y estimación de asentamientos, del mismo modo se analizó la agresividad del suelo al concreto de la cimentación.

##### 1.2. NORMATIVIDAD

El presente Informe Técnico se ha elaborado en base a la Norma Técnica E-050 Suelos y Cimentaciones del Reglamento Nacional de Edificaciones y Norma Técnica E0.30 “DISEÑO SISMORRESISTENTE” DEL REGLAMENTO NACIONAL DE EDIFICACIONES, APROBADA EL 11 DE OCTUBRE DEL 2013, correspondiente al estudio de mecánica de suelos para el proyecto.

##### 1.3. UBICACIÓN

LUGAR	: RÍO CUNAS
DISTRITO	: CHUPACA
PROVINCIA	: CHUPACA
DEPARTAMENTO	: JUNÍN

  
GEOLUMAS SAC  
MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO  
Ing. Civil Edwin Peña Lozano  
APROX. REGISTRO CIP 10000  
PROFESIONISTA ESPECIALISTA EN SUELOS,  
CONCRETO, GEOTECNIA Y ASFALTO

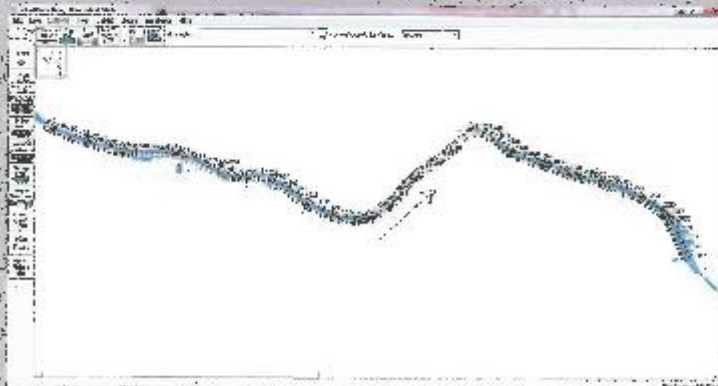
# ESTUDIO DE HIDROLOGIA E HIDRAULICA

PROYECTO DE TESIS

INFLUENCIA DE LOS MUROS DE GAVIONES O MUROS DE  
CONCRETO EN LAS DEFENSAS RIBEREÑAS DEL RIO CUNAS  
CHUPACA, 2020.



2020



SOLICITANTE: BACH. TITO RAJAS PARIONA  
ESTUDIO DE HIDROLOGIA  
MARZO - 2020



### Anexo 4: Base de datos de la investigación

	data gaviones										data concreto									
gamma_r oca	2800	2800	2800	2800	2800	2800	2800	2800	2800	2800	3200	3200	3200	3200	3200	3200	3200	3200	3200	3200
gamma_s uelo	1690	1691	1698	1703	1707	1699	1696	1692	1709	1701	1703	1707	1692	1695	1710	1691	1706	1704	1695	
sigma_su elo	3.67	1.507	1.507	1.673	1.756	2.196	2.042	1.789	1.602	1.638	1.507	1.507	1.673	1.756	2.196	2.042	1.789	1.602	1.638	
phi_suelo	32	29.3	29	29	30.3	30	30.15	30	30.9	30.9	29.3	29	29	30.3	30	30.15	30	30.9	30.9	
B	3	25	26	28	25	24	26	28	27	28	26	25	26	28	26	27	26	27	25	
H	3	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	
A	3	11.11	11.55	12.44	11.11	10.66	11.55	12.44	12	12.44	11.55	11.11	11.55	12.44	11.55	12	11.55	12	11.11	
N_B	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
N_H	3	2	2	2	2	2	2	2	2	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
N_lad	6	5	5	5	5	5	5	5	5	5	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
k_a	0.307	0.342	0.346	0.346	0.329	0.333	0.3313 2256	0.3333 3333	0.3214 0435	0.3214 0435	0.3428 3843	0.3469 7403	0.3469 7403	0.3293 2089	0.3333 3333	0.3313 2256	0.3333 3333	0.3214 0435	0.3214 0435	
e_a (suelo)	2336.7 0	7246.7 4741	7364.5 2382	7386.2 0969	7026.8 8449	7079.1 6667	7024.0 3834	7050	6866.0 0051	6833.8 6007	7298.1 7318	7403.5 5839	7338.5 0076	6977.4 8636	7125	7003.3 3068	7108.3 3333	6845.9 1273	6809.7 5474	
Mo (suelo)	2336.7 0	18116. 8685	18411. 3095	18465. 5242	17567. 2112	17697. 9167	17560. 0958	17625	17165. 0013	17084. 6502	36490. 8659	37017. 792	36692. 5038	34887. 4318	35625	35016. 6534	35541. 6667	34229. 5637	34048. 7737	
V	1	1.66	1.66	1.66	1.66	1.66	1.66	1.66	1.66	1.66	5	5	5	5	5	5	5	5	5	
vacuidad bloque	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	
W	2240	3718.4	3718.4	3718.4	3718.4	3718.4	3718.4	3718.4	3718.4	3718.4	12800	12800	12800	12800	12800	12800	12800	12800	12800	
WT	13440	18592	18592	18592	18592	18592	18592	18592	18592	18592	12800	12800	12800	12800	12800	12800	12800	12800	12800	
Ws1	845	1403.5 3	1409.3 4	1413.4 9	1416.8 1	1410.1 7	1407.6 8	1404.3 6	1418.4 7	1411.8 3	4257.5	4267.5	4230	4237.5	4275	4227.5	4265	4260	4237.5	
Ws2	1690	2807.0 6	2818.6 8	2826.9 8	2833.6 2	2820.3 4	2815.3 6	2808.7 2	2836.9 4	2823.6 6	8515	8535	8460	8475	8550	8455	8530	8520	8475	
W_bar	15975	22802. 59	22820. 02	22832. 47	22842. 43	22822. 51	22815. 04	22805. 08	22847. 41	22827. 49	25572. 5	25602. 5	25490	25512. 5	25625	25482. 5	25595	25580	25512. 5	
Me (Suelo)	26708. 75	323044 .646	336356 .67	362530 .443	323902 .313	310534 .54	336245 .173	361870 .04	349930 .283	36241 0.37	452362 .083	435609 .375	450515	485712 .5	453537 .5	46766 8.125	452865 .833	469935	433671 .875	
Fsv	11.430 1098	17.831 1525	18.269 0248	19.632 827	18.437 8902	17.546 3895	19.148 2539	20.531 6335	20.386 266	21.212 6304	12.396 584	11.767 5678	12.278 121	13.922 2773	12.730 8772	13.355 5917	12.741 8288	13.728 9217	12.736 784	
Fsd	4.2719 5758	1.7657 876	1.7176 051	1.7134 9654	1.8995 6707	1.8613 1828	1.8866 682	1.8675 9136	1.9915 3682	1.9991 5872	1.9663 3012	1.9168 752	1.9253 7116	2.1366 2923	2.0764 3518	2.1134 8207	2.0788 6708	2.2362 7072	2.2422 1236	
x	1.5256 3687	13.372 5063	13.932 738	15.069 1064	13.410 793	12.831 0437	13.968 2016	15.095 1034	14.564 6829	15.127 6255	16.262 4388	15.568 4634	16.234 6997	17.670 7523	16.308 7805	16.978 3762	16.304 9098	17.033 0507	15.663 8158	

excentricidad	- 0.0256 3687	- 0.8725 0625	- 0.9327 3803	- 1.0691 0637	- 0.9107 9304	- 0.8310 4371	- 0.9682 0157	- 1.0951 0337	- 1.0646 8288	- 1.1276 255	- 3.2624 3885	- 3.0684 6335	- 3.2346 9973	- 3.6707 5231	- 3.3087 8049	- 3.4783 762	- 3.3049 0981	- 3.5330 5068	- 3.1638 1583
sigma1	0.5598 0326	0.2481 9738	0.2399 8817	0.2255 0831	0.2505 2008	0.2584 1377	0.2415 5161	0.2262 5867	0.2354 4184	0.2277 5937	0.3879 1109	0.4001 1282	0.3852 4759	0.3662 7084	0.3910 7896	0.3764 981	0.3904 2326	0.3805 2859	0.4039 609
sigma2	0.5051 9674	0.1622 4924	0.1549 7372	0.1414 421	0.1606 4366	0.1695 0829	0.1533 2408	0.1402 5155	0.1453 4833	0.1391 11	0.0546 8988	0.0607 3218	0.0559 2549	0.0437 5148	0.0524 3066	0.0482 1024	0.0525 6712	0.0458 0475	0.0552 641
Dm	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
Q	299	299	299	299	299	299	299	299	299	299	299	299	299	299	299	299	299	299	299
H0	3.678	4.4629 7768	4.8953 2863	3.6531 2204	3.5378 8338	2.7862 2009	3.8543 1266	2.7773 9366	4.0960 2523	2.8562 9402	4.3228 5645	4.2654 9889	3.7848 8012	3.2187 7926	2.9061 2511	2.9206 3039	4.5312 7174	3.8671 9015	4.1163 1377
Hm	3.3102	4.0166 7992	4.4057 9576	3.2878 0984	3.1840 9504	2.5075 9808	3.4688 8139	2.4996 5429	3.6864 227	2.5706 6462	3.8905 7081	3.8389 49	3.4063 9211	2.8969 0134	2.6155 126	2.6285 6735	4.0781 4456	3.4804 7113	3.7046 8239
beta	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
z	0.36	0.36	0.36	0.36	0.36	0.36	0.36	0.36	0.36	0.36	0.36	0.36	0.36	0.36	0.36	0.36	0.36	0.36	0.36
ve	1.5048 1486	1.6133 4686	1.6679 5496	1.5011 4262	1.4839 201	1.3616 5913	1.5303 9575	1.3601 0466	1.5642 7605	1.3738 898	1.5949 2529	1.5872 7433	1.5204 1315	1.4342 7253	1.3824 7091	1.3849 5106	1.6221 9138	1.5322 3452	1.5670 61
be	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25
mu	0.96	0.96	0.96	0.96	0.96	0.96	0.96	0.96	0.96	0.96	0.96	0.96	0.96	0.96	0.96	0.96	0.96	0.96	0.96
alfa	1.4736 9967	1.1626 5775	1.0381 0125	1.4860 0809	1.5455 4202	2.0710 8812	1.3915 1656	2.0791 5697	1.2915 6486	2.0089 9387	1.2090 0949	1.2289 6285	1.4228 6401	1.7353 6178	1.9668 601	1.9548 9575	1.1412 1981	1.3858 4019	1.2837 6787
Hs	6.2550 5861	6.6601 6107	6.8629 6028	6.2413 0228	6.1767 4154	5.7162 4204	6.3507 9384	5.7103 6147	6.4773 4629	5.7624 8771	6.5915 9634	6.5630 9662	6.3134 5343	5.9902 1326	5.7949 0963	5.8042 7664	6.6930 5265	6.3576 6922	6.4877 3672



2020

LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS

# ENSAYO DE CAPACIDAD PORTANTE



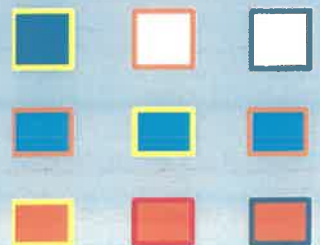
ESTUDIO DE MECANICA DE SUELOS

“INFLUENCIA DE LOS MUROS DE GAVIONES O MUROS DE CONCRETO EN LAS DEFENSAS RIBEREÑAS DEL RIO CUNAS CHUPACA, 2020”

BACHILLER: TITO RAMOS PARIONA



LABORATORIO DE  
MECANICA DE SUELOS N°  
01  
GEOLUMAS SAC



# **ESTUDIO DE MECÁNICA DE SUELOS CON FINES DE CIMENTACIÓN**

**TESIS:**

**“INFLUENCIA DE LOS MUROS DE GAVIONES O  
MUROS DE CONCRETO EN LAS DEFENSAS  
RIBEREÑAS DEL RIO CUNAS CHUPACA, 2020”**

**INFORME TECNICO**

**SOLICITANTE:**


**BACHILLER: TITO RAMOS PARIONA**

**MARZO DEL 2020**



## INDICE

- 1. GENERALIDADES**
  - 1.1. Objetivo**
  - 1.2. Normatividad**
  - 1.3. Ubicación**
- 2. GEOLOGIA Y SISMICIDAD DEL AREA EN ESTUDIO**
  - 2.1.- Geologia**
    - 2.1.1. Geologia Regional**
    - 2.1.2. Geologia Local**
  - 2.2.- Sismicidad**
- 3.0. INVESTIGACION GEOTECNICA EFECTUADA**
  - 3.1. Exploraciones**
  - 3.2. Muestreo**
  - 3.3. Registro De Exploraciones**
- 4.0. ENSAYOS DE LABORATORIO**
  - 4.1. Ensayos Estandar**
  - 4.2. Ensayos Especiales**
  - 4.3. Clasificación De Suelos**
- 5.0. DESCRIPCIÓN DEL PERFIL ESTRATIGRÁFICO**
- 6.0. ANÁLISIS DE LA CIMENTACIÓN**
- 7.0. CAPACIDAD PORTANTE**
  - 7.1. Capacidad De Carga**
    - 7.1. Diseño Por Seguridad Global**
    - 7.1. Parametros De Obras De Sostenimiento.**
- 8.0. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

 **GEOLUMAS SAC.**  
LABORATORIO MECÁNICA DE SUELOS

-----  
**Ing. Civil Edwin Peña Dueñas**  
ASESOR TÉCNICO, CIP 145416  
ESPECIALISTA EN MECÁNICA DE SUELOS,  
CONCRETO, GEOTECNIA Y GEOLOGÍA



## **INFORME TÉCNICO**

### **ESTUDIO DE MECÁNICA DE SUELOS CON FINES DE CIMENTACIÓN**

#### **“INFLUENCIA DE LOS MUROS DE GAVIONES O MUROS DE CONCRETO EN LAS DEFENSAS RIBEREÑAS DEL RIO CUNAS CHUPACA, 2020”**



**Ing. Civil Edwin Peña Dueñas**  
ASESOR TÉCNICO CIP 145416  
ESPECIALISTA EN MECÁNICA DE SUELOS,  
CONCRETO, GEOTECNIA Y GEOLOGÍA



## INFORME TÉCNICO

### ESTUDIO DE MECÁNICA DE SUELOS CON FINES DE CIMENTACIÓN

# “INFLUENCIA DE LOS MUROS DE GAVIONES O MUROS DE CONCRETO EN LAS DEFENSAS RIBEREÑAS DEL RIO CUNAS CHUPACA, 2020”

## 1. GENERALIDADES

### 1.1. OBJETIVO

El objetivo del presente estudio de mecánica de suelos, es establecer las características geotécnicas del suelo donde se cimentará la edificación proyectada.


Para tal efecto, se ha efectuado una investigación geotécnica que incluye trabajos de campo y ensayos de laboratorio necesarios para definir la estratigrafía, características físicas y mecánicas de los suelos predominantes, sus propiedades de resistencia y estimación de asentamientos, del mismo modo se analizó la agresividad del suelo al concreto de la cimentación.

### 1.2. NORMATIVIDAD

El presente Informe Técnico se ha elaborado en base a la Norma Técnica E-050 Suelos y Cimentaciones del Reglamento Nacional de Edificaciones y Norma Técnica E0.30 “DISEÑO SISMORRESISTENTE” DEL REGLAMENTO NACIONAL DE EDIFICACIONES, APROBADA EL 11 DE OCTUBRE DEL 2018, corresponde al estudio de mecánica de suelos para el proyecto.

### 1.3. UBICACIÓN

LUGAR	: RIO CUNAS
DISTRITO	: CHUPACA
PROVINCIA	: CHUPACA
DEPARTAMENTO	: JUNIN

 **GEOLUMAS SAC.**  
LABORATORIO MECÁNICA DE SUELOS

*Edwin Peña Dueñas*

**Ing. Civil Edwin Peña Dueñas**  
ASESOR TÉCNICO CIP 145416  
ESPECIALISTA EN MECÁNICA DE SUELOS,  
CONCRETO, GEOTECNIA Y GEOLOGÍA



## 2. GEOLOGIA Y SISMICIDAD DEL AREA EN ESTUDIO

### 2.1 GEOLOGIA

#### 2.1.1 GEOLOGIA REGIONAL

##### **Aspectos geomorfológicos**

Los rasgos geomorfológicos presentes en el área de estudio y alrededores han sido modelados por eventos de geodinámica interna y externa. Las unidades geomorfológicas existentes son clasificadas como Valles - Quebradas y Estribaciones de la Cordillera Occidental.

##### **Aspectos Litoestratigráficos.**

La secuencia litoestratigráfica, esta dada por la ocurrencia de afloramientos y depósitos no consolidados con edades que se inician en el Cretáceo Inferior, hasta la actualidad.

##### **Morfogénesis y Procesos Geodinámicos**

La configuración del relieve en la región está subordinada a procesos morfogenéticos que han ocurrido en el pasado geológico.

#### 2.1.2 Geología Local

##### **Aspectos Geomorfológicos**

El área de estudio se encuentra en el cauce de quebradas antiguas

##### **Aspectos Litoestratigráficos**

El área en estudio está asociada a depósitos aluviales de quebradas

### 2.2 SISMICIDAD

En general, la zona de estudio se halla en una región de mediana actividad sísmica, donde se puede esperar la ocurrencia de sismos de intensidad media durante la vida útil de la edificación proyectada.

La actividad sísmica del área se relaciona con la subducción de la placa oceánica bajo la placa continental sudamericana, subducción que se realiza con un desplazamiento del orden de diez centímetros por año, ocasionando fricciones de la corteza, con la consiguiente

**GEOLUMAS SAC.**  
LABORATORIO MECÁNICA DE SUELOS  
  
-----  
**Ing. Civil Edwin Peña Dueñas**  
ASESOR TÉCNICO CIP 145416  
ESPECIALISTA EN MECÁNICA DE SUELOS,  
CONCRETO, GEOTECNIA Y GEOLOGÍA



liberación de energía mediante sismos, los cuales son en general tanto más violentos cuando menos profundos son en su origen.

Como los sismos de la región se originan en las fricciones corticales debidas a la subducción de la placa oceánica bajo la continental, resulta que a igualdad de condiciones los sismos resultan más intensos en las regiones costeras, decreciendo generalmente hacia la sierra y selva, donde la subducción y fricción cortical es paulatinamente más profunda. Las zonas alejadas del oriente amazónico, sufren de pocos eventos sísmicos precisamente por la gran profundidad en que se produce la subducción bajo esta región, en comparación a lo que ocurre bajo la costa

Según los mapas de zonificación sísmica y mapa de máximas intensidades sísmicas del Perú y de acuerdo a las Normas Sismo-Resistentes del Reglamento Nacional de Edificaciones , el proyecto se encuentra comprendido en la Zona 3.

En la Figura N°3, se presenta el Mapa de Distribución de Máximas Intensidades Sísmicas observadas en el Perú realizado por Alva et al (1984), el cuál se basó en Mapas de Isosistas de Sismos Peruanos y datos de intensidades puntuales de sismos históricos recientes. En la Figura N°4, se presenta el Mapa de Zonificación Sísmica considerando por la norma Técnica E-030 "Diseño Sismorresistente" del Reglamento Nacional de Construcciones.

Los parámetros sísmicos a usarse son:

  
GEOLUMAS SAC.  
LABORATORIO MECÁNICA DE SUELOS  
Ing. Civil Edwin Peña Dueñas  
ASESOR TÉCNICO CIP 145416  
ESPECIALISTA EN MECÁNICA DE SUELOS,  
CONCRETO, GEOTECNIA Y GEOLOGÍA



### ZONA 3

PARAMETRO	VALOR
Factor de zona (Z)	0.35
Factor de ampliación de ondas sísmicas (S)	1.00
Período de vibración predominante (Tp)	0.4 seg.

PERFILES DE SUELO
PERFIL TIPO S <sub>1</sub>

FACTOR DE SUELO "S"	S <sub>1</sub>
Z <sub>3</sub>	1.00

PERIODOS "Tp" y "Tl"	S <sub>1</sub>
"Tp" (S)	0.4
"Tl" (S)	2.5

*Ver Mapas adjuntos.*

 **GEOLUMAS SAC.**  
LABORATORIO MECÁNICA DE SUELOS

*Edwin Peña Dueñas*

**Ing. Civil Edwin Peña Dueñas**  
ASESOR TÉCNICO CIP 145416  
ESPECIALISTA EN MECÁNICA DE SUELOS,  
CONCRETO, GEOTECNIA Y GEOLOGÍA



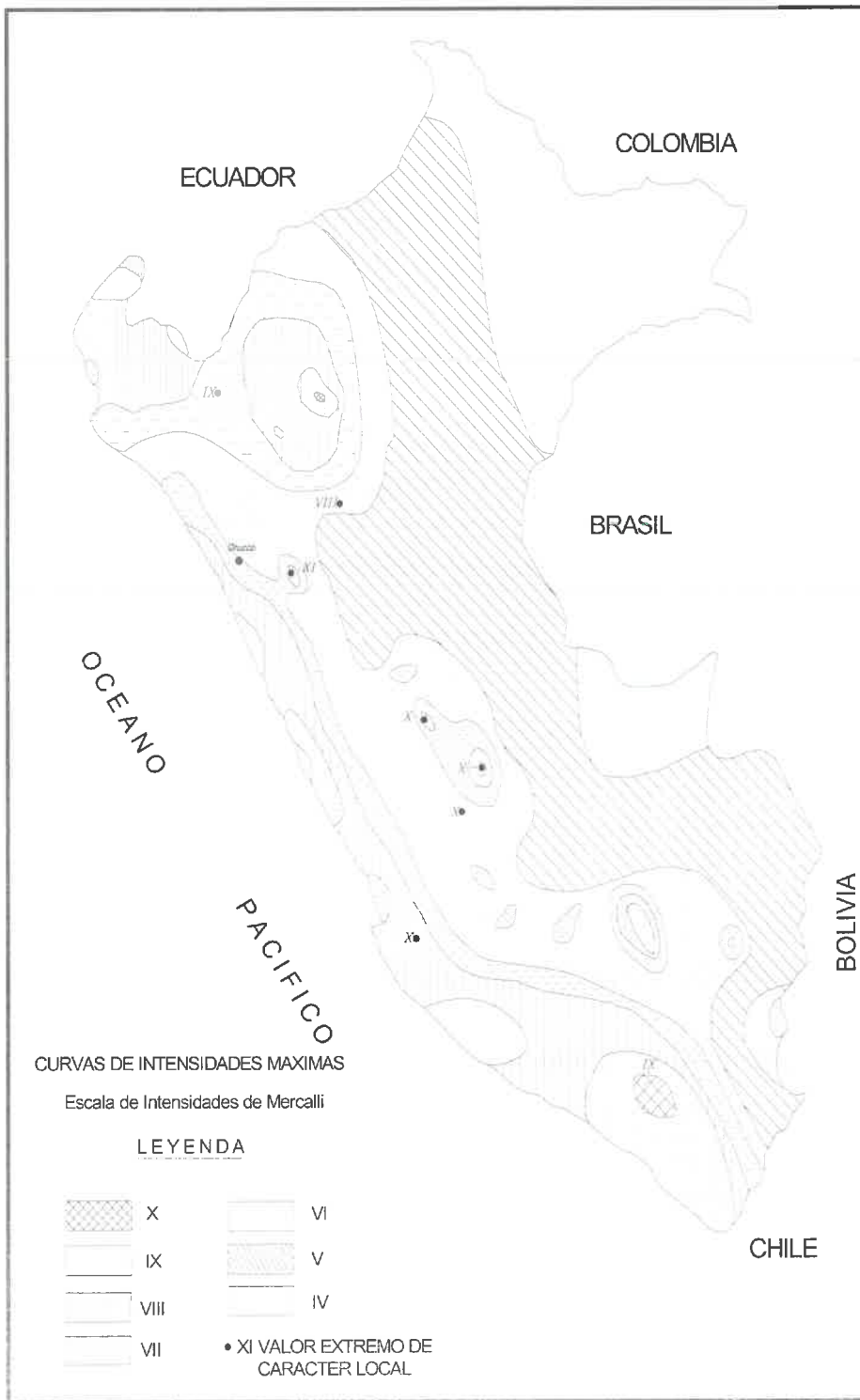


Figura N°3: Mapa de distribución de máximas intensidades sísmicas (Alyo et., al. 1984)



**GEOLUMAS SAC.**  
LABORATORIO MECÁNICA DE SUELOS

**Ing. Civil Edwin Peña Dueñas**  
ASESOR TÉCNICO, CIP 145416  
ESPECIALISTA EN MECÁNICA DE SUELOS,  
CONCRETO, GEOTECNIA Y GEOLOGÍA



### 3.- INVESTIGACION GEOTECNICA EFECTUADA

#### 3.1. EXPLORACIONES

La exploración del subsuelo se realizó mediante 07 excavaciones a cielo abierto ó calicata, ubicadas estratégicamente de tal manera de cubrir todo el terreno en estudio. La profundidad máxima explorada fue de 3.00 m.

C-1, PROG. 0+250, MARGEN DERECHA  
C-2, PROG. 0+750, MARGEN DERECHA  
C-3, PROG. 1+250, MARGEN DERECHA  
C-4, PROG. 1+750, MARGEN DERECHA  
C-5, PROG. 2+250, MARGEN DERECHA  
C-6, PROG. 2+750, MARGEN DERECHA  
C-7, PROG. 3+250, MARGEN DERECHA

#### 3.2. MUESTREO DISTURBADO

Se extrajeron muestras disturbadas representativas de los estratos típicos en cantidad suficiente para la realización de ensayos estándar, especiales y análisis químicos.

#### 3.3. REGISTRO DE EXPLORACIONES

Paralelamente al muestreo se efectuó el registro de cada una de las exploraciones, anotándose las características de los suelos tales como espesor, color, humedad, compacidad, etc.

Cada una de las calicatas exploradas, presentan un Registro de Excavación. Se presenta el resumen de los materiales encontrados en las calicatas exploradas.

Se indica las profundidades y se describen los materiales predominantes en cada una de las exploraciones. Sin embargo se puede concluir que los suelos son del tipo:

- Gravas limosas, mezcla de grava y arena, con presencia de bolonería de 5" a 20" de diámetro.

 **GEOLUMAS SAC.**  
LABORATORIO MECÁNICA DE SUELOS  
  
-----  
**Ing. Civil Edwin Peña Dueñas**  
ASESOR TÉCNICO CIP 145416  
ESPECIALISTA EN MECÁNICA DE SUELOS,  
CONCRETO, GEOTECNIA Y GEOLOGIA



#### 4. ENSAYOS DE LABORATORIO

Los ensayos se efectuaron en el Laboratorio N° 01 de Mecánica de Suelos, siguiendo las normas de la American Society for Testing and Materials (ASTM) y fueron los siguientes:

##### 4.1. ENSAYOS ESTANDAR

- Análisis Granulométrico por Tamizado ASTM D-422
- Límite Líquido ASTM D-4318
- Límite Plástico ASTM D-4318

##### 4.2. ENSAYOS ESPECIALES

- Corte Directo ASTM D-3080
- Humedad ASTM D-2216

##### 4.3. CLASIFICACIÓN DE SUELOS

Los suelos representativos ensayados se han clasificado de acuerdo al Sistema Unificado de Clasificación de Suelos (SUCS). En el cuadro siguiente se presenta la clasificación de los materiales:

POZO	C-1, PROG. 0+250, MARGEN DERECHA	C-2, PROG. 0+750, MARGEN DERECHA	C-3, PROG. 1+250, MARGEN DERECHA	C-4, PROG. 1+750, MARGEN DERECHA
PROF.(m)	3.00	3.00	3.00	3.00
Retiene N°4	55.30	56.70	47.70	45.70
Pasa malla N°200	7.10	18.10	15.80	18.70
Límite Líquido (%)	NP	NP	NP	NP
Índice Plástico (%)	NP	NP	NP	NP
Densidad máx-mín (kg/cm <sup>3</sup> )	1.72	1.70	1.75	1.73
CLASIFICACIÓN SUCS	<b>GM</b>	<b>GM</b>	<b>GM</b>	<b>GM</b>



GEOLUMAS SAC  
LABORATORIO MECÁNICA DE SUELOS

Ing. Civil Edwin Peña Dueñas  
ASESOR TÉCNICO, CIP 145416  
ESPECIALISTA EN MECÁNICA DE SUELOS,  
CONCRETO, GEOTECNIA Y GEOLOGÍA



<b>POZO</b>	<b>C-5, PROG. 2+250, MARGEN DERECHA</b>	<b>C-6, PROG. 2+750, MARGEN DERECHA</b>	<b>C-7, PROG. 3+250, MARGEN DERECHA</b>
PROF.(m)	3.00	3.00	3.00
Retiene N°4	44.9	53.6	62.3
Pasa malla N°200	23.1	24.0	17.5
Límite Líquido (%)	NP	NP	NP
Índice Plástico (%)	NP	NP	NP
Densidad máx-mín (kg/cm <sup>3</sup> )	1.73	1.74	1.72
CLASIFICACIÓN SUCS	<b>GM</b>	<b>GM</b>	<b>GM</b>

**CUADRO N°1: CLASIFICACIÓN DE SUELOS**

 **GEOLUMAS SAC.**  
LABORATORIO MECÁNICA DE SUELOS

-----  
**Ing. Civil Edwin Peña Dueñas**  
ASESOR TÉCNICO, CIP 145416  
ESPECIALISTA EN MECÁNICA DE SUELOS,  
CONCRETO, GEOTECNIA Y GEOLOGÍA



## 5. DESCRIPCIÓN DEL PERFIL ESTRATIGRÁFICO

La estratigrafía se definió mediante la interpretación de los registros estratigráficos de las exploraciones efectuadas, las cuales se muestran en el “Perfil Estratigráfico” estableciéndose la siguiente conformación del subsuelo:

POZO	CLASIFICACION	CARACTERISTICAS
C-1, PROG. 0+250, MARGEN DERECHA	GM	<ul style="list-style-type: none"><li>Gravas limosas, mezcla de grava y arena, con presencia de bolonera de 5" a 20" de diametro.</li></ul>
C-2, PROG. 0+750, MARGEN DERECHA	GM	<ul style="list-style-type: none"><li>Gravas limosas, mezcla de grava y arena, con presencia de bolonera de 5" a 20" de diametro.</li></ul>
C-3, PROG. 1+250, MARGEN DERECHA	GM	<ul style="list-style-type: none"><li>Gravas limosas, mezcla de grava y arena, con presencia de bolonera de 5" a 20" de diametro.</li></ul>
C-4, PROG. 1+750, MARGEN DERECHA	GM	<ul style="list-style-type: none"><li>Gravas limosas, mezcla de grava y arena, con presencia de bolonera de 5" a 20" de diametro.</li></ul>
C-5, PROG. 2+250, MARGEN DERECHA	GM	<ul style="list-style-type: none"><li>Gravas limosas, mezcla de grava y arena, con presencia de bolonera de 5" a 20" de diametro.</li></ul>
C-6, PROG. 2+750, MARGEN DERECHA	GM	<ul style="list-style-type: none"><li>Gravas limosas, mezcla de grava y arena, con presencia de bolonera de 5" a 20" de diametro.</li></ul>
C-7, PROG. 3+250, MARGEN DERECHA	GM	<ul style="list-style-type: none"><li>Gravas limosas, mezcla de grava y arena, con presencia de bolonera de 5" a 20" de diametro.</li></ul>

 **GEOLUMAS SAC.**  
LABORATORIO MECÁNICA DE SUELOS  
  
-----  
**Ing. Civil Edwin Peña Dueñas**  
ASESOR TÉCNICO CIP 145416  
ESPECIALISTA EN MECÁNICA DE SUELOS,  
CONCRETO, GEOTECNIA Y GEOLOGÍA



## 6. ANÁLISIS DE LA CIMENTACIÓN

De acuerdo a los trabajos de campo, ensayos de laboratorio y la estratigrafía del subsuelo, se evaluó la capacidad portante, teniendo en cuenta las siguientes consideraciones:

El material presente en la zona activa de cimentación, está conformado por :

se efectuó siete ensayo de corte directo en laboratorio, obteniéndose los siguientes parámetros de resistencia:

	Angulo de fricción interna, $\phi$	Cohesión, C (kg/cm <sup>2</sup> )
C-1, PROG. 0+250, MARGEN DERECHA	29.30°	0.00
C-2, PROG. 0+750, MARGEN DERECHA	29.00°	0.00
C-3, PROG. 1+250, MARGEN DERECHA	30.30°	0.00
C-4, PROG. 1+750, MARGEN DERECHA	30.15°	0.00
C-5, PROG. 2+250, MARGEN DERECHA	30.00°	0.00
C-6, PROG. 2+750, MARGEN DERECHA	30.90°	0.00
C-7, PROG. 3+250, MARGEN DERECHA	30.90°	0.00

## 7. CAPACIDAD PORTANTE

### 7.1 CAPACIDAD DE CARGA

El ingeniero estructural verificará las cargas transmitidas al terreno por unidad de área. En el presente, se ha realizado el análisis estático de la capacidad de carga, en la cual se ha determinado características geométricas asumidas.

Si bien es cierto, la expresión que determina la capacidad admisible, estará afectada por un factor de seguridad de acuerdo a las recomendaciones de diseño empleados en el país (léase

  
GEOLUMAS SAC.  
LABORATORIO MECÁNICA DE SUELOS  
Ing. Civil Edwin Peña Dueñas  
ASESOR TÉCNICO CIP 145418  
ESPECIALISTA EN MECÁNICA DE SUELOS,  
CONCRETO, GEOTECNIA Y GEOLOGÍA



como  $q_{adm} = q_{ult} / FS$ ), en el cálculo se han empleado factores de seguridad que responden a cada uno de los parámetros que participan en el desarrollo de los cálculos.

Si luego se desea efectuar el análisis dinámico, se recomienda emplear la metodología por Estado Límite, en el cual los parámetros de resistencia son minorados y las cargas actuantes mayoradas.

## 7.2 DISEÑO POR SEGURIDAD GLOBAL

Los diseños por este método se basan en las recomendaciones de Terzaghi y los aportes de Vesic, que integran, además de los factores de carga, los factores de influencia para la forma. El método determina una capacidad última del terreno y luego halla la capacidad admisible dividiéndola entre un factor de seguridad igual a 4, como promedio.


Generalmente las teorías desarrolladas tienen su base en hipótesis simplificadas del comportamiento de los suelos. El problema de capacidad portante se reduce a los casos, de presencia de suelos friccionantes. Terzaghi, propone un mecanismo de falla para un cimiento poco profundo que posteriormente Vesic (1973), proporciona algunas ideas sobre la capacidad portante, considerando un factor adicional, ocasionado por los efectos de la forma de la cimentación, tal como se muestra.

$$q_{ult} = CN_c S_c + \gamma_1 D_f N_q W_q S_q + 0.5 \gamma_2 B N_\gamma W_\gamma S_\gamma$$

Donde:

$q_{ult}$	=	Capacidad última de carga
$\gamma$	=	Peso Volumetrico.
$B$	=	Ancho o diámetro de la cimentación
$D_f$	=	Profundidad de cimentación
$N_c, N_q, N_\gamma$	=	Factores de carga
$S_c, S_q, S_\gamma$	=	Factores de forma
$W_q, W_\gamma$	=	Factores por nivel freático

Los factores de forma son parámetros adimensionales que dependen principalmente del

  
GEOLUMAS SAC.  
LABORATORIO MECÁNICA DE SUELOS  
Ing. Civil Edwin Peña Dueñas  
ASESOR TÉCNICO CIP 145416  
ESPECIALISTA EN MECÁNICA DE SUELOS,  
CONCRETO, GEOTECNIA Y GEOLOGÍA



ángulo de resistencia al esfuerzo cortante  $\phi$  del suelo y de la geometría de la cimentación.

Para la evaluación de la capacidad portante tenemos los datos brindados por el laboratorio de Mecánica de Suelos:

Ver : CALCULO DE LA CAPACIDAD PORTANTE .

Podemos apreciar un rango de valores que se encuentra comprendido entre :

	CAPACIDAD PORTANTE
C-1, PROG. 0+250, MARGEN DERECHA	1.15 kg/cm <sup>2</sup> a 0.80 mts de profun 3.36 kg/cm <sup>2</sup> a 3.00 mts de profun
C-2, PROG. 0+750, MARGEN DERECHA	1.13 kg/cm <sup>2</sup> a 0.80 mts de profun 3.31 kg/cm <sup>2</sup> a 3.00 mts de profun
C-3, PROG. 1+250, MARGEN DERECHA	1.17 kg/cm <sup>2</sup> a 0.80 mts de profun 3.42 kg/cm <sup>2</sup> a 3.00 mts de profun
C-4, PROG. 1+750, MARGEN DERECHA	1.15 kg/cm <sup>2</sup> a 0.80 mts de profun 3.38 kg/cm <sup>2</sup> a 3.00 mts de profun
C-5, PROG. 2+250, MARGEN DERECHA	1.16 kg/cm <sup>2</sup> a 0.80 mts de profun 3.40 kg/cm <sup>2</sup> a 3.00 mts de profun
C-6, PROG. 2+750, MARGEN DERECHA	1.17 kg/cm <sup>2</sup> a 0.80 mts de profun 3.41 kg/cm <sup>2</sup> a 3.00 mts de profun
C-7, PROG. 3+250, MARGEN DERECHA	1.14 kg/cm <sup>2</sup> a 0.80 mts de profun 3.35 kg/cm <sup>2</sup> a 3.00 mts de profun



GEOLUMAS SAC.  
LABORATORIO MECÁNICA DE SUELOS

Ing. Civil Edwin Peña Dueñas  
ASESOR TÉCNICO, CIP 145416  
ESPECIALISTA EN MECÁNICA DE SUELOS,  
CONCRETO, GEOTECNIA Y GEOLOGÍA





valores que varían de acuerdo a la profundidad y geometría de la cimentación además a mayor profundidad notamos que se va ganando propiedades de resistencia.

### 7.3. PARAMETROS DE OBRAS DE SOSTENIMIENTO

La evaluación de la estabilidad del talud se deberá referir a la zona de relleno en cuya parte alta se procederá al corte, dejando paredes expuestas de material deleznable. En caso sean las necesidades del proyecto y al requerimiento de ganar terreno a desnivel, se tendrá que emplear un muro de contención, diseñado adecuadamente según el proyecto integral.

Los empujes de tierra, presentada por la distribución de cargas geostáticas como de cargas inducidas (estructuras), propiciarán empujes que generan inestabilidad del talud y a partir del cual se permitirá el diseño de la estructura de contención.

Sobre la base de los datos del estudio, tanto en campo como en laboratorio y de la estructura, los empujes, activos y pasivos producidos por la masa de suelo, a diferentes profundidades, serán calculados teniendo en cuenta el suelo friccionante y las ecuaciones propuestas por Rankine.

Sobre la zona donde descansarán las cimentaciones se presentan suelos del tipo:

- ▣ **Gravas limosas, mezcla de grava y arena, con presencia de bolonera de 5" a 20" de diámetro.**

En promedio estas muestras presentan pesos unitarios moderados así como la capacidad de soporte intermedia de acuerdo a su compacidad.

De ser necesario se podrá estimar los empujes por el método de Rankine, para lo cual el diseño de la estructura de contención se basará en los empujes activos y pasivos producidos por la masa de suelo, a diferentes profundidades que serán calculados teniendo en cuenta los coeficientes de presiones laterales según:

$$k_a = \tan^2 \left( 45 - \frac{\phi}{2} \right) \quad k_p = \tan^2 \left( 45 + \frac{\phi}{2} \right)$$

Donde,  $\phi$  es el ángulo de fricción interna del suelo, luego obtenemos los coeficientes de presión lateral activo y pasivo, respectivamente.

 **GEOLUMAS SAC.**  
LABORATORIO MECÁNICA DE SUELOS  
  
-----  
**Ing. Civil Edwin Peña Dueñas**  
ASESOR TÉCNICO CIP 145416  
ESPECIALISTA EN MECÁNICA DE SUELOS,  
CONCRETO, GEOTECNIA Y GEOLOGÍA



## 8. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

- El presente Informe Técnico se ha elaborado en base a la Norma Técnica E-050 Suelos y Cimentaciones del Reglamento Nacional de Edificaciones y corresponde al estudio de mecánica de suelos para el proyecto.
- Los cálculos realizados son basados en una altura de 3.00 mts.
- El terreno estudiado en toda su extensión tiene alta capacidad de portante.
- El terreno presenta napa freática a la profundidad promedio de 1.00 mts.
- Sobre la zona donde descansarán las cimentaciones se presentan suelos del tipo:

POZO	CLASIFICACION	CARACTERISTICAS
C-1, PROG. 0+250, MARGEN DERECHA	GM	<ul style="list-style-type: none"><li>● Gravas limosas, mezcla de grava y arena, con presencia de bolonería de 5" a 20" de diámetro.</li></ul>
C-2, PROG. 0+750, MARGEN DERECHA	GM	<ul style="list-style-type: none"><li>● Gravas limosas, mezcla de grava y arena, con presencia de bolonería de 5" a 20" de diámetro.</li></ul>
C-3, PROG. 1+250, MARGEN DERECHA	GM	<ul style="list-style-type: none"><li>● Gravas limosas, mezcla de grava y arena, con presencia de bolonería de 5" a 20" de diámetro.</li></ul>
C-4, PROG. 1+750, MARGEN DERECHA	GM	<ul style="list-style-type: none"><li>● Gravas limosas, mezcla de grava y arena, con presencia de bolonería de 5" a 20" de diámetro.</li></ul>
C-5, PROG. 2+250, MARGEN DERECHA	GM	<ul style="list-style-type: none"><li>● Gravas limosas, mezcla de grava y arena, con presencia de bolonería de 5" a 20" de diámetro.</li></ul>
C-6, PROG. 2+750, MARGEN DERECHA	GM	<ul style="list-style-type: none"><li>● Gravas limosas, mezcla de grava y arena, con presencia de bolonería de 5" a 20" de diámetro.</li></ul>
C-7, PROG. 3+250, MARGEN DERECHA	GM	<ul style="list-style-type: none"><li>● Gravas limosas, mezcla de grava y arena, con presencia de bolonería de 5" a 20" de diámetro.</li></ul>

En promedio estas muestras presentan pesos unitarios moderados, así como la capacidad de soporte intermedia de acuerdo a su compacidad.

- Se calculó la capacidad de carga admisible, para diferentes geometrías y profundidades de manera que sea el ingeniero a cargo de los diseños quien defina una profundidad de cimentación adecuada para los diseños de la estructura proyectada; teniendo en cuenta que

**GEOLUMAS SAC.**  
LABORATORIO MECÁNICA DE SUELOS  
*Edwin Peña Dueñas*  
Ing. Civil Edwin Peña Dueñas  
ASESOR TÉCNICO CIP 145416  
ESPECIALISTA EN MECÁNICA DE SUELOS,  
CONCRETO, GEOTECNIA Y GEOLOGÍA



los materiales a mayor profundidad van ganado propiedades de resistencia debido a su compacidad.

	CAPACIDAD PORTANTE
C-1, PROG. 0+250, MARGEN DERECHA	1.15 kg/cm <sup>2</sup> a 0.80 mts de profun 3.36 kg/cm <sup>2</sup> a 3.00 mts de profun
C-2, PROG. 0+750, MARGEN DERECHA	1.13 kg/cm <sup>2</sup> a 0.80 mts de profun 3.31 kg/cm <sup>2</sup> a 3.00 mts de profun
C-3, PROG. 1+250, MARGEN DERECHA	1.17 kg/cm <sup>2</sup> a 0.80 mts de profun 3.42 kg/cm <sup>2</sup> a 3.00 mts de profun
C-4, PROG. 1+750, MARGEN DERECHA	1.15 kg/cm <sup>2</sup> a 0.80 mts de profun 3.38 kg/cm <sup>2</sup> a 3.00 mts de profun
C-5, PROG. 2+250, MARGEN DERECHA	1.16 kg/cm <sup>2</sup> a 0.80 mts de profun 3.40 kg/cm <sup>2</sup> a 3.00 mts de profun
C-6, PROG. 2+750, MARGEN DERECHA	1.17 kg/cm <sup>2</sup> a 0.80 mts de profun 3.41 kg/cm <sup>2</sup> a 3.00 mts de profun
C-7, PROG. 3+250, MARGEN DERECHA	1.14 kg/cm <sup>2</sup> a 0.80 mts de profun 3.35 kg/cm <sup>2</sup> a 3.00 mts de profun

- Los resultados obtenidos en el presente estudio, así como las conclusiones y recomendaciones establecidas, solo son válidos para la zona investigada y no garantiza a otros proyectos que lo tomen como referencia.
- Deberan tomarse en cuenta los empujes producto de los cortes realizados en el suelo de fundación, para tales efectos se realizó el cálculos de los coeficientes activos y pasivos



Ing. Civil Edwin Peña Dueñas  
ASESOR TÉCNICO CIP 145418  
ESPECIALISTA EN MECÁNICA DE SUELOS,  
CONCRETO, GEOTECNIA Y GEOLOGÍA



obteniendose los siguientes resultados.

- Se recomienda la presencia del profesional responsable (PR) en los trabajos correspondientes a las excavaciones, teniendo en cuenta el PR los sistemas constructivos necesarios y medios de seguridad a tomar en cuenta para mantener el bienestar de las obras y de las personas involucradas en el proceso constructivo.

 **GEOLUMAS SAC.**  
LABORATORIO MECÁNICA DE SUELOS

*[Handwritten Signature]*

---

**Ing. Civil Edwin Peña Dueñas**  
ASESOR TÉCNICO, CIP 145416  
ESPECIALISTA EN MECÁNICA DE SUELOS,  
CONCRETO, GEOTECNIA Y GEOLOGÍA

# **ESTUDIO DE MECÁNICA DE SUELOS CON FINES DE CIMENTACIÓN**

**TESIS:**

**“INFLUENCIA DE LOS MUROS DE GAVIONES O  
MUROS DE CONCRETO EN LAS DEFENSAS  
RIBEREÑAS DEL RIO CUNAS CHUPACA, 2020”**

**CALCULO DE CAPACIDAD PORTANTE**

**SOLICITANTE:**

**BACHILLER: TITO RAMOS PARIONA**

**MARZO DEL 2020**



TEORIA DE CAPACIDAD PORTANTE  
( KARL TERZAGHI )

**PROYECTO:** INFLUENCIA DE LOS MUROS DE GAVIONES O MUROS DE CONCRETO EN LAS DEFENSAS RIBEREÑAS DEL RIO CUNAS CHUPACA, 2020

**SOLICITANTE:** BACHILLER: TITO RAMOS PARIONA  
**CALICATA :** C-1, PROG. 0+250, MARGEN DERECHA  
**MUESTRA :** M-1

**A. DATOS GENERALES:**

Angulo de fricción interna	29.3	grados
Cohesión	0.00	kg/cm2
Peso unitario de sobrecarga	1.72	gr/cm3
Peso unitario del suelo de cimentación	1.72	gr/cm3
Relación Ancho/Largo (B/L)	0.1	<b>Forma:</b>
Profundidad de fondo de cimentación	3.0	m
Profundidad de desplante	3.0	m
Posición de nivel freático	1.0	m
Factor de seguridad	3	
Clasificación SUCS del suelo de cimentación	GM	
Cota de terreno	3270	msnm

**B. FACTORES DE CAPACIDAD DE CARGA:**

Nc:	29.15
Nq:	18.37
Ny:	18.99

**C. FACTORES DE FORMA:**

Sc:	1.063
Sq:	1.0561
Sy:	0.96

**D. CAPACIDAD ADMISIBLE**

Desplante Df(m)	Cota Relativa	Ancho B(m)	Factores por N.F.		qult (kg/cm2)	qadm (kg/cm2)
			W	W'		
0.80	3,269.20	0.5	1	1	3.45	1.15
1.00	3,269.00	0.5	1	0.5	3.73	1.24
1.50	3,268.50	0.5	1	0.4	5.32	1.77
2.00	3,268.00	0.5	1	0.3	6.91	2.30
2.50	3,267.50	0.5	1	0.2	8.50	2.83
3.00	3,267.00	0.5	1	0.1	10.09	3.36

Podemos apreciar un rango de valores que se encuentran comprendido entre 1.15 kg/cm2 y 3.36 kg/cm2, valores que varían de acuerdo a la profundidad y geometría de la cimentación además a mayor profundidad notamos que se va ganando propiedades de resistencia



**Ing. Civil Edwin Peña Dueñas**  
ASESOR TÉCNICO CIP 145416  
ESPECIALISTA EN MECÁNICA DE SUELOS,  
CONCRETO, GEOTECNIA Y GEOLOGÍA



TEORIA DE CAPACIDAD PORTANTE  
( KARL TERZAGHI )

**PROYECTO:** INFLUENCIA DE LOS MUROS DE GAVIONES O MUROS DE CONCRETO EN LAS DEFENSAS RIBEREÑAS DEL RIO CUNAS CHUPACA, 2020

**SOLICITANTE:** BACHILLER: TITO RAMOS PARIONA  
**CALICATA :** C-2, PROG. 0+750, MARGEN DERECHA  
**MUESTRA :** M-1

**A. DATOS GENERALES:**

Angulo de fricción interna	29.00	grados
Cohesión	0.00	kg/cm <sup>2</sup>
Peso unitario de sobrecarga	1.7	gr/cm <sup>3</sup>
Peso unitario del suelo de cimentación	1.7	gr/cm <sup>3</sup>
Relación Ancho/Largo (B/L)	0.1	<b>Forma:</b>
Profundidad de fondo de cimentación	3	m
Profundidad de desplante	3	m
Posición de nivel freático	0.85	m
Factor de seguridad	3	
Clasificación SUCS del suelo de cimentación	GM	
Cota de terreno	3265	msnm

**B. FACTORES DE CAPACIDAD DE CARGA:**

Nc:	29.10
Nq:	18.30
Ny:	18.67

**C. FACTORES DE FORMA:**

Sc:	1.0629
Sq:	1.0554
Sy:	0.96

**D. CAPACIDAD ADMISIBLE**

Desplante Df(m)	Cota Relativa	Ancho B(m)	Factores por N.F.		quit (kg/cm <sup>2</sup> )	qadm (kg/cm <sup>2</sup> )
			W	W'		
0.80	3,264.20	0.5	1	1	3.39	1.13
1.00	3,264.00	0.5	1	0.5	3.66	1.22
1.50	3,263.50	0.5	1	0.4	5.23	1.74
2.00	3,263.00	0.5	1	0.3	6.80	2.27
2.50	3,262.50	0.5	1	0.2	8.36	2.79
3.00	3,262.00	0.5	1	0.1	9.93	3.31

Podemos apreciar un rango de valores que se encuentran comprendido entre 1.13 kg/cm<sup>2</sup> y 3.31 kg/cm<sup>2</sup>, valores que varían de acuerdo a la profundidad y geometría de la cimentación además a mayor profundidad notamos que se va ganando propiedades de resistencia

**GEOLUMAS SAC.**  
LABORATORIO MECÁNICA DE SUELOS  
  
**Ing. Civil Edwin Peña Dueñas**  
ASESOR TÉCNICO CIP 145416  
ESPECIALISTA EN MECÁNICA DE SUELOS,  
CONCRETO, GEOTECNIA Y GEOLOGÍA



TEORIA DE CAPACIDAD PORTANTE  
( KARL TERZAGHI )

**PROYECTO:** INFLUENCIA DE LOS MUROS DE GAVIONES O MUROS DE CONCRETO EN LAS DEFENSAS RIBEREÑAS DEL RIO CUNAS CHUPACA, 2020

**SOLICITANTE:** BACHILLER: TITO RAMOS PARIONA  
**CALICATA :** C-3, PROG. 1+250, MARGEN DERECHA  
**MUESTRA :** M-1

**A. DATOS GENERALES:**

Angulo de fricción interna	30.30	grados
Cohesión	0.00	kg/cm <sup>2</sup>
Peso unitario de sobrecarga	1.75	gr/cm <sup>3</sup>
Peso unitario del suelo de cimentación	1.75	gr/cm <sup>3</sup>
Relación Ancho/Largo (B/L)	0.1	Forma:
Profundidad de fondo de cimentación	3.0	m
Profundidad de desplante	3.0	m
Posición de nivel freático	0.9	m
Factor de seguridad	3	
Clasificación SUCS del suelo de cimentación	GM	
Cota de terreno	3258	msnm

**B. FACTORES DE CAPACIDAD DE CARGA:**

Nc:	29.30
Nq:	18.32
Ny:	18.75

**C. FACTORES DE FORMA:**

Sc:	1.0625
Sq:	1.0584
Sy:	0.96

**D. CAPACIDAD ADMISIBLE**

Desplante Df(m)	Cota Relativa	Ancho B(m)	Factores por N.F.		qult (kg/cm <sup>2</sup> )	qadm (kg/cm <sup>2</sup> )
			W	W'		
0.80	3,257.20	0.5	1	1	3.50	1.17
1.00	3,257.00	0.5	1	0.5	3.79	1.26
1.50	3,256.50	0.5	1	0.4	5.41	1.80
2.00	3,256.00	0.5	1	0.3	7.02	2.34
2.50	3,255.50	0.5	1	0.2	8.64	2.88
3.00	3,255.00	0.5	1	0.1	10.26	3.42

Podemos apreciar un rango de valores que se encuentran comprendido entre 1.17 kg/cm<sup>2</sup> y 3.42 kg/cm<sup>2</sup>, valores que varían de acuerdo a la profundidad y geometría de la cimentación además a mayor profundidad notamos que se va ganando propiedades de resistencia

 **GEOLUMAS SAC.**  
LABORATORIO MECÁNICA DE SUELOS  
  
**Ing. Civil Edwin Peña Dueñas**  
ASESOR TÉCNICO CIP 145416  
ESPECIALISTA EN MECÁNICA DE SUELOS,  
CONCRETO, GEOTECNIA Y GEOLOGÍA





TEORIA DE CAPACIDAD PORTANTE  
( KARL TERZAGHI )

**PROYECTO:** INFLUENCIA DE LOS MUROS DE GAVIONES O MUROS DE CONCRETO EN LAS DEFENSAS RIBEREÑAS DEL RIO CUNAS CHUPACA, 2020

**SOLICITANTE:** BACHILLER: TITO RAMOS PARIONA  
**CALICATA :** C-4, PROG. 1+750, MARGEN DERECHA  
**MUESTRA :** M-1

**A. DATOS GENERALES:**

Angulo de fricción interna	30.15	grados
Cohesión	0.00	kg/cm <sup>2</sup>
Peso unitario de sobrecarga	1.73	gr/cm <sup>3</sup>
Peso unitario del suelo de cimentación	1.73	gr/cm <sup>3</sup>
Relación Ancho/Largo (B/L)	0.1	Forma:
Profundidad de fondo de cimentación	3.0	m
Profundidad de desplante	3.0	m
Posición de nivel freático	1.2	m
Factor de seguridad	3	
Clasificación SUCS del suelo de cimentación	GM	
Cota de terreno	3250	msnm

**B. FACTORES DE CAPACIDAD DE CARGA:**

Nc:	28.30
Nq:	18.34
Ny:	18.75



**C. FACTORES DE FORMA:**

Sc:	1.0648
Sq:	1.0581
Sy:	0.96

**D. CAPACIDAD ADMISIBLE**

Desplante Df(m)	Cota Relativa	Ancho B(m)	Factores por N.F.		qult (kg/cm <sup>2</sup> )	qadm (kg/cm <sup>2</sup> )
			W	W'		
0.80	3,249.20	0.5	1	1	3.46	1.15
1.00	3,249.00	0.5	1	0.5	3.75	1.25
1.50	3,248.50	0.5	1	0.4	5.35	1.78
2.00	3,248.00	0.5	1	0.3	6.95	2.32
2.50	3,247.50	0.5	1	0.2	8.55	2.85
3.00	3,247.00	0.5	1	0.1	10.15	3.38

Podemos apreciar un rango de valores que se encuentran comprendido entre 1.15 kg/cm<sup>2</sup> y 3.38 kg/cm<sup>2</sup>, valores que varían de acuerdo a la profundidad y geometría de la cimentación además a mayor profundidad notamos que se va ganando propiedades de resistencia

 **GEOLUMAS SAC.**  
LABORATORIO MECÁNICA DE SUELOS  
  
  
-----  
**Ing. Civil Edwin Peña Dueñas**  
ASESOR TÉCNICO CIP 145416  
ESPECIALISTA EN MECÁNICA DE SUELOS,  
CONCRETO, GEOTECNIA Y GEOLOGIA



TEORIA DE CAPACIDAD PORTANTE  
( KARL TERZAGHI )

**PROYECTO:** INFLUENCIA DE LOS MUROS DE GAVIONES O MUROS DE CONCRETO EN LAS DEFENSAS RIBEREÑAS DEL RIO CUNAS CHUPACA, 2020

**SOLICITANTE:** BACHILLER: TITO RAMOS PARIONA  
**CALICATA :** C-5, PROG. 2+250, MARGEN DERECHA  
**MUESTRA :** M-1

**A. DATOS GENERALES:**

Angulo de fricción interna 30.00 grados  
Cohesión 0.00 kg/cm<sup>2</sup>  
Peso unitario de sobrecarga 1.73 gr/cm<sup>3</sup>  
Peso unitario del suelo de cimentación 1.73 gr/cm<sup>3</sup>  
Relación Ancho/Largo (B/L) 0.1 **Forma:**  
Profundidad de fondo de cimentación 3.0 m  
Profundidad de desplante 3.0 m  
Posición de nivel freático 1.05 m  
Factor de seguridad 3  
Clasificación SUCS del suelo de cimentación GM  
Cota de terreno 3256 msnm

**B. FACTORES DE CAPACIDAD DE CARGA:**

Nc: 29.00  
Nq: 18.45  
Ny: 18.85


**C. FACTORES DE FORMA:**

Sc: 1.0636  
Sq: 1.0577  
Sy: 0.96

**D. CAPACIDAD ADMISIBLE**

Desplante Df(m)	Cota Relativa	Ancho B(m)	Factores por N.F.		qult (kg/cm <sup>2</sup> )	qadm (kg/cm <sup>2</sup> )
			W	W'		
0.80	3,255.20	0.5	1	1	3.48	1.16
1.00	3,255.00	0.5	1	0.5	3.77	1.26
1.50	3,254.50	0.5	1	0.4	5.38	1.79
2.00	3,254.00	0.5	1	0.3	6.99	2.33
2.50	3,253.50	0.5	1	0.2	8.60	2.87
3.00	3,253.00	0.5	1	0.1	10.21	3.40

Podemos apreciar un rango de valores que se encuentran comprendido entre 1.16 kg/cm<sup>2</sup> y 3.40 kg/cm<sup>2</sup>, valores que varían de acuerdo a la profundidad y geometría de la cimentación además a mayor profundidad notamos que se va ganando propiedades de resistencia

 **GEOLUMAS SAC**  
LABORATORIO MECÁNICA DE SUELOS  
  
**Ing. Civil Edwin Peña Dueñas**  
ASESOR TÉCNICO CIP 145416  
ESPECIALISTA EN MECÁNICA DE SUELOS,  
CONCRETO, GEOTECNIA Y GEOLOGIA



TEORIA DE CAPACIDAD PORTANTE  
( KARL TERZAGHI )

**PROYECTO:** INFLUENCIA DE LOS MUROS DE GAVIONES O MUROS DE CONCRETO EN LAS DEFENSAS RIBEREÑAS DEL RIO CUNAS CHUPACA, 2020

**SOLICITANTE:** BACHILLER: TITO RAMOS PARIONA  
**CALICATA :** C-6, PROG. 2+750, MARGEN DERECHA  
**MUESTRA :** M-1

**A. DATOS GENERALES:**

Angulo de fricción interna	30.90	grados
Cohesión	0.00	kg/cm <sup>2</sup>
Peso unitario de sobrecarga	1.74	gr/cm <sup>3</sup>
Peso unitario del suelo de cimentación	1.74	gr/cm <sup>3</sup>
Relación Ancho/Largo (B/L)	0.1	Forma:
Profundidad de fondo de cimentación	3.0	m
Profundidad de desplante	3.0	m
Posición de nivel freático	1.0	m
Factor de seguridad	3	
Clasificación SUCS del suelo de cimentación	GM	
Cota de terreno	3242	msnm

**B. FACTORES DE CAPACIDAD DE CARGA:**

Nc:	29.10
Nq:	18.35
Ny:	18.89

**C. FACTORES DE FORMA:**

Sc:	1.0631
Sq:	1.0598
Sy:	0.96

**D. CAPACIDAD ADMISIBLE**

Desplante Df(m)	Cota Relativa	Ancho B(m)	Factores por N.F.		quit (kg/cm <sup>2</sup> )	qadm (kg/cm <sup>2</sup> )
			W	W'		
0.80	3,241.20	0.5	1	1	3.50	1.17
1.00	3,241.00	0.5	1	0.5	3.78	1.26
1.50	3,240.50	0.5	1	0.4	5.39	1.80
2.00	3,240.00	0.5	1	0.3	7.00	2.33
2.50	3,239.50	0.5	1	0.2	8.62	2.87
3.00	3,239.00	0.5	1	0.1	10.23	3.41

Podemos apreciar un rango de valores que se encuentran comprendido entre 1.17 kg/cm<sup>2</sup> y 3.41 kg/cm<sup>2</sup>, valores que varían de acuerdo a la profundidad y geometría de la cimentación además a mayor profundidad notamos que se va ganando propiedades de resistencia

  
GEOLUMAS SAC.  
LABORATORIO MECÁNICA DE SUELOS  
Ing. Civil Edwin Peña Dueñas  
ASESOR TÉCNICO CIP 145416  
ESPECIALISTA EN MECÁNICA DE SUELOS,  
CONCRETO, GEOTECNIA Y GEOLOGÍA



TEORIA DE CAPACIDAD PORTANTE  
( KARL TERZAGHI )

**PROYECTO:** INFLUENCIA DE LOS MUROS DE GAVIONES O MUROS DE CONCRETO EN LAS DEFENSAS RIBEREÑAS DEL RIO CUNAS CHUPACA, 2020

**SOLICITANTE:** BACHILLER: TITO RAMOS PARIONA  
**CALICATA :** C-7, PROG. 3+250, MARGEN DERECHA  
**MUESTRA :** M-1

**A. DATOS GENERALES:**

Angulo de fricción interna 30.90 grados  
Cohesión 0.00 kg/cm<sup>2</sup>  
Peso unitario de sobrecarga 1.72 gr/cm<sup>3</sup>  
Peso unitario del suelo de cimentación 1.72 gr/cm<sup>3</sup>  
Relación Ancho/Largo (B/L) 0.1 Forma:  
Profundidad de fondo de cimentación 3.0 m  
Profundidad de desplante 3.0 m  
Posición de nivel freático 1.1 m  
Factor de seguridad 3  
Clasificación SUCS del suelo de cimentación GM  
Cota de terreno 3238 msnm

**B. FACTORES DE CAPACIDAD DE CARGA:**

Nc: 29.00  
Nq: 18.25  
Ny: 18.68

**C. FACTORES DE FORMA:**

Sc: 1.0629  
Sq: 1.0598  
Sy: 0.96

**D. CAPACIDAD ADMISIBLE**

Desplante Df(m)	Cota Relativa	Ancho B(m)	Factores por N.F.		qult (kg/cm <sup>2</sup> )	qadm (kg/cm <sup>2</sup> )
			W	W'		
0.80	3,237.20	0.5	1	1	3.43	1.14
1.00	3,237.00	0.5	1	0.5	3.71	1.24
1.50	3,236.50	0.5	1	0.4	5.30	1.77
2.00	3,236.00	0.5	1	0.3	6.89	2.30
2.50	3,235.50	0.5	1	0.2	8.47	2.82
3.00	3,235.00	0.5	1	0.1	10.06	3.35

Podemos apreciar un rango de valores que se encuentran comprendido entre 1.14 kg/cm<sup>2</sup> y 3.35 kg/cm<sup>2</sup>, valores que varían de acuerdo a la profundidad y geometría de la cimentación además a mayor profundidad notamos que se va ganando propiedades de resistencia

 **GEOLUMAS SAC.**  
LABORATORIO MECÁNICA DE SUELOS  
  
  
**Ing. Civil Edwin Peña Dueñas**  
ASESOR TÉCNICO CIP 145416  
ESPECIALISTA EN MECÁNICA DE SUELOS,  
CONCRETO, GEOTECNIA Y GEOLOGÍA

# **ESTUDIO DE MECÁNICA DE SUELOS CON FINES DE CIMENTACIÓN**

**TESIS:**

**“INFLUENCIA DE LOS MUROS DE GAVIONES O  
MUROS DE CONCRETO EN LAS DEFENSAS  
RIBEREÑAS DEL RIO CUNAS CHUPACA, 2020”**

**ENSAYO DE CORTE DIRECTO**

**SOLICITANTE:**

**BACHILLER: TITO RAMOS PARIONA**

**MARZO DEL 2020**



SOLICITADO : BACHILLER: TITO RAMOS PARIONA

PROYECTO : INFLUENCIA DE LOS MUROS DE GAVIONES O MUROS DE  
CONCRETO EN LAS DEFENSAS RIBEREÑAS DEL RIO CUNAS  
CHUPACA, 2020

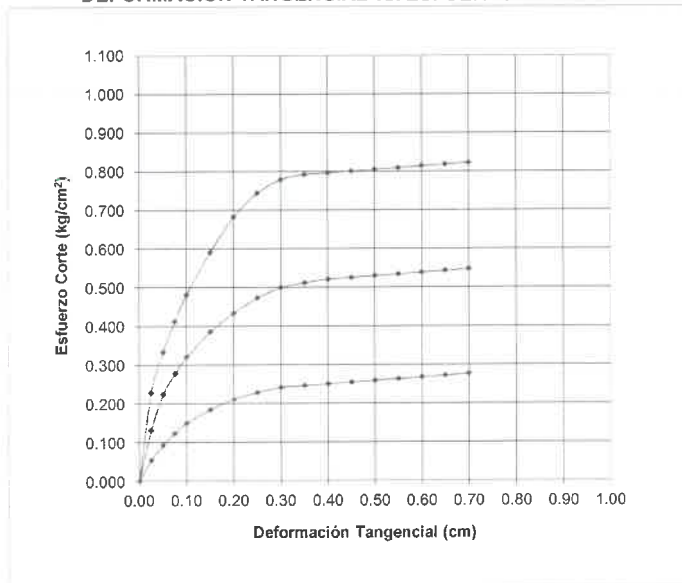
UBICACIÓN : DEFENSAS RIBEREÑAS DEL RIO CUNAS CHUPACA

FECHA : MARZO DEL 2020

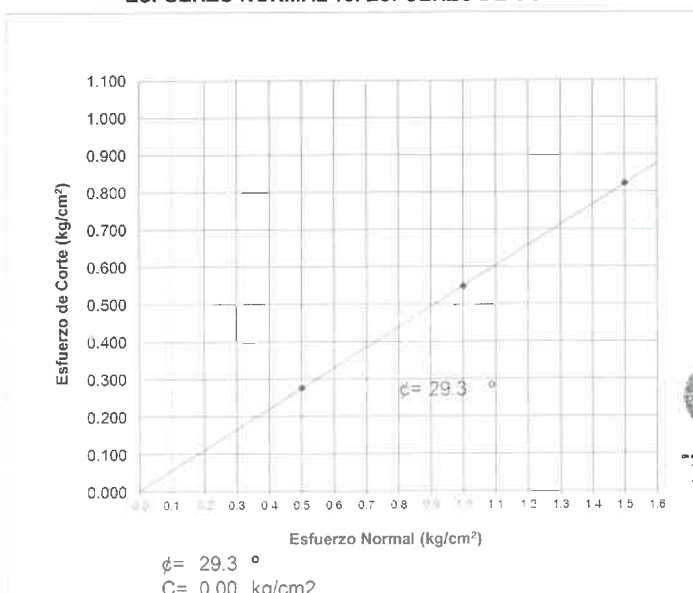
**ENSAYO DE CORTE DIRECTO ASTM D3080**

Estado : Remoldeado (material < Tamiz N° 4)  
Muestra : M-1  
Calicata : C-1, PROG. 0+250, MARGEN DERECHA  
Prof.(m) : 3.00 mts

**DEFORMACION TANGENCIAL vs. ESFUERZO DE CORTE**



**ESFUERZO NORMAL vs. ESFUERZO DE CORTE**



 **GEOLUMAS SAC.**  
LABORATORIO MECÁNICA DE SUELOS  
**Ing. Civil Edwin Peña Dueñas**  
ASESOR TÉCNICO, CIP 145416  
ESPECIALISTA EN MECÁNICA DE SUELOS,  
CONCRETO, GEOTECNIA Y GEOLOGÍA



**II. ENSAYO DE CORTE DIRECTO ASTM D3080**

ESTADO : Remoldeado (material < Tamiz N° 4)  
Muestra : M-1  
Calicata : C-1, PROG. 0+250, MARGEN DERECHA  
Prof.(m) : 3.00 mts

Especimen N°	I	II	III
Diametro del anillo (cm)	6.36	6.36	6.36
Altura Inicial de muestra (cm)	2.16	2.16	2.16
Densidad húmeda inicial (gr/cm <sup>3</sup> )	1.594	1.594	1.594
Densidad seca inicial (gr/cm <sup>3</sup> )	1.400	1.400	1.400
Cont. de humedad inicial (%)	13.8	13.8	13.8
Altura de la muestra antes de aplicar el esfuerzo de corte (cm)	2.091	2.058	2.005
Altura final de muestra (cm)	2.063	2.008	1.931
Densidad húmeda final (gr/cm <sup>3</sup> )	2.018	2.065	2.127
Densidad seca final (gr/cm <sup>3</sup> )	1.466	1.507	1.566
Cont. de humedad final (%)	37.7	37.0	35.8
Esfuerzo normal (kg/cm <sup>2</sup> )	0.5	1.0	1.5
Esfuerzo de corte maximo (kg/cm <sup>2</sup> )	0.276	0.547	0.823
Angulo de friccion interna :	<b>29.3 °</b>		
Cohesion (Kg/cm <sup>2</sup> ) :	<b>0.00</b>		



**Ing. Civil Edwin Peña Dueñas**  
ASESOR TÉCNICO - GIP 145416  
ESPECIALISTA EN MECÁNICA DE SUELOS,  
CONCRETO, GEOTECNIA Y GEOLOGÍA



SOLICITADO : BACHILLER: TITO RAMOS PARIONA

PROYECTO : **INFLUENCIA DE LOS MUROS DE GAVIONES O MUROS DE CONCRETO EN LAS DEFENSAS RIBEREÑAS DEL RIO CUNAS CHUPACA, 2020**

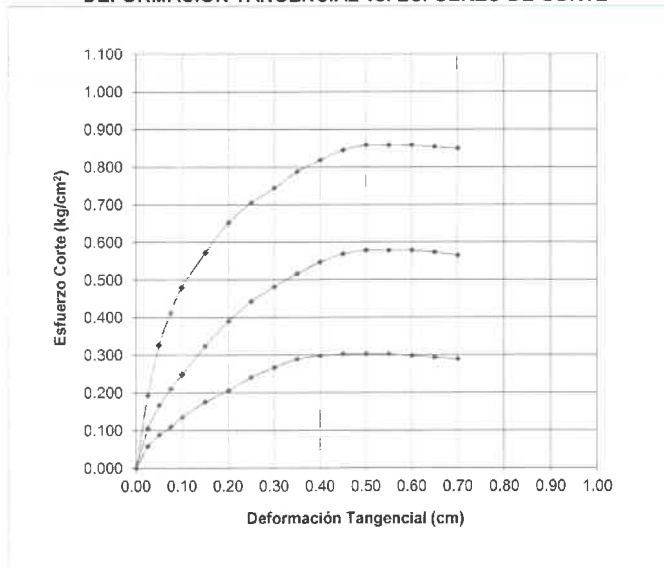
UBICACIÓN : DEFENSAS RIBEREÑAS DEL RIO CUNAS CHUPACA

FECHA : MARZO DEL 2020

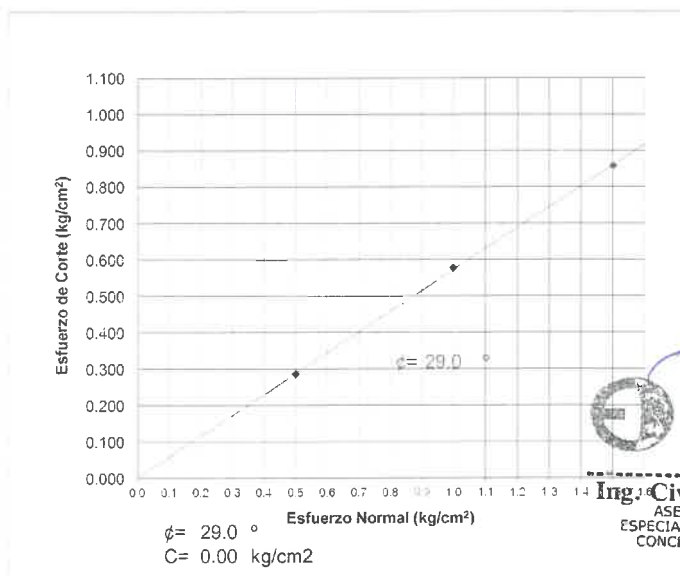
**ENSAYO DE CORTE DIRECTO ASTM D3080**

Estado : Remoldeado (material < Tamiz N° 4)  
Progresiva : C-2, PROG. 0+750, MARGEN DERECHA  
Muestra : M-1  
Calicata : C-2  
Prof.(m) : 3.00 mts

**DEFORMACION TANGENCIAL vs. ESFUERZO DE CORTE**



**ESFUERZO NORMAL vs. ESFUERZO DE CORTE**



**GEOLUMAS SAC.**  
LABORATORIO MECÁNICA DE SUELOS

Ing. **Civil Edwin Peña Dueñas**  
ASESOR TÉCNICO CIP 145416  
ESPECIALISTA EN MECÁNICA DE SUELOS,  
CONCRETO, GEOTECNIA Y GEOLOGÍA





## II. ENSAYO DE CORTE DIRECTO ASTM D3080

**ESTADO** : Remoldeado (material < Tamiz N° 4)  
**Progresiva** : C-2, PROG. 0+750, MARGEN DERECHA  
**Calicata** : C-2  
**Muestra** : M-1  
**Prof.(m)** : 3.00 mts

Especimen N°	I	II	III
Diametro del anillo (cm)	6.36	6.36	6.36
Altura Inicial de muestra (cm)	2.16	2.16	2.16
Densidad húmeda inicial (gr/cm <sup>3</sup> )	1.800	1.800	1.800
Densidad seca inicial (gr/cm <sup>3</sup> )	1.486	1.486	1.486
Cont. de humedad inicial (%)	21.10	21.10	21.10
Altura de la muestra antes de aplicar el esfuerzo de corte (cm)	1.980	1.954	1.926
Altura final de muestra (cm)	1.934	1.919	1.881
Densidad húmeda final (gr/cm <sup>3</sup> )	2.480	2.479	2.517
Densidad seca final (gr/cm <sup>3</sup> )	1.660	1.673	1.707
Cont. de humedad final (%)	49.4	48.1	47.5
Esfuerzo normal (kg/cm <sup>2</sup> )	0.5	1.0	1.5
Esfuerzo de corte maximo (kg/cm <sup>2</sup> )	0.285	0.578	0.858
Angulo de friccion interna :	<b>29.0 °</b>		
Cohesion (Kg/cm <sup>2</sup> ) :	<b>0.00</b>		



**Ing. Civil Edwin Peña Dueñas**  
ASESOR TÉCNICO CIP 145416  
ESPECIALISTA EN MECÁNICA DE SUELOS,  
CONCRETO, GEOTECNIA Y GEOLOGÍA



SOLICITADO : BACHILLER: TITO RAMOS PARIONA

PROYECTO : INFLUENCIA DE LOS MUROS DE GAVIONES O MUROS DE  
CONCRETO EN LAS DEFENSAS RIBEREÑAS DEL RIO CUNAS  
CHUPACA, 2020

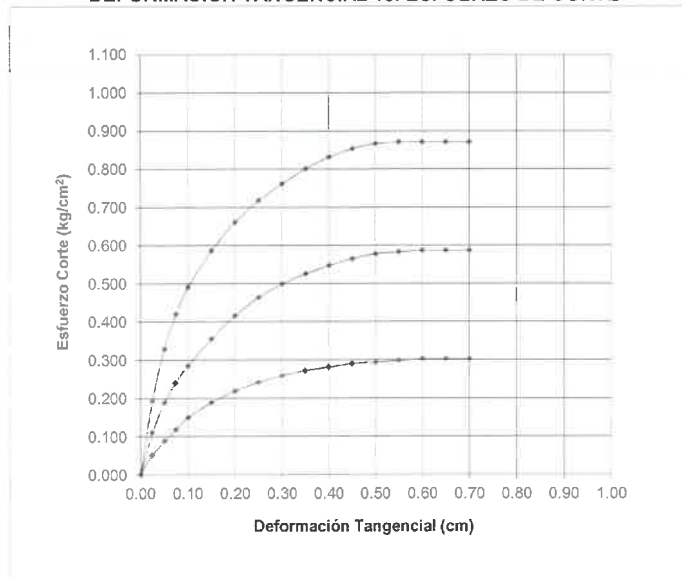
UBICACIÓN : DEFENSAS RIBEREÑAS DEL RIO CUNAS CHUPACA

FECHA : MARZO DEL 2020

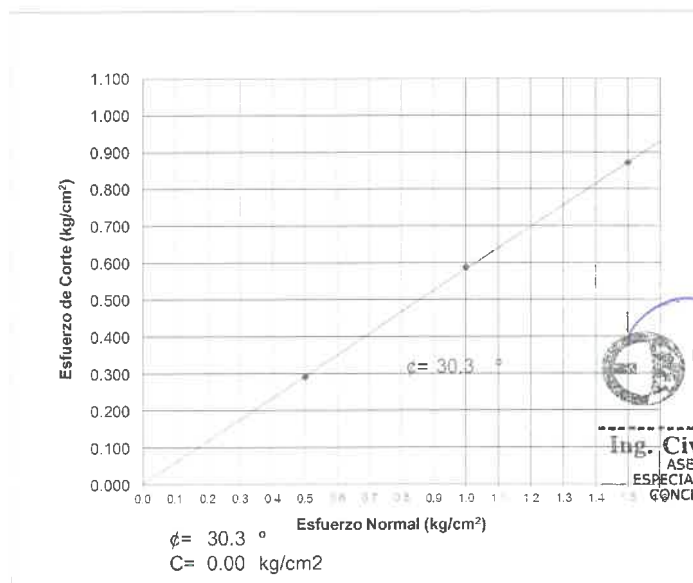
**ENSAYO DE CORTE DIRECTO ASTM D3080**

Estado : Remoldeado (material < Tamiz N° 4)  
Progresiva : C-3, PROG. 1+250, MARGEN DERECHA  
Calicata : C-3  
Muestra : M-1  
Prof.(m) : 3.00 mts

DEFORMACION TANGENCIAL vs. ESFUERZO DE CORTE



ESFUERZO NORMAL vs. ESFUERZO DE CORTE





**II. ENSAYO DE CORTE DIRECTO ASTM D3080**

**ESTADO** : Remoldeado (material < Tamiz N° 4)  
**Progresiva** : C-3, PROG. 1+250, MARGEN DERECHA  
**Calicata** : C-3  
**Muestra** : M-1  
**Prof.(m)** : 3.00 mts

Especimen N°	I	II	III
Diametro del anillo (cm)	6.36	6.36	6.36
Altura Inicial de muestra (cm)	2.16	2.16	2.16
Densidad húmeda inicial (gr/cm <sup>3</sup> )	1.808	1.808	1.808
Densidad seca inicial (gr/cm <sup>3</sup> )	1.588	1.588	1.588
Cont. de humedad inicial (%)	13.83	13.83	13.83
Altura de la muestra antes de aplicar el esfuerzo de corte (cm)	2.033	1.987	1.916
Altura final de muestra (cm)	1.997	1.954	1.883
Densidad húmeda final (gr/cm <sup>3</sup> )	2.096	2.132	2.193
Densidad seca final (gr/cm <sup>3</sup> )	1.718	1.756	1.822
Cont. de humedad final (%)	22.0	21.5	20.4
Esfuerzo normal (kg/cm <sup>2</sup> )	0.5	1.0	1.5
Esfuerzo de corte maximo (kg/cm <sup>2</sup> )	0.291	0.586	0.871
Angulo de friccion interna :	<b>30.3 °</b>		
Cohesion (Kg/cm <sup>2</sup> ) :	<b>0.00</b>		

**GEOLUMAS SAC.**  
LABORATORIO MECÁNICA DE SUELOS  
**Ing. Civil Edwin Peña Dueñas**  
ASESOR TÉCNICO, CIP 145416  
ESPECIALISTA EN MECÁNICA DE SUELOS,  
CONCRETO, GEOTECNIA Y GEOLOGIA



SOLICITADO : BACHILLER: TITO RAMOS PARIONA

PROYECTO : **INFLUENCIA DE LOS MUROS DE GAVIONES O MUROS DE CONCRETO EN LAS DEFENSAS RIBEREÑAS DEL RIO CUNAS CHUPACA, 2020**

UBICACIÓN : **DEFENSAS RIBEREÑAS DEL RIO CUNAS CHUPACA**

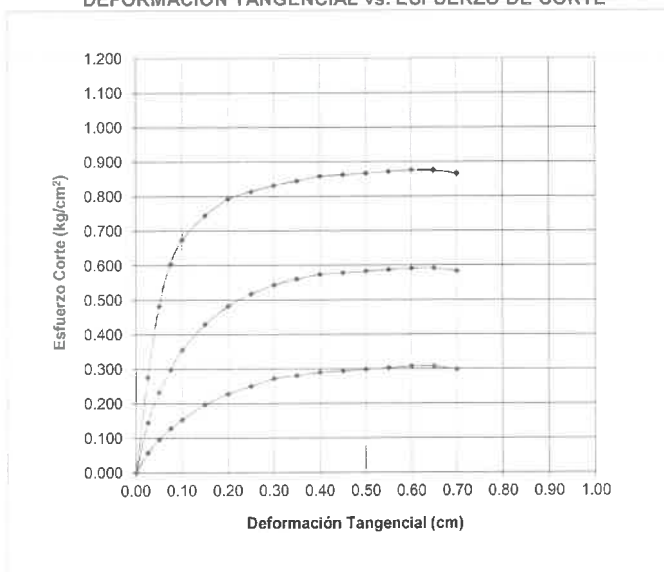
FECHA : MARZO DEL 2020

**ENSAYO DE CORTE DIRECTO ASTM D3080**

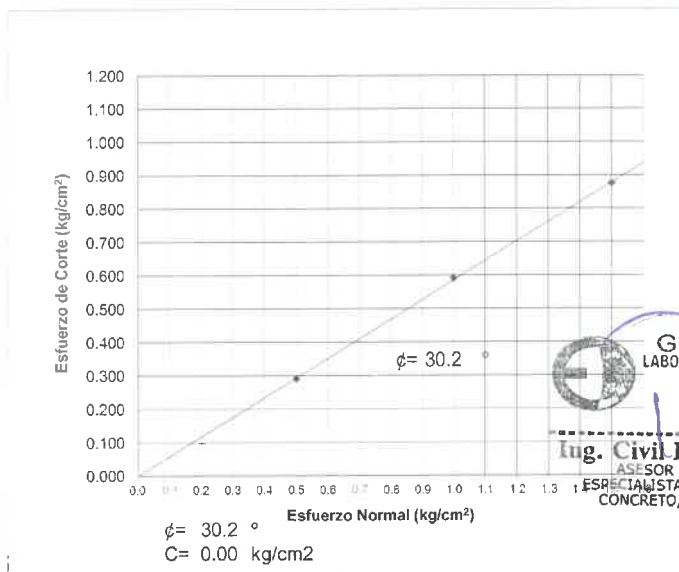
Estado : Remoldeado (material < Tamiz N° 4)

Muestra : M-1  
Calicata : C-4, PROG. 1+750, MARGEN DERECHA  
Prof.(m) : 3.00 mts

**DEFORMACION TANGENCIAL vs. ESFUERZO DE CORTE**



**ESFUERZO NORMAL vs. ESFUERZO DE CORTE**




**GEOLUMAS SAC.**  
LABORATORIO MECÁNICA DE SUELOS  
**Ing. Civil Edwin Peña Dueñas**  
ASESOR TÉCNICO - CIP 145416  
ESPECIALISTA EN MECÁNICA DE SUELOS,  
CONCRETO, GEOTECNIA Y GEOLOGÍA



**II. ENSAYO DE CORTE DIRECTO ASTM D3080**

**ESTADO** : Remoldeado (material < Tamiz N° 4)  
**Muestra** : M-1  
**CALICATA** : C-4, PROG. 1+750, MARGEN DERECHA  
**Prof.(m)** : 3.00 mts

Especimen N°	I	II	III
Diametro del anillo (cm)	6.36	6.36	6.36
Altura Inicial de muestra (cm)	2.16	2.16	2.16
Densidad húmeda inicial (gr/cm <sup>3</sup> )	1.670	1.670	1.670
Densidad seca inicial (gr/cm <sup>3</sup> )	1.485	1.485	1.485
Cont. de humedad inicial (%)	12.5	12.5	12.5
Altura de la muestra antes de aplicar el esfuerzo de corte (cm)	1.672	1.629	1.604
Altura final de muestra (cm)	1.601	1.571	1.535
Densidad húmeda final (gr/cm <sup>3</sup> )	2.487	2.517	2.561
Densidad seca final (gr/cm <sup>3</sup> )	2.003	2.042	2.089
Cont. de humedad final (%)	24.1	23.3	22.6
Esfuerzo normal (kg/cm <sup>2</sup> )	0.5	1.0	1.5
Esfuerzo de corte maximo (kg/cm <sup>2</sup> )	0.290	0.591	0.875
Angulo de friccion interna :	<b>30.15 °</b>		
Cohesion (Kg/cm <sup>2</sup> ) :	<b>0.00</b>		

**GEOLUMAS SAC.**  
LABORATORIO MECÁNICA DE SUELOS  
**Ing. Civil Edwin Peña Dueñas**  
ASESOR TÉCNICO CIP 145416  
ESPECIALISTA EN MECÁNICA DE SUELOS,  
CONCRETO, GEOTECNIA Y GEOLOGÍA



SOLICITADO : BACHILLER: TITO RAMOS PARIONA

PROYECTO : INFLUENCIA DE LOS MUROS DE GAVIONES O MUROS DE  
CONCRETO EN LAS DEFENSAS RIBEREÑAS DEL RIO CUNAS  
CHUPACA, 2020

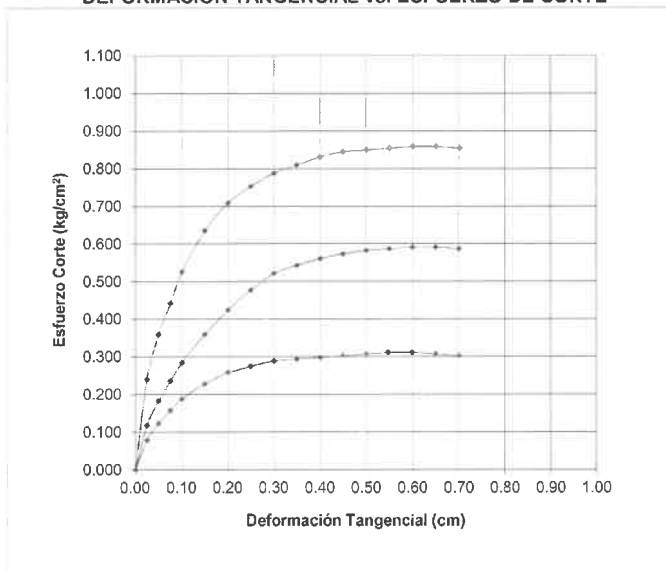
UBICACIÓN : DEFENSAS RIBEREÑAS DEL RIO CUNAS CHUPACA

FECHA : MARZO DEL 2020

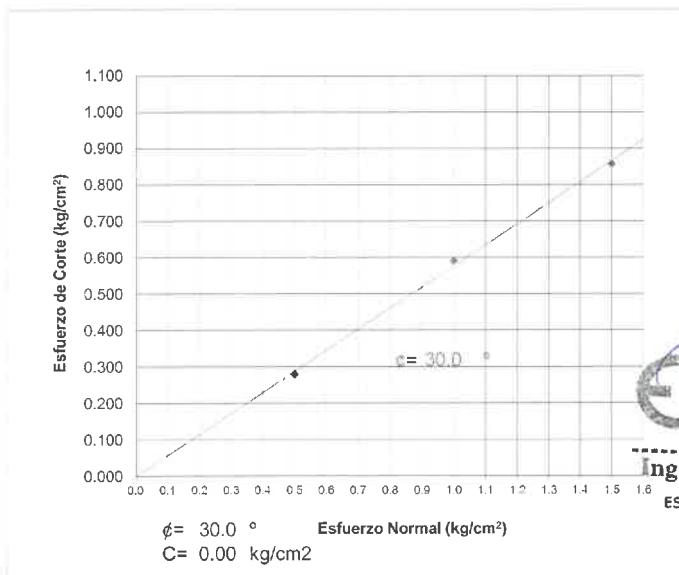
**ENSAYO DE CORTE DIRECTO ASTM D3080**

Estado : Remoldeado (material < Tamiz N° 4)  
Muestra : M-1  
Calicata : C-5, PROG. 2+250, MARGEN DERECHA  
Prof.(m) : 3.00 mts

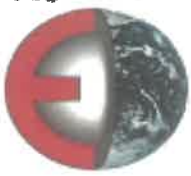
**DEFORMACION TANGENCIAL vs. ESFUERZO DE CORTE**



**ESFUERZO NORMAL vs. ESFUERZO DE CORTE**



 **GEOLUMAS SAC**  
LABORATORIO MECÁNICA DE SUELOS  
**Ing. Civil Edwin Peña Dueñas**  
ASESOR TÉCNICO CIP 145416  
ESPECIALISTA EN MECÁNICA DE SUELOS,  
CONCRETO, GEOTECNIA Y GEOLOGÍA



**II. ENSAYO DE CORTE DIRECTO ASTM D3080**

ESTADO : Remoldeado (material < Tamiz N° 4)  
Muestra : M-1  
Calicata : C-5, PROG. 2+250, MARGEN DERECHA  
Prof.(m) : 3.00 mts

Especimen N°	I	II	III
Diametro del anillo (cm)	6.36	6.36	6.36
Altura Inicial de muestra (cm)	2.16	2.16	2.16
Densidad húmeda inicial (gr/cm <sup>3</sup> )	1.700	1.700	1.700
Densidad seca inicial (gr/cm <sup>3</sup> )	1.610	1.610	1.610
Cont. de humedad inicial (%)	5.57	5.57	5.57
Altura de la muestra antes de aplicar el esfuerzo de corte (cm)	2.046	1.995	1.944
Altura final de muestra (cm)	1.970	1.944	1.893
Densidad húmeda final (gr/cm <sup>3</sup> )	2.383	2.398	2.447
Densidad seca final (gr/cm <sup>3</sup> )	1.766	1.789	1.837
Cont. de humedad final (%)	34.93	34.03	33.21
Esfuerzo normal (kg/cm <sup>2</sup> )	0.5	1.0	1.5
Esfuerzo de corte maximo (kg/cm <sup>2</sup> )	0.280	0.591	0.858
Angulo de friccion interna :	<b>30.0 °</b>		
Cohesion (Kg/cm <sup>2</sup> ):	<b>0.00</b>		



**Ing. Civil Edwin Peña Dueñas**  
ASESOR TÉCNICO CIP 145416  
ESPECIALISTA EN MECÁNICA DE SUELOS,  
CONCRETO, GEOTECNIA Y GEOLOGÍA



SOLICITADO : BACHILLER: TITO RAMOS PARIONA

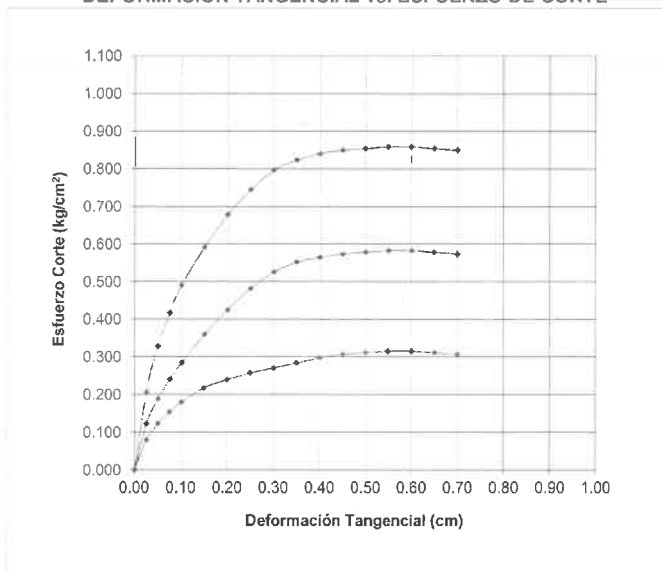
PROYECTO : **INFLUENCIA DE LOS MUROS DE GAVIONES O MUROS DE CONCRETO EN LAS DEFENSAS RIBEREÑAS DEL RIO CUNAS CHUPACA, 2020**

UBICACIÓN : **DEFENSAS RIBEREÑAS DEL RIO CUNAS CHUPACA**  
FECHA : MARZO DEL 2020

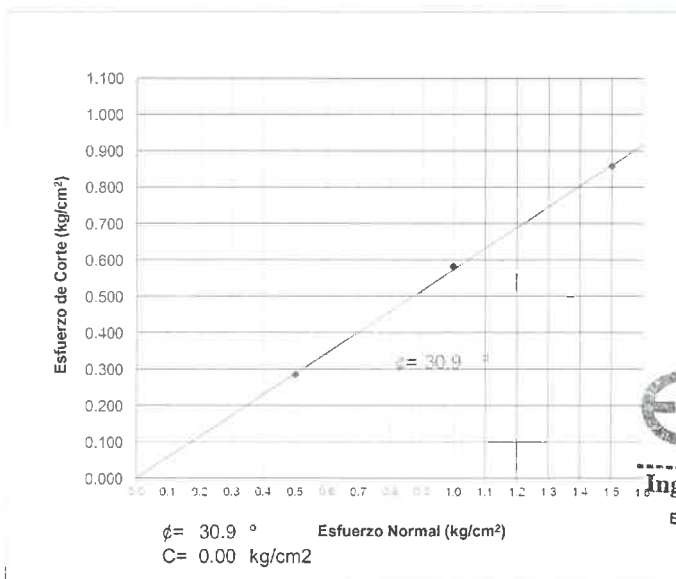
**ENSAYO DE CORTE DIRECTO ASTM D3080**

Estado : Remoldeado (material < Tamiz N° 4)  
Muestra : M-1  
Calicata : C-6, PROG. 2+750, MARGEN DERECHA  
Prof.(m) : 3.00 mts  
Prog : 2+750

**DEFORMACION TANGENCIAL vs. ESFUERZO DE CORTE**



**ESFUERZO NORMAL vs. ESFUERZO DE CORTE**



 **GEOLUMAS SAC.**  
LABORATORIO MECÁNICA DE SUELOS  
**Ing. Civil Edwin Peña Dueñas**  
ASESOR TÉCNICO, CIP 145416  
ESPECIALISTA EN MECÁNICA DE SUELOS,  
CONCRETO, GEOTECNIA Y GEOLOGÍA





**II. ENSAYO DE CORTE DIRECTO ASTM D3080**

ESTADO : Remoldeado (material < Tamiz N° 4)  
Muestra : M-1  
Calicata : C-6, PROG. 2+750, MARGEN DERECHA  
Prof.(m) : 3.00 mts  
Progre : 2+750

Especimen N°	I	II	III
Diametro del anillo (cm)	6.36	6.36	6.36
Altura Inicial de muestra (cm)	2.16	2.16	2.16
Densidad húmeda inicial (gr/cm3)	1.700	1.700	1.700
Densidad seca inicial (gr/cm3)	1.423	1.423	1.423
Cont. de humedad inicial (%)	19.42	19.42	19.42
Altura de la muestra antes de aplicar el esfuerzo de corte (cm)	1.995	1.962	1.934
Altura final de muestra (cm)	1.944	1.919	1.865
Densidad húmeda final (gr/cm3)	2.291	2.307	2.354
Densidad seca final (gr/cm3)	1.582	1.602	1.648
Cont. de humedad final (%)	44.86	43.94	42.81
Esfuerzo normal (kg/cm <sup>2</sup> )	0.5	1.0	1.5
Esfuerzo de corte maximo (kg/cm <sup>2</sup> )	0.284	0.582	0.858
Angulo de friccion interna :	<b>30.9 °</b>		
Cohesion (Kg/cm <sup>2</sup> ) :	<b>0.00</b>		

 **GEOLUMAS SAC.**  
LABORATORIO MECÁNICA DE SUELOS  
**Ing. Civil Edwin Peña Dueñas**  
ASESOR TÉCNICO CIP 145416  
ESPECIALISTA EN MECÁNICA DE SUELOS,  
CONCRETO, GEOTECNIA Y GEOLOGIA



SOLICITADO : BACHILLER: TITO RAMOS PARIONA

PROYECTO : **INFLUENCIA DE LOS MUROS DE GAVIONES O MUROS DE CONCRETO EN LAS DEFENSAS RIBEREÑAS DEL RIO CUNAS CHUPACA, 2020**

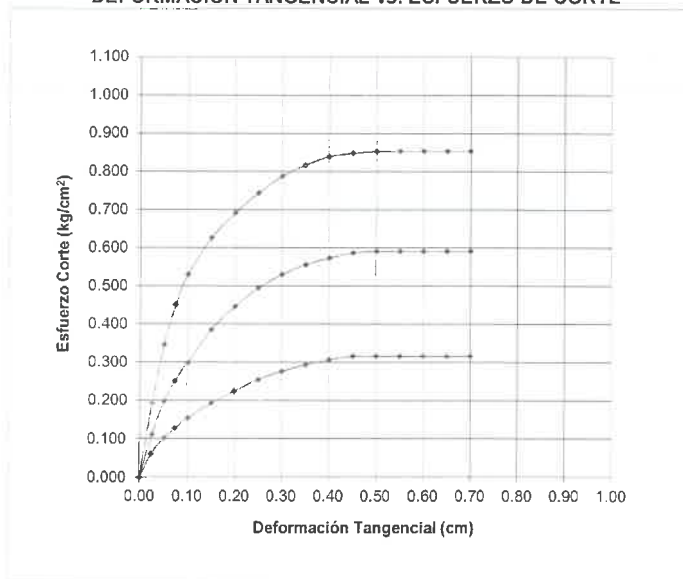
UBICACIÓN : **DEFENSAS RIBEREÑAS DEL RIO CUNAS CHUPACA**

FECHA : **MARZO DEL 2020**

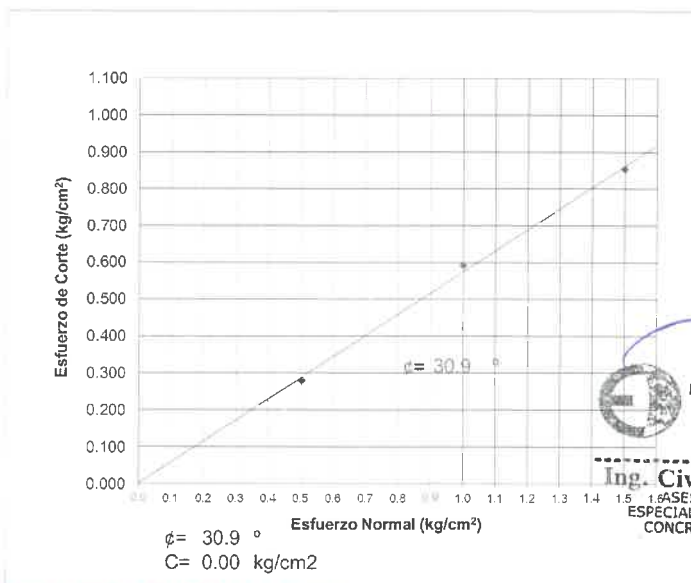
**ENSAYO DE CORTE DIRECTO ASTM D3080**

Estado : Remoldeado (material < Tamiz N° 4)  
Progresiva : C-7, PROG. 3+250, MARGEN DERECHA  
Calicata : C-7  
Muestra : M-1  
Prof.(m) : 3.00 mts

**DEFORMACION TANGENCIAL vs. ESFUERZO DE CORTE**



**ESFUERZO NORMAL vs. ESFUERZO DE CORTE**





**II. ENSAYO DE CORTE DIRECTO ASTM D3080**

ESTADO : Remoldeado (material < Tamiz N° 4)  
Progresiva : C-7, PROG. 3+250, MARGEN DERECHA  
Calicata : C-7  
Muestra : M-1  
Prof.(m) : 3.00 mts

Especimen N°	I	II	III
Diametro del anillo (cm)	6.36	6.36	6.36
Altura Inicial de muestra (cm)	2.16	2.16	2.16
Densidad húmeda inicial (gr/cm <sup>3</sup> )	2.088	2.088	2.088
Densidad seca inicial (gr/cm <sup>3</sup> )	1.447	1.447	1.447
Cont. de humedad inicial (%)	44.31	44.31	44.31
Altura de la muestra antes de aplicar el esfuerzo de corte (cm)	2.005	1.942	1.914
Altura final de muestra (cm)	1.964	1.909	1.878
Densidad húmeda final (gr/cm <sup>3</sup> )	2.596	2.659	2.690
Densidad seca final (gr/cm <sup>3</sup> )	1.591	1.638	1.664
Cont. de humedad final (%)	63.1	62.3	61.6
Esfuerzo normal (kg/cm <sup>2</sup> )	0.5	1.0	1.5
Esfuerzo de corte maximo (kg/cm <sup>2</sup> )	0.280	0.591	0.853
Angulo de fricción interna :	<b>30.9 °</b>		
Cohesion (Kg/cm <sup>2</sup> ) :	<b>0.00</b>		



**Ing. Civil Edwin Peña Dueñas**  
ASESOR TÉCNICO CIP 145416  
ESPECIALISTA EN MECÁNICA DE SUELOS,  
CONCRETO, GEOTECNIA Y GEOLOGÍA

# **ESTUDIO DE MECÁNICA DE SUELOS CON FINES DE CIMENTACIÓN**

**TESIS:**

**“INFLUENCIA DE LOS MUROS DE GAVIONES O  
MUROS DE CONCRETO EN LAS DEFENSAS  
RIBEREÑAS DEL RIO CUNAS CHUPACA, 2020”**

**ANALISIS GRANULOMETRICO  
LIMITES DE CONSISTENCIA  
PERFIL ESTATRIGRAFICO**

**SOLICITANTE:**

**BACHILLER: TITO RAMOS PARIONA**

**MARZO DEL 2020**



SOLICITANTE : **BACHILLER: TITO RAMOS PARIONA**

PROYECTO : **INFLUENCIA DE LOS MUROS DE GAVIONES O MUROS DE CONCRETO EN LAS DEFENSAS RIBEREÑAS DEL RIO CUNAS CHUPACA, 2020**

UBICACIÓN : **DEFENSAS RIBEREÑAS DEL RIO CUNAS**

FECHA : **MARZO DEL 2020**

**REPORTE DE ENSAYOS DE LABORATORIO**

Calicata : **C-1, PROG. 0+250, MARGEN DERECHA**  
Muestra : **M-1**  
PROG : **PROG. 0+250, MARGEN DERECHA**  
Prof. (m) : **3.00 mts**

**ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO - ASTM D-422**

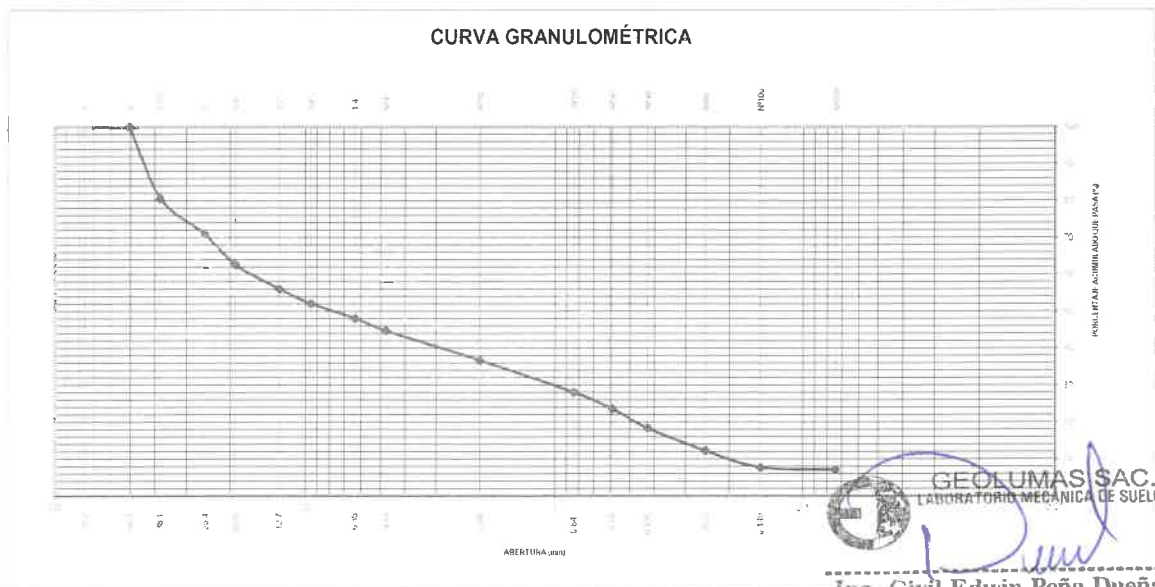
Tamiz	Abertura (mm)	(% Parcial	(% Acumulado	
			Rete	Pasa
3"	76.200	-	-	
2"	50.300	-	-	100.0
1 1/2"	38.100	19.3	19.3	80.7
1"	25.400	9.7	29.1	70.9
3/4"	19.050	8.4	37.4	62.6
1/2"	12.700	6.6	44.0	56.0
3/8"	9.525	3.9	47.9	52.1
1/4"	6.350	4.0	51.9	48.1
Nº4	4.760	3.4	55.3	44.7
Nº10	2.000	8.0	63.3	36.7
Nº20	0.840	8.7	72.0	28.0
Nº30	0.590	4.5	76.5	23.5
Nº40	0.426	5.2	81.7	18.3
Nº60	0.250	6.1	87.7	12.3
Nº100	0.149	4.5	92.3	7.7
Nº200	0.074	0.6	92.9	7.1
- Nº200		7.1		

% grava	:	55.3
% arena	:	37.6
% finos	:	7.1

LIMITES DE CONSISTENCIA ASTM D4318		
LIMITE LIQUIDO (%)	:	NP
LIMITE PLASTICO (%)	:	NP
INDICE PLASTICO (%)	:	0.00

Clasificación SUCS ASTM D-2487 : **GM**  
Clasificación AASTHO ASTM D-3282 : **A-1-a(0)**  
Contenido de Humedad ASTM D-2216 : **6.3%**

**CURVA GRANULOMÉTRICA**



**GEOLUMAS SAC.**  
LABORATORIO MECÁNICA DE SUELOS  
Ing. Civil Edwin Peña Dueñas  
ASESOR TÉCNICO, CIP 145416  
ESPECIALISTA EN MECÁNICA DE SUELOS,  
CONCRETO, GEOTECNIA Y GEOLOGÍA



**PERFIL ESTRATIGRAFICO**

PROYECTO: **INFLUENCIA DE LOS MUROS DE GAVIONES O MUROS DE CONCRETO EN LAS DEFENSAS RIBEREÑAS DEL RIO CUNAS CHUPACA, 2020**

UBICACIÓN: **DEFENSAS RIBEREÑAS DEL RIO CUNAS**

FECHA : **MARZO DEL 2020**

SOLICITANTE: **BACHILLER: TITO RAMOS PARIONA**

PROFUNDIDAD TOTAL (m) : **3.00 mts**

MUESTRA: **M-1**

PROF. NIVEL FREÁTICO (m) : **1.00 mts**

CALICATA : **C-1, PROG. 0+250, MARGEN DERECHA**

PROGRESIVA: **PROG. 0+250, MARGEN DERECHA**

PROF. (m)	G R A V I C O	DESCRIPCION DEL SUELO Clasificación técnica: forma del material granular; color; contenido de humedad; Índice de plasticidad / compresibilidad; grado de compactidad / consistencia; Otros: presencia de oxidaciones y material orgánico; porcentaje estimado de boleos / cantos. etc.	SUCS	GRANULOMETRIA																			
				0.075		4.750		L.L.		I.P.		H.N.											
				<	mm	mm	%	%	%	%	N° DE	MUESTRA											
0.05																							
0.10																							
0.20																							
0.40																							
0.60																							
0.80																							
1.00																							
1.20																							
1.40																							
1.60																							
1.80																							
2.00																							
2.50																							
2.80																							
3.00																							
NO DETERMINADO																							

OBSERVACIONES

 **GEOLUMAS SAC.**  
LABORATORIO MECÁNICA DE SUELOS  
*Edwin Peña Dueñas*  
**Ing. Civil Edwin Peña Dueñas**  
ASESOR TÉCNICO CIP 145416  
ESPECIALISTA EN MECÁNICA DE SUELOS,  
CONCRETO, GEOTECNIA Y GEOLOGÍA



SOLICITANTE : BACHILLER: TITO RAMOS PARIONA

PROYECTO : INFLUENCIA DE LOS MUROS DE GAVIONES O MUROS DE CONCRETO EN LAS DEFENSAS RIBEREÑAS DEL RIO CUNAS CHUPACA, 2020

UBICACIÓN : DEFENSAS RIBEREÑAS DEL RIO CUNAS

FECHA : MARZO DEL 2020

**REPORTE DE ENSAYOS DE LABORATORIO**

Calicata : C-2, PROG. 0+750, MARGEN DERECHA  
Muestra : M-1  
PROG : PROG. 0+750, MARGEN DERECHA  
Prof. (m) : 3.00 mts

**ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO - ASTM D-422**

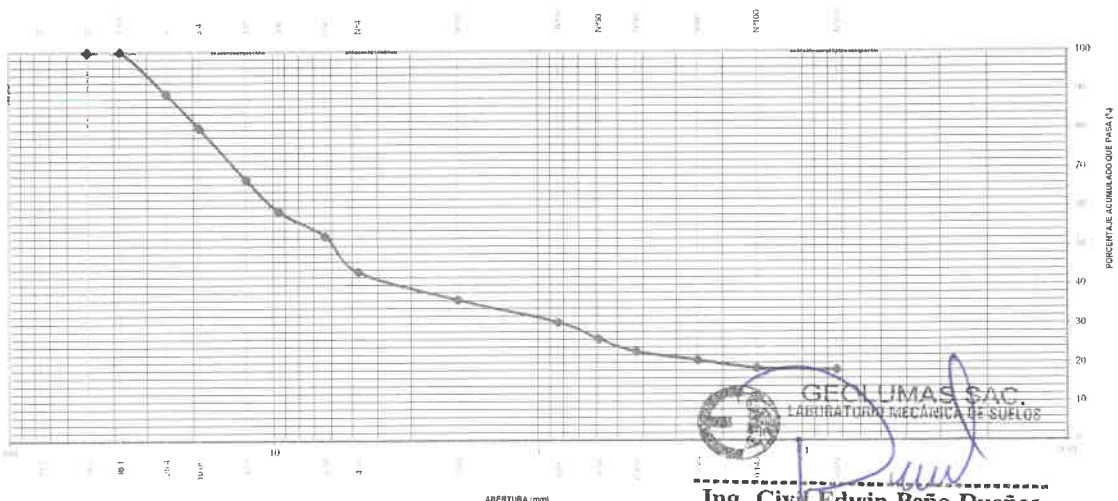
Tamiz	Abertura (mm)	(% ) Parcial Retenido	(% ) Acumulado	
			Rete	Pasa
3"	76.200	-	-	
2"	50.300	-	-	100.0
1 1/2"	38.100	-	-	100.0
1"	25.400	10.9	10.9	89.1
3/4"	19.050	8.8	19.7	80.3
1/2"	12.700	13.3	32.9	67.1
3/8"	9.525	8.3	41.2	58.8
1/4"	6.350	6.3	47.5	52.5
Nº4	4.760	9.2	56.7	43.3
Nº10	2.000	7.2	63.9	36.1
Nº20	0.840	5.8	69.7	30.3
Nº30	0.590	4.3	73.9	26.1
Nº40	0.426	3.2	77.2	22.8
Nº60	0.250	2.2	79.4	20.6
Nº100	0.149	2.0	81.4	18.6
Nº200	0.074	0.5	81.9	18.1
- Nº200		18.1		

% grava	:	56.7
% arena	:	25.2
% finos	:	18.1

LIMITES DE CONSISTENCIA ASTM D4318		
LÍMITE LÍQUIDO (%)	:	NP
LÍMITE PLÁSTICO (%)	:	NP
INDICE PLÁSTICO (%)	:	0.00

Clasificación SUCS ASTM D-2487 : **GM**  
Clasificación AASTHO ASTM D-3282 : **A-2-4(0)**  
Contenido de Humedad ASTM D-2216 : **6.5%**

**CURVA GRANULOMÉTRICA**



**GEOLUMAS SAC.**  
LABORATORIO MECÁNICA DE SUELOS  
**Ing. Civil Edwin Peña Dueñas**  
ASESOR TÉCNICO CIP 145416  
ESPECIALISTA EN MECÁNICA DE SUELOS,  
CONCRETO, GEOTECNIA Y GEOLOGÍA



**PERFIL ESTRATIGRAFICO**

PROYECTO: **INFLUENCIA DE LOS MUROS DE GAVIONES O MUROS DE CONCRETO EN LAS DEFENSAS RIBEREÑAS DEL RIO CUNAS CHUPACA, 2020**

UBICACIÓN: **DEFENSAS RIBEREÑAS DEL RIO CUNAS**

FECHA : **MARZO DEL 2020**

SOLICITANTE: **BACHILLER: TITO RAMOS PARIONA**

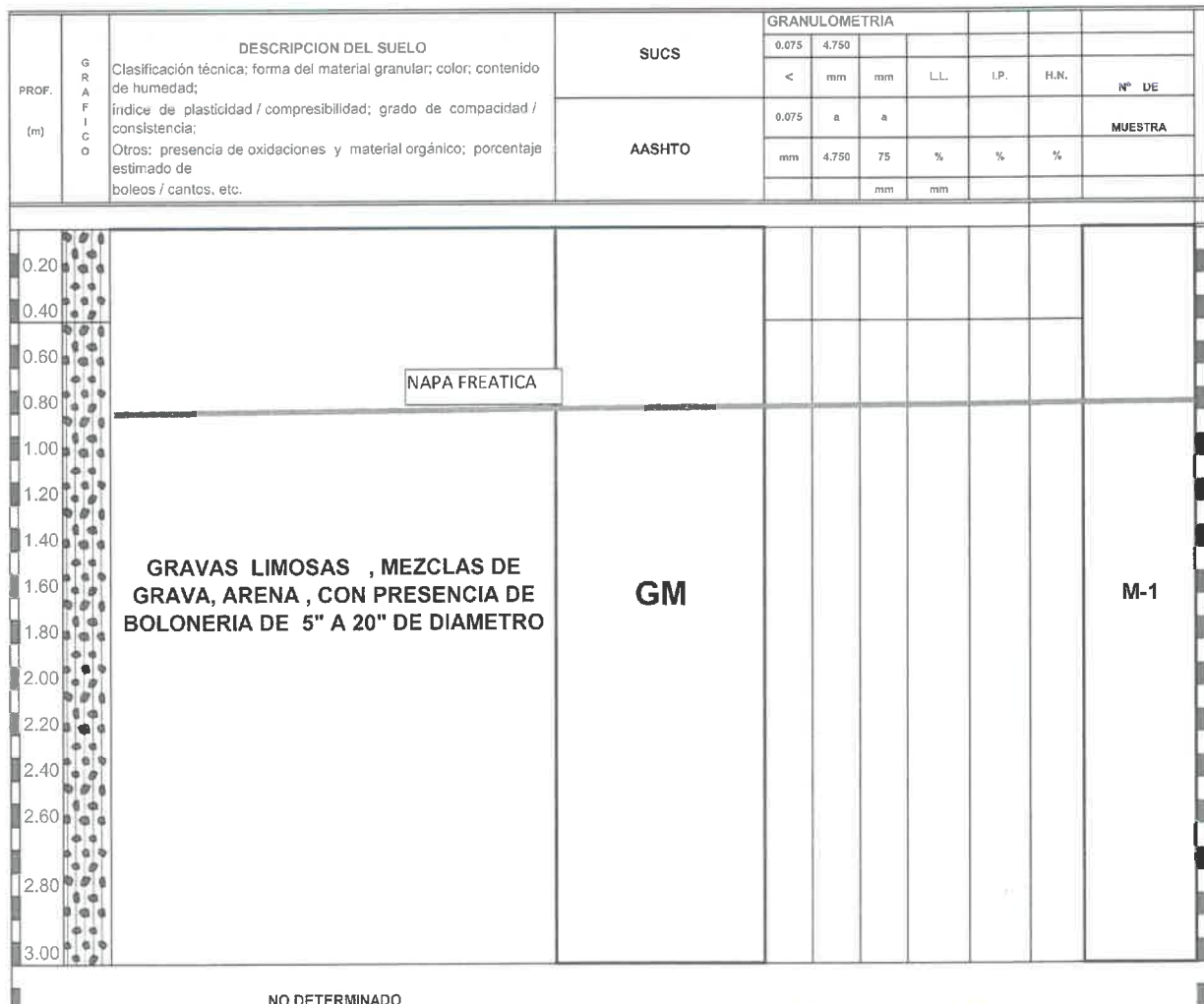
PROFUNDIDAD TOTAL (m) : **3.00 mts**

MUESTRA: **M-1**

PROF. NIVEL FREÁTICO (m) : **0.85 mts**

CALICATA : **C-2, PROG. 0+750, MARGEN DERECHA**

PROGRESIVA: **PROG. 0+750, MARGEN DERECHA**



OBSERVACIONES

NO DETERMINADO

**GEOLUMAS SAC.**  
LABORATORIO MECÁNICA DE SUELOS  
Ing. Civil Edwin Peña Dueñas  
ASESOR TÉCNICO CIP 145416  
ESPECIALISTA EN MECÁNICA DE SUELOS,  
CONCRETO, GEOTECNIA Y GEOLOGIA





SOLICITANTE : **BACHILLER: TITO RAMOS PARIONA**

PROYECTO : **INFLUENCIA DE LOS MUROS DE GAVIONES O MUROS DE CONCRETO EN LAS DEFENSAS RIBEREÑAS DEL RIO CUNAS CHUPACA, 2020**

UBICACIÓN : **DEFENSAS RIBEREÑAS DEL RIO CUNAS**

FECHA : **MARZO DEL 2020**

**REPORTE DE ENSAYOS DE LABORATORIO**

Calicata : **C-3, PROG. 1+250, MARGEN DERECHA**  
Muestra : **M-1**  
PROG : **PROG. 1+250, MARGEN DERECHA**  
Prof. (m) : **3.00 mts**

**ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO - ASTM D-422**

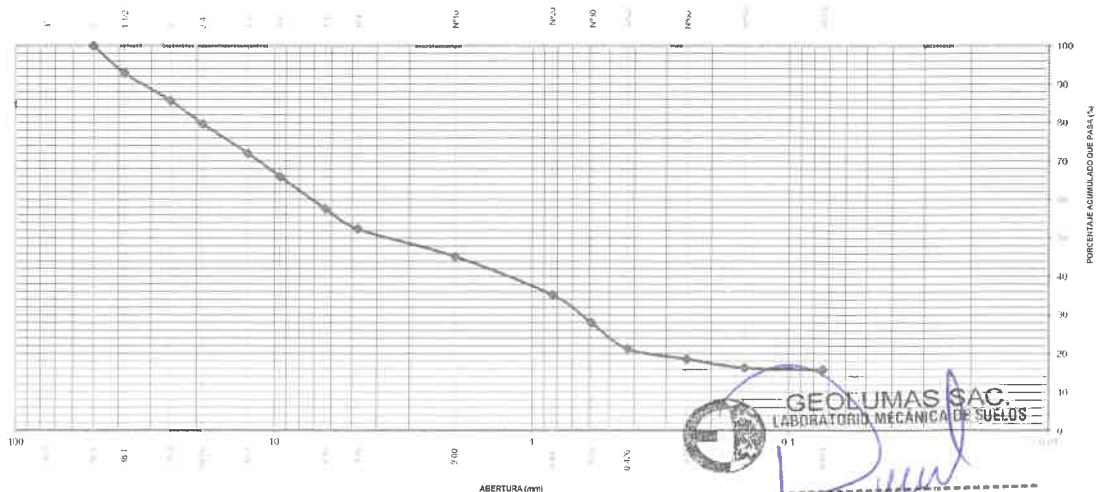
Tamiz	Abertura (mm)	(%) Parcial	(%) Acumulado	
			Rete	Pasa
3"	76.200	-	-	100.0
2"	50.300	-	-	100.0
1 1/2"	38.100	7.2	7.2	92.8
1"	25.400	7.1	14.3	85.7
3/4"	19.050	6.1	20.4	79.6
1/2"	12.700	7.6	28.0	72.0
3/8"	9.525	6.1	34.1	65.9
1/4"	6.350	8.3	42.4	57.6
Nº4	4.760	5.3	47.7	52.3
Nº10	2.000	7.1	54.8	45.2
Nº20	0.840	9.9	64.8	35.2
Nº30	0.590	7.3	72.1	27.9
Nº40	0.426	6.8	78.8	21.2
Nº60	0.250	2.6	81.5	18.5
Nº100	0.149	2.3	83.8	16.2
Nº200	0.074	0.5	84.2	15.8
- Nº200		15.8		

% grava	: 47.7
% arena	: 36.5
% finos	: 15.8

LIMITES DE CONSISTENCIA ASTM D4318	
LIMITE LÍQUIDO (%)	: NP
LIMITE PLÁSTICO (%)	: NP
INDICE PLÁSTICO (%)	: 0.00

Clasificación SUCS ASTM D-2487 : **GM**  
Clasificación AASTHO ASTM D-3282 : **A-2-4(0)**  
Contenido de Humedad ASTM D-2216 : **5.8%**

**CURVA GRANULOMÉTRICA**





**PERFIL ESTRATIGRAFICO**

PROYECTO: **INFLUENCIA DE LOS MUROS DE GAVIONES O MUROS DE CONCRETO EN LAS DEFENSAS RIBEREÑAS DEL RIO CUNAS CHUPACA, 2020**

UBICACIÓN: **DEFENSAS RIBEREÑAS DEL RIO CUNAS**  
 FECHA : MARZO DEL 2020 FECHA DE EXCAVACIÓN : MARZO DEL 2020  
 SOLICITANTE: BACHILLER: TITO RAMOS PARIONA PROFUNDIDAD TOTAL (m) : 3.00 mts  
 MUESTRA: **M-1** PROF. NIVEL FREÁTICO (m) : 0.90 mts  
 CALICATA : **C-3, PROG. 1+250, MARGEN DERECHA**  
 PROGRESIVA: **PROG. 1+250, MARGEN DERECHA**

PROF. (m)	G R A F I C O	DESCRIPCION DEL SUELO Clasificación técnica: forma del material granular; color; contenido de humedad; índice de plasticidad / compresibilidad; grado de compacidad / consistencia; Otros: presencia de oxidaciones y material orgánico: porcentaje estimado de boleos / cantos, etc.	SUCS	GRANULOMETRIA						
				0.075	4.750					
				<	mm	mm	LL.	LP.	H.N.	Nº DE
			AASHTO	0.075	a	a				MUESTRA
				mm	4.750	75	%	%	%	
					mm	mm				
0.05										
0.10										
0.20										
0.40										
0.60										
0.80										
1.00										
1.20										
1.40										
1.60										
1.80										
2.00										
2.50										
2.80										
3.00										
NO DETERMINADO										

OBSERVACIONES

  
**GEOLUMAS SAC.**  
 LABORATORIO MECÁNICA DE SUELOS  
**Ing. Civil Edwin Peña Dueñas**  
 ASESOR TÉCNICO - CIP 145416  
 ESPECIALISTA EN MECÁNICA DE SUELOS,  
 CONCRETO, GEOTECNIA Y GEOLOGÍA



SOLICITANTE : **BACHILLER: TITO RAMOS PARIONA**

PROYECTO : **INFLUENCIA DE LOS MUROS DE GAVIONES O MUROS DE CONCRETO EN LAS DEFENSAS RIBEREÑAS DEL RIO CUNAS CHUPACA, 2020**

UBICACIÓN : **DEFENSAS RIBEREÑAS DEL RIO CUNAS**

FECHA : **MARZO DEL 2020**

**REPORTE DE ENSAYOS DE LABORATORIO**

Calicata : **C-4, PROG. 1+750, MARGEN DERECHA**  
Muestra : **M-1**  
PROG : **PROG. 1+750, MARGEN DERECHA**  
Prof. (m) : **3.00 mts**

**ANALISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO - ASTM D-422**

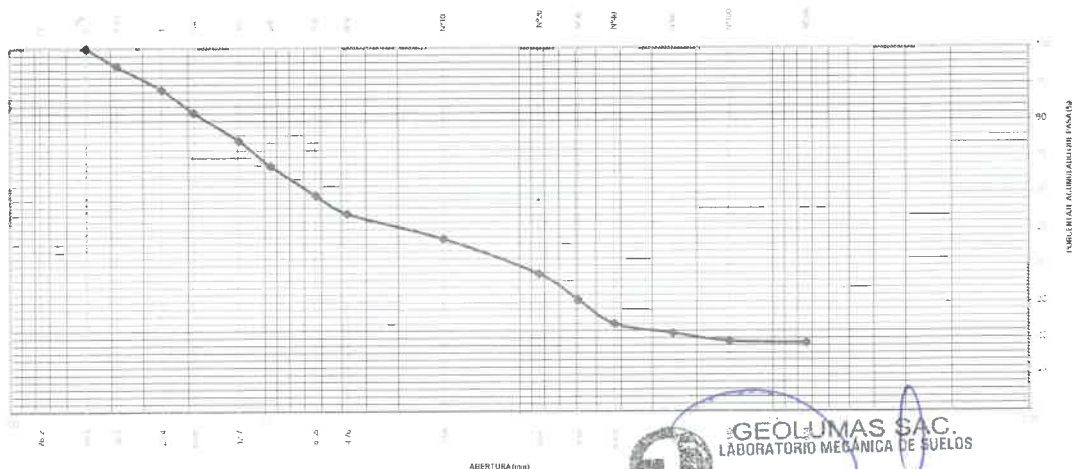
Tamiz	Abertura (mm)	(% ) Acumulado	
		(%) Parcial Retenido	(%) Rete Pasa
3"	76.200	-	-
2"	50.300	-	100.0
1 1/2"	38.100	5.0	95.0
1"	25.400	6.5	88.5
3/4"	19.050	6.3	82.2
1/2"	12.700	7.7	74.5
3/8"	9.525	7.0	67.5
1/4"	6.350	8.1	59.4
Nº4	4.760	5.1	54.3
Nº10	2.000	7.0	47.3
Nº20	0.840	9.7	37.7
Nº30	0.590	7.1	30.5
Nº40	0.426	6.6	24.0
Nº60	0.250	2.6	21.4
Nº100	0.149	2.3	19.1
Nº200	0.074	0.5	18.7
- Nº200		18.7	

% grava	: 45.7
% arena	: 35.6
% finos	: 18.7

LIMITES DE CONSISTENCIA ASTM D4318		
LIMITE LIQUIDO (%)	:	NP
LIMITE PLASTICO (%)	:	NP
INDICE PLASTICO (%)	:	0.00

Clasificación SUCS ASTM D-2487 : **GM**  
Clasificación AASTHO ASTM D-3282 : **A-2-4(0)**  
Contenido de Humedad ASTM D-2216 : **5.6%**

**CURVA GRANULOMÉTRICA**



**Ing. Civil Edwin Peña Dueñas**  
ASESOR TÉCNICO, CIP 145416  
ESPECIALISTA EN MECÁNICA DE SUELOS,  
CONCRETO, GEOTECNIA Y GEOLOGÍA



**PERFIL ESTRATIGRAFICO**

PROYECTO: **INFLUENCIA DE LOS MUROS DE GAVIONES O MUROS DE CONCRETO EN LAS DEFENSAS RIBEREÑAS DEL RIO CUNAS CHUPACA, 2020**

UBICACIÓN: **DEFENSAS RIBEREÑAS DEL RIO CUNAS**

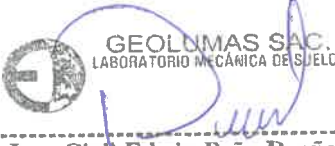
FECHA : MARZO DEL 2020      FECHA DE EXCAVACIÓN : MARZO DEL 2020  
SOLICITANTE: BACHILLER: TITO RAMOS PARIONA      PROFUNDIDAD TOTAL (m) : 3.00 mts  
MUESTRA: **M-1**      PROF. NIVEL FREÁTICO (m) : 1.20 mts

CALICATA : **C-4, PROG. 1+750, MARGEN DERECHA**  
PROGRESIVA: **PROG. 1+750, MARGEN DERECHA**

PROF. (m)	G R A V I C O	DESCRIPCION DEL SUELO Clasificación técnica: forma del material granular; color; contenido de humedad; índice de plasticidad / compresibilidad; grado de compacidad / consistencia; Otros: presencia de oxidaciones y material orgánico: porcentaje estimado de boleos / cantos, etc.	SUCS	GRANULOMETRIA							
				0.075	4.750						
				<	mm	mm	LL.	IP.	H.N.	Nº DE	
			AASHTO	0.075	a	a					MUESTRA
				mm	4.750	75	%	%	%		
						mm	mm				
0.20											
0.40											
0.60											
0.80											
1.00											
1.20		NAPA FREÁTICA									
1.40		GRAVA LIMOSAS , MEZCLAS DE GRAVA, ARENA Y LIMO, DE COLOR MARRON CLARO	GM								M-1
1.60											
1.80											
2.00											
2.20											
2.40											
2.60											
2.80											
3.00											
3.00											

NO DETERMINADO

OBSERVACIONES

  
**GEOLUMAS SAC.**  
LABORATORIO MECÁNICA DE SUELOS  
Ing. Civil-Edwin Peña Dueñas  
ASESOR TÉCNICO CIP 145416  
ESPECIALISTA EN MECÁNICA DE SUELOS,  
CONCRETO, GEOTECNIA Y GEOLOGÍA



SOLICITANTE : BACHILLER: TITO RAMOS PARIONA

PROYECTO : INFLUENCIA DE LOS MUROS DE GAVIONES O MUROS DE CONCRETO EN LAS DEFENSAS RIBEREÑAS DEL RIO CUNAS CHUPACA, 2020

UBICACIÓN : DEFENSAS RIBEREÑAS DEL RIO CUNAS

FECHA : MARZO DEL 2020

REPORTE DE ENSAYOS DE LABORATORIO

Calicata : C-5, PROG. 2+250, MARGEN DERECHA  
Muestra : M-1  
PROG : PROG. 2+250, MARGEN DERECHA  
Prof. (m) : 3.00 mts

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO - ASTM D-422

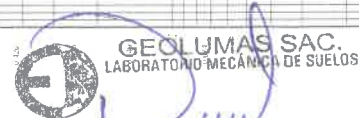
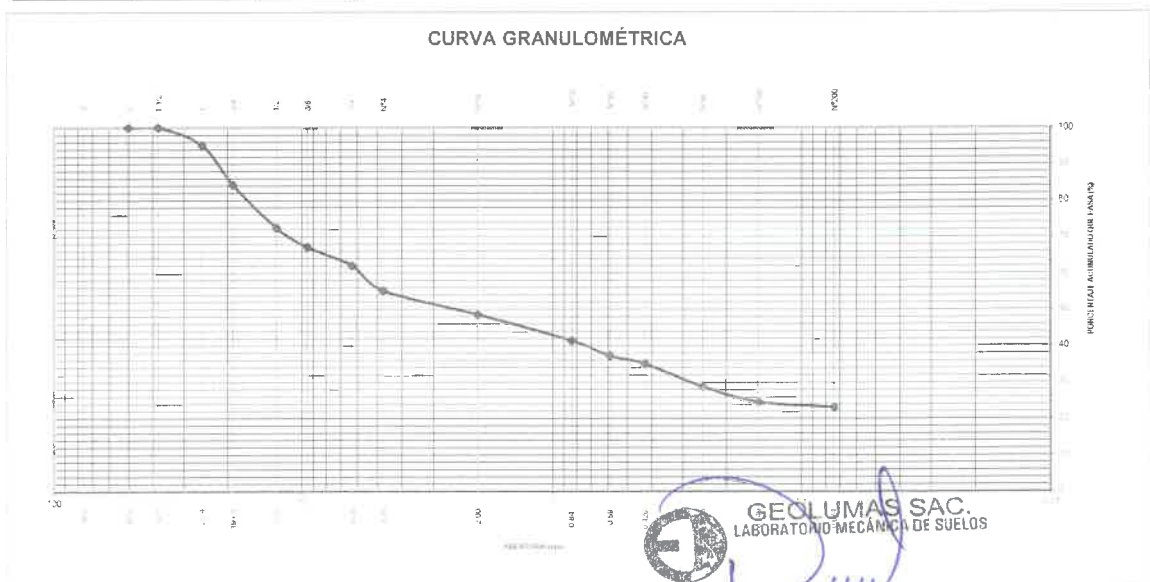
Tamiz	Abertura (mm)	(% Parcial Retenido)	(% Acumulado)	
			Rete	Pasa
3"	76.200	-	-	
2"	50.300	-	-	100.0
1 1/2"	38.100	-	-	100.0
1"	25.400	4.9	4.9	95.1
3/4"	19.050	10.9	15.8	84.2
1/2"	12.700	11.8	27.6	72.4
3/8"	9.525	5.3	32.9	67.1
1/4"	6.350	5.1	38.0	62.0
Nº4	4.760	6.9	44.9	55.1
Nº10	2.000	6.6	51.5	48.5
Nº20	0.840	7.2	58.6	41.4
Nº30	0.590	4.2	62.8	37.2
Nº40	0.426	2.2	65.0	35.0
Nº60	0.250	6.3	71.3	28.7
Nº100	0.149	4.2	75.5	24.5
Nº200	0.074	1.4	76.9	23.1
- Nº200		23.1		

% grava :	44.9
% arena :	32.0
% finos :	23.1

LIMITES DE CONSISTENCIA ASTM D4318	
LIMITE LÍQUIDO (%) :	NP
LIMITE PLÁSTICO (%) :	NP
ÍNDICE PLÁSTICO (%) :	0.00

Clasificación SUCS ASTM D-2487 : **GM**  
Clasificación AASTHO ASTM D-3282 : **A-2-4(0)**  
Contenido de Humedad ASTM D-2216 : **6.1%**

CURVA GRANULOMÉTRICA



Ing. Civil Edwin Peña Dueñas  
ASESOR TÉCNICO CIP 145415  
ESPECIALISTA EN MECÁNICA DE SUELOS,  
CONCRETO, GEOTECNIA Y GEOLOGÍA



**PERFIL ESTRATIGRAFICO**

PROYECTO: **INFLUENCIA DE LOS MUROS DE GAVIONES O MUROS DE CONCRETO EN LAS DEFENSAS RIBEREÑAS DEL RIO CUNAS CHUPACA, 2020**

UBICACIÓN: **DEFENSAS RIBEREÑAS DEL RIO CUNAS**

FECHA : **MARZO DEL 2020**

SOLICITANTE: **BACHILLER: TITO RAMOS PARIONA**

PROFUNDIDAD TOTAL (m) : **3.00 mts**

MUESTRA: **M-1**

PROF. NIVEL FREÁTICO (m) : **1.05 mts**

CALICATA : **C-5, PROG. 2+250, MARGEN DERECHA**

PROGRESIVA: **PROG. 2+250, MARGEN DERECHA**

PROF. (m)	G R A F I C O	DESCRIPCION DEL SUELO Clasificación técnica; forma del material granular; color; contenido de humedad; índice de plasticidad / compresibilidad; grado de compacidad / consistencia; Otros: presencia de oxidaciones y material orgánico; porcentaje estimado de boleos / cantos, etc.	SUCS	GRANULOMETRIA							
				0.075	4.750						
				<	mm	mm	L.L.	I.P.	H.N.	Nº DE	
			AASHTO	0.075	a	a					MUESTRA
				mm	4.750	75	%	%	%		
						mm	mm				
0.20											
0.40											
0.60											
0.80											
1.00											
1.20											
1.40											
1.60											
1.80											
2.00			<b>GRAVAS LIMOSAS, MEZCLA DE GRAVA Y ARENA, CON PRESENCIA DE BOLONERIA DE 5" a 20" DE DIAMETRO.</b>	<b>GM</b>							
2.20											
2.40											
2.60											
2.80											
3.00											

NO DETERMINADO

OBSERVACIONES

 **GEOLUMAS SAC.**  
LABORATORIO MECÁNICA DE SUELOS  
  
**Ing. Civil Edwin Peña Dueñas**  
ASESOR TÉCNICO CIP 145416  
ESPECIALISTA EN MECÁNICA DE SUELOS,  
CONCRETO, GEOTECNIA Y GEOLOGIA



SOLICITANTE : BACHILLER: TITO RAMOS PARIONA

PROYECTO : INFLUENCIA DE LOS MUROS DE GAVIONES O MUROS DE CONCRETO EN LAS DEFENSAS RIBEREÑAS DEL RIO CUNAS CHUPACA, 2020

UBICACIÓN : DEFENSAS RIBEREÑAS DEL RIO CUNAS

FECHA : MARZO DEL 2020

**REPORTE DE ENSAYOS DE LABORATORIO**

Calicata : C-6, PROG. 2+750, MARGEN DERECHA  
Muestra : M-1  
PROG : PROG. 2+750, MARGEN DERECHA  
Prof. (m) : 3.00 mts

**ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO - ASTM D-422**

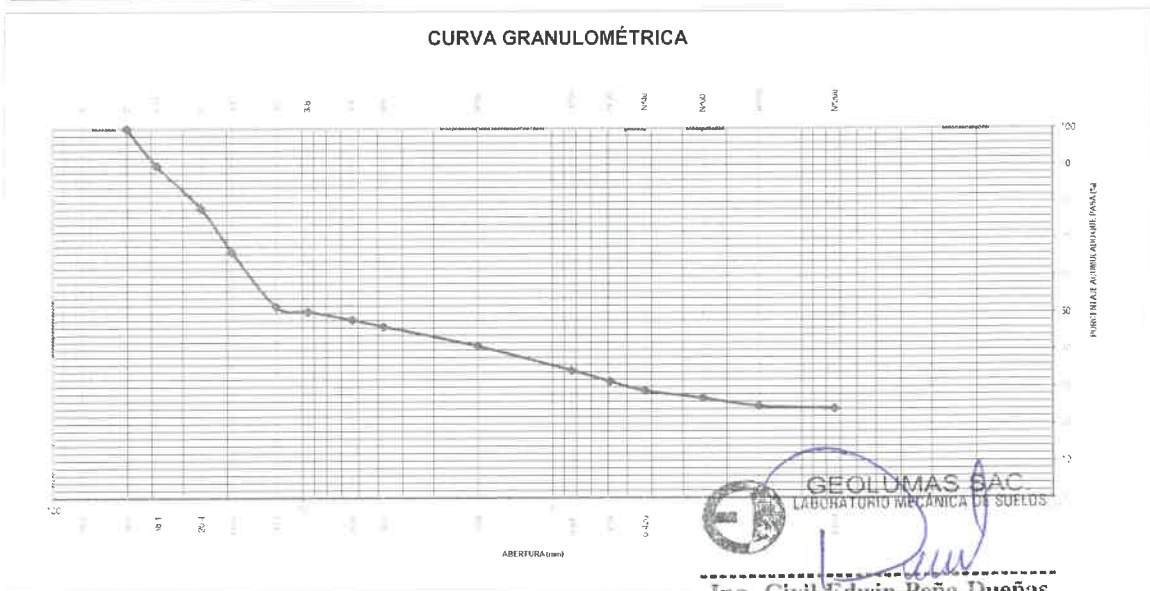
Tamiz	Abertura (mm)	Parcial (%)	Acumulado (%)	
			Rete	Pasa
3"	76.200	-	-	-
2"	50.300	-	-	100.0
1 1/2"	38.100	10.1	10.1	89.9
1"	25.400	11.5	21.5	78.5
3/4"	19.050	12.0	33.5	66.5
1/2"	12.700	14.8	48.3	51.7
3/8"	9.525	1.3	49.5	50.5
1/4"	6.350	2.3	51.8	48.2
Nº4	4.760	1.8	53.6	46.4
Nº10	2.000	5.4	59.0	41.0
Nº20	0.840	6.5	65.5	34.5
Nº30	0.590	3.0	68.5	31.5
Nº40	0.426	2.5	71.1	28.9
Nº60	0.250	2.0	73.1	26.9
Nº100	0.149	2.2	75.3	24.7
Nº200	0.074	0.7	76.0	24.0
- Nº200		24.0		

% grava	:	53.6
% arena	:	22.3
% finos	:	24.0

LIMITES DE CONSISTENCIA ASTM D4318		
LIMITE LIQUIDO (%)	:	NP
LIMITE PLASTICO (%)	:	NP
INDICE PLASTICO (%)	:	0.00

Clasificación SUCS ASTM D-2487 : **GM**  
Clasificación AASTHO ASTM D-3282 : **A-2-4(0)**  
Contenido de Humedad ASTM D-2216 : **5.7%**

**CURVA GRANULOMÉTRICA**





**PERFIL ESTRATIGRAFICO**

PROYECTO: **INFLUENCIA DE LOS MUROS DE GAVIONES O MUROS DE CONCRETO EN LAS DEFENSAS RIBEREÑAS DEL RIO CUNAS CHUPACA, 2020**

UBICACIÓN: **DEFENSAS RIBEREÑAS DEL RIO CUNAS**

FECHA : MARZO DEL 2020

SOLICITANTE: BACHILLER: TITO RAMOS PARIONA

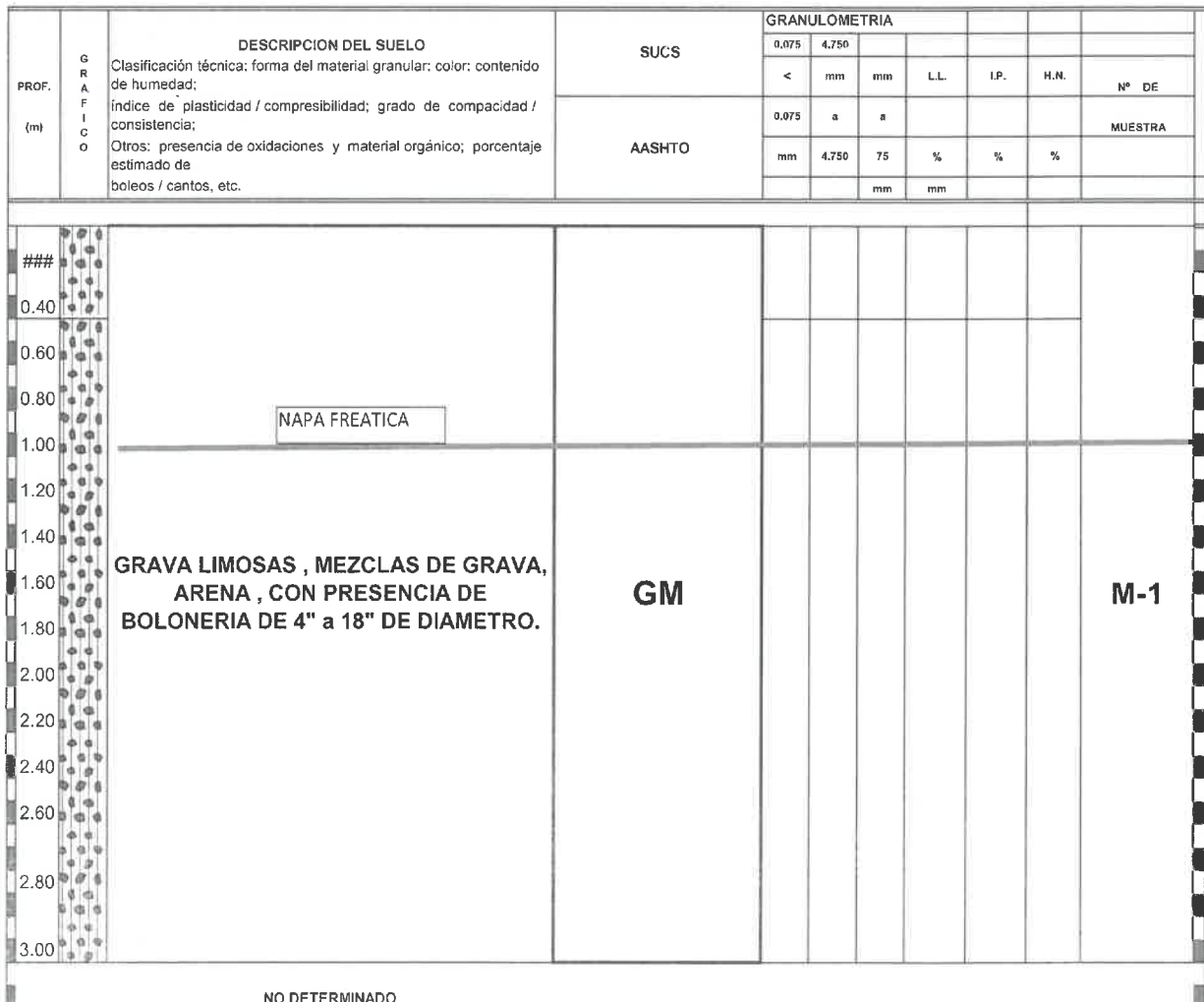
PROFUNDIDAD TOTAL (m) : 3.00 mts

MUESTRA: **M-1**

PROF. NIVEL FREÁTICO (m) : 1.00 mts

CALICATA : **C-6, PROG. 2+750, MARGEN DERECHA**

PROGRESIVA: **PROG. 2+750, MARGEN DERECHA**



NO DETERMINADO

OBSERVACIONES



**ing. Civil Edwin Peña Dueñas**  
ASESOR TÉCNICO GIP 145416  
ESPECIALISTA EN MECÁNICA DE SUELOS,  
CONCRETO, GEOTECNIA Y GEOLOGIA





SOLICITANTE : **BACHILLER: TITO RAMOS PARIONA**

PROYECTO : **INFLUENCIA DE LOS MUROS DE GAVIONES O MUROS DE CONCRETO EN LAS DEFENSAS RIBEREÑAS DEL RIO CUNAS CHUPACA, 2020**

UBICACIÓN : **DEFENSAS RIBEREÑAS DEL RIO CUNAS**

FECHA : **MARZO DEL 2020**

**REPORTE DE ENSAYOS DE LABORATORIO**

Calicata : **C-7, PROG. 3+250, MARGEN DERECHA**

Muestra : **M-1**

PROG : **PROG. 3+250, MARGEN DERECHA**

Prof. (m) : **3.00 mts**

**ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO - ASTM D-422**

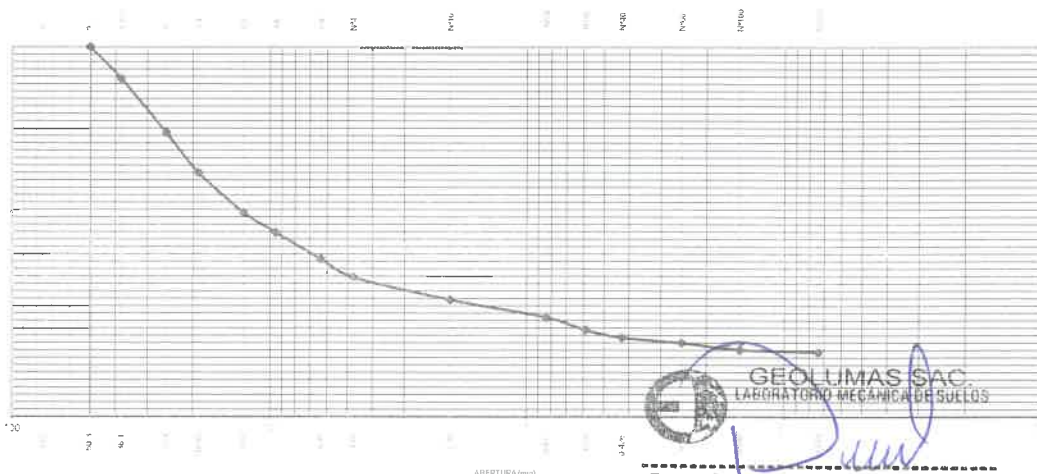
Tamiz	Abertura (mm)	Parcial (%)	Acumulado (%)	
			Rete	Pasa
3"	76.200	-	-	
2"	50.300	-	-	100.0
1 1/2"	38.100	8.6	8.6	91.4
1"	25.400	14.7	23.2	76.8
3/4"	19.050	10.7	34.0	66.0
1/2"	12.700	10.8	44.8	55.2
3/8"	9.525	5.4	50.2	49.8
1/4"	6.350	7.3	57.4	42.6
Nº4	4.760	4.9	62.3	37.7
Nº10	2.000	6.1	68.4	31.6
Nº20	0.840	4.8	73.2	26.8
Nº30	0.590	3.4	76.6	23.4
Nº40	0.426	2.0	78.6	21.4
Nº60	0.250	1.4	80.0	20.0
Nº100	0.149	1.9	81.9	18.1
Nº200	0.074	0.6	82.5	17.5
- Nº200		6.5		

% grava	: 62.3
% arena	: 20.2
% finos	: 17.5

LIMITES DE CONSISTENCIA ASTM D4318	
LIMITE LIQUIDO (%)	: NP
LIMITE PLÁSTICO (%)	: NP
INDICE PLÁSTICO (%)	: 0.00

Clasificación SUCS ASTM D-2487 : **GM**  
Clasificación AASTHO ASTM D-3282 : **A-2-4(0)**  
Contenido de Humedad ASTM D-2216 : **6.0%**

**CURVA GRANULOMÉTRICA**



**GEOLUMAS SAC**  
LABORATORIO MECÁNICA DE SUELOS  
**Ing. Civil Edwin Peña Dueñas**  
ASESOR TÉCNICO, CIP 145416  
ESPECIALISTA EN MECÁNICA DE SUELOS,  
CONCRETO, GEOTECNIA Y GEOLOGÍA



**PERFIL ESTRATIGRAFICO**

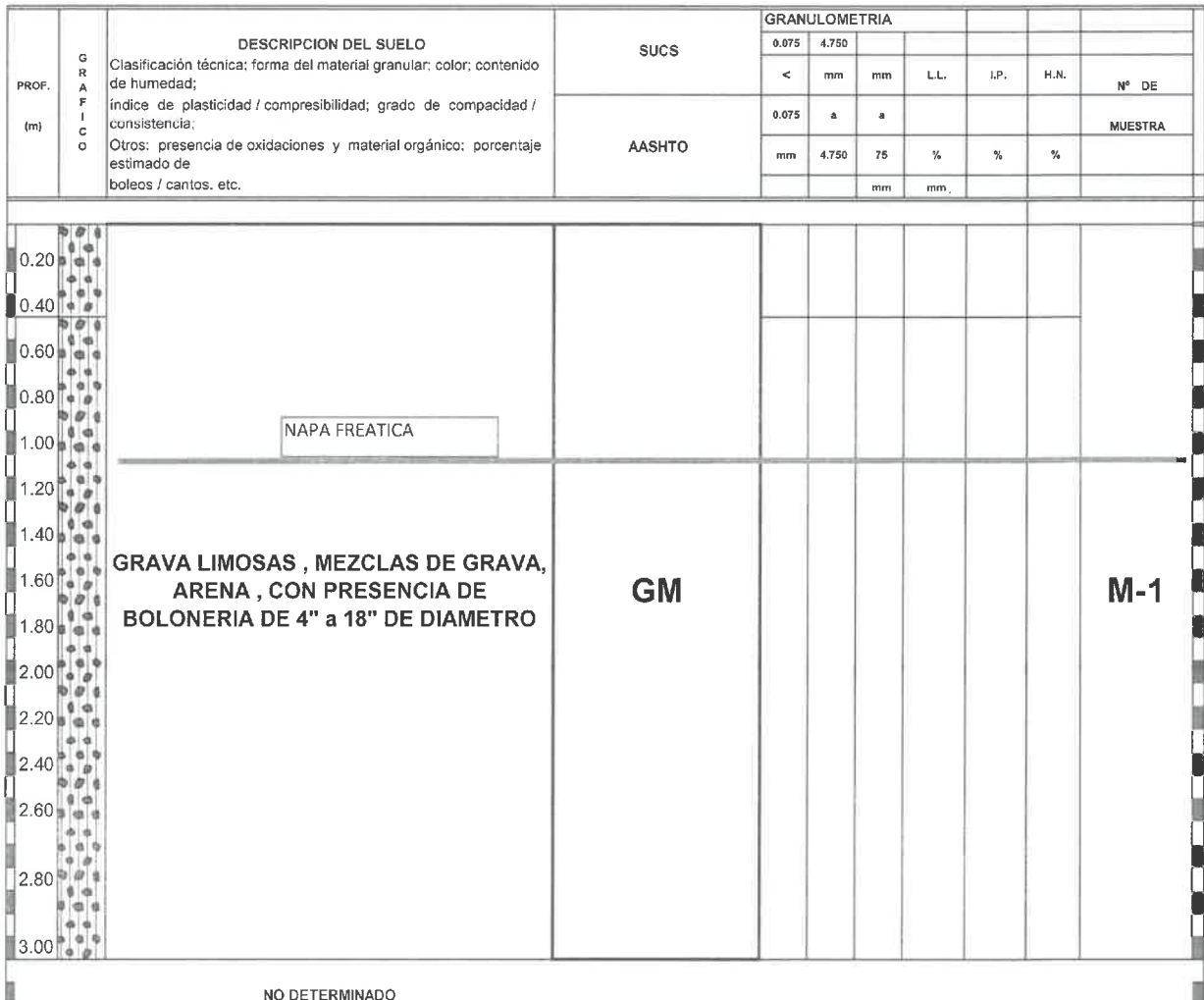
PROYECTO: **INFLUENCIA DE LOS MUROS DE GAVIONES O MUROS DE CONCRETO EN LAS DEFENSAS RIBEREÑAS DEL RIO CUNAS CHUPACA, 2020**

UBICACIÓN: **DEFENSAS RIBEREÑAS DEL RIO CUNAS**

FECHA : MARZO DEL 2020  
SOLICITANTE: BACHILLER: TITO RAMOS PARIONA  
MUESTRA: **M-1**

FECHA DE EXCAVACIÓN : MARZO DEL 2020  
PROFUNDIDAD TOTAL (m) : 3.00 mts  
PROF. NIVEL FREÁTICO (m) : 1.10 mts

CALICATA : **C-7, PROG. 3+250, MARGEN DERECHA**  
PROGRESIVA: **PROG. 3+250, MARGEN DERECHA**



OBSERVACIONES

 **GEOLUMAS SAC.**  
LABORATORIO MECÁNICA DE SUELOS

*Edwin Peña Dueñas*  
**Ing. Civil Edwin Peña Dueñas**  
ASESOR TÉCNICO, CIP 145416  
ESPECIALISTA EN MECÁNICA DE SUELOS,  
CONCRETO, GEOTECNIA Y GEOLOGÍA

# **ESTUDIO DE MECÁNICA DE SUELOS CON FINES DE CIMENTACIÓN**

**TESIS:**

**“INFLUENCIA DE LOS MUROS DE GAVIONES O  
MUROS DE CONCRETO EN LAS DEFENSAS  
RIBEREÑAS DEL RIO CUNAS CHUPACA, 2020”**

## **ALBUM FOTOGRAFICO**

**SOLICITANTE:**

**BACHILLER: TITO RAMOS PARIONA**

**MARZO DEL 2020**



FOTO. 01.- EXCAVACION DE CALICATA. C-1. PROG, O+ 250. INFLUENCIA DE LOS MUROS DE GAVIONES O MUROS DE CONCRETO EN LAS DEFENSAS RIBEREÑAS DEL RIO CUNAS CHUPACA, 2020



FOTO. 02.- PERFIL ESTRATIGRAFICO DE LA CALICATA . C- 1 PROG, O + 250 . INFLUENCIA DE LOS MUROS DE GAVIONES O MUROS DE CONCRETO EN LAS DEFENSAS RIBEREÑAS DEL RIO CUNAS CHUPACA, 2020

**GEOLUMAS SAC.**  
LABORATORIO MECANICA DE SUELOS  
**Ing. Civil Edwin Peña Dueñas**  
ASESOR TÉCNICO CIP 145416  
ESPECIALISTA EN MECÁNICA DE SUELOS,  
CONCRETO, GEOTECNIA Y GEOLOGÍA



FOTO.03.- PERFIL ESTRATIGRAFICO DE C-1 PROG,  
0 + 250. INFLUENCIA DE LOS MUROS DE GAVIONES O MUROS DE  
CONCRETO EN LAS DEFENSAS RIBEREÑAS DEL RIO CUNAS CHUPACA,



FOTO.04.- PROFUNDIDAD DE EXCAVACION. DE C-1  
PROG, 0 +250. INFLUENCIA DE LOS MUROS DE GAVIONES O  
MUROS DE CONCRETO EN LAS DEFENSAS RIBEREÑAS DEL  
RIO CUNAS CHUPACA, 2020

 **GEOLUMAS SAC.**  
LABORATORIO MECÁNICA DE SUELOS  
  
Ing. Civil Edwin Peña Dueñas  
ASESOR TÉCNICO CIP 145416  
ESPECIALISTA EN MECÁNICA DE SUELOS,  
CONCRETO, GEOTECNIA Y GEOLOGÍA



FOTO. 05- EXCAVACION DE CALICATA. C- 2 PROG, 0+ 750 . INFLUENCIA DE LOS MUROS DE GAVIONES O MUROS DE CONCRETO EN LAS DEFENSAS RIBEREÑAS DEL RIO CUNAS CHUPACA, 2020



FOTO. 06.- PERFIL ESTRATIGRAFICO DE CALICATA. C-2 PROG, 0+ 750 . INFLUENCIA DE LOS MUROS DE GAVIONES O MUROS DE CONCRETO EN LAS DEFENSAS RIBEREÑAS DEL RIO CUNAS CHUPACA, 2020


 **GEOLUMAS SAC.**  
LABORATORIO MECÁNICA DE SUELOS  
  
**Ing. Civil Edwin Peña Dueñas**  
ASESOR TÉCNICO CIP 145416  
ESPECIALISTA EN MECÁNICA DE SUELOS,  
CONCRETO, GEOTECNIA Y GEOLOGÍA



FOTO. 07.- PROFUNDIDAD DE EXCAVACION, C-2, PROG 0 +750 .  
INFLUENCIA DE LOS MUROS DE GAVIONES O MUROS DE CONCRETO EN LAS DEFENSAS RIBEREÑAS DEL RIO CUNAS CHUPACA, 2020



FOTO. 08.- EXCAVACION DE LA CALICATA. C-3, PROG 1 + 250 . INFLUENCIA DE LOS MUROS DE GAVIONES O MUROS DE CONCRETO EN LAS DEFENSAS RIBEREÑAS DEL RIO CUNAS CHUPACA, 2020



FOTO. 09.-PERFIL ESTRATIGRAFICO DE CALICATA .C- 3 PROG, 1 + 250.  
INFLUENCIA DE LOS MUROS DE GAVIONES O MUROS DE CONCRETO EN LAS  
DEFENSAS RIBEREÑAS DEL RIO CUNAS CHUPACA, 2020



FOTO. 10.- PROFUNDIDAD DE EXCAVACION.  
C-3 PROG, 1+ 250 . INFLUENCIA DE LOS MUROS DE  
GAVIONES O MUROS DE CONCRETO EN LAS DEFENSAS  
RIBEREÑAS DEL RIO CUNAS CHUPACA, 2020



**Ing. Civil Edwin Peña Dueñas**  
ASESOR TÉCNICO CIP 145416  
ESPECIALISTA EN MECÁNICA DE SUELOS,  
CONCRETO, GEOTECNIA Y GEOLOGIA





" FOTO. 11.-EXCAVACION DE LA CALICATA. C-4, PROG, 1 + 750. INFLUENCIA DE LOS MUROS DE GAVIONES O MUROS DE CONCRETO EN LAS DEFENSAS RIBEREÑAS DEL RIO CUNAS CHUPACA, 2020



FOTO. 12.-PERFIL ESTRATIGRAFICO DE CALICATA. C-4 PROG, 1+750 . INFLUENCIA DE LOS MUROS DE GAVIONES O MUROS DE CONCRETO EN LAS DEFENSAS RIBEREÑAS DEL RIO CUNAS CHUPACA, 2020



**Ing. Civil Edwin Peña Dueñas**  
ASESOR TÉCNICO. CIP 145416  
ESPECIALISTA EN MECÁNICA DE SUELOS,  
CONCRETO, GEOTECNIA Y GEOLOGÍA



FOTO. 13.- PROFUNDIDAD DE EXCAVACION. C-4, PROG, 1+750 .  
INFLUENCIA DE LOS MUROS DE GAVIONES O MUROS DE  
CONCRETO EN LAS DEFENSAS RIBEREÑAS DEL RIO CUNAS  
CHUPACA, 2020



FOTO. 14.-EXCAVACION DE LA CALICATA. C-5 – PROG,  
2 + 250 . INFLUENCIA DE LOS MUROS DE GAVIONES O MUROS DE  
CONCRETO EN LAS DEFENSAS RIBEREÑAS DEL RIO CUNAS  
CHUPACA, 2020



**Ing. Civil Edwin Peña Dueñas**  
ASESOR TÉCNICO CIP 145416  
ESPECIALISTA EN MECÁNICA DE SUELOS,  
CONCRETO, GEOTECNIA Y GEOLOGÍA



FOTO. 15.-PERFIL ESTRATIGRAFICO DE LA CALICATA. C- 5, PROG, 2+250, . INFLUENCIA DE LOS MUROS DE GAVIONES O MUROS DE CONCRETO EN LAS DEFENSAS RIBEREÑAS DEL RIO CUNAS CHUPACA, 2020



FOTO. 16.-PROFUNDIDAD DE EXCAVACION C- 5 PROG, 2+250, INFLUENCIA DE LOS MUROS DE GAVIONES O MUROS DE CONCRETO EN LAS DEFENSAS RIBEREÑAS DEL RIO CUNAS CHUPACA, 2020


 **GEOLUMAS SAC.**  
LABORATORIO MECÁNICA DE SUELOS  
  
**Ing. Civil Edwin Peña Dueñas**  
ASESOR TÉCNICO CIP 145416  
ESPECIALISTA EN MECÁNICA DE SUELOS,  
CONCRETO, GEOTECNIA Y GEOLOGÍA



" FOTO. 17.-EXCAVACION DE LA CALICATA C-6 – PROG, 2+750, .  
INFLUENCIA DE LOS MUROS DE GAVIONES O MUROS DE CONCRETO  
EN LAS DEFENSAS RIBEREÑAS DEL RIO CUNAS CHUPACA, 2020



FOTO. 18.-PERFIL ESTRATIGRAFICO DE LA CALICATA. C- 6  
PROG, 2+750 . INFLUENCIA DE LOS MUROS DE GAVIONES O  
MUROS DE CONCRETO EN LAS DEFENSAS RIBEREÑAS DEL RIO  
CUNAS CHUPACA, 2020

 **GEOLUMAS SAC.**  
LABORATORIO MECÁNICA DE SUELOS  
  
**Ing. Civil Edwin Peña Dueñas**  
ASESOR TÉCNICO CIP 145416  
ESPECIALISTA EN MECÁNICA DE SUELOS,  
CONCRETO, GEOTECNIA Y GEOLOGÍA



" FOTO. 19.-PROFUNDIDAD DE CALICATA, C-6 , PROG, 2+750 , .  
INFLUENCIA DE LOS MUROS DE GAVIONES O MUROS DE CONCRETO  
EN LAS DEFENSAS RIBEREÑAS DEL RIO CUNAS CHUPACA, 2020



FOTO 20.-EXCAVACION DE CALICATA. C- 7, PROG, 3+250 .  
INFLUENCIA DE LOS MUROS DE GAVIONES O MUROS DE  
CONCRETO EN LAS DEFENSAS RIBEREÑAS DEL RIO CUNAS  
CHUPACA, 2020

 **GEOLUMAS SAC.**  
LABORATORIO MECÁNICA DE SUELOS  
  
Ing. Civil **Edwin Peña Dueñas**  
ASESOR TÉCNICO, CIP 145416  
ESPECIALISTA EN MECÁNICA DE SUELOS,  
CONCRETO, GEOTECNIA Y GEOLOGÍA



FOTO- 22.- PERFIL ESTRATIGRAFICO DE CALICATA. C-7, PROG, 3 + 250  
. INFLUENCIA DE LOS MUROS DE GAVIONES O MUROS DE CONCRETO EN  
LAS DEFENSAS RIBEREÑAS DEL RIO CUNAS CHUPACA, 2020



FOTO- 22.- PROFUNDIDAD DE CALICATA, C-7, PROG, 3 + 250  
. INFLUENCIA DE LOS MUROS DE GAVIONES O MUROS DE  
CONCRETO EN LAS DEFENSAS RIBEREÑAS DEL RIO CUNAS  
CHUPACA, 2020



Ing. Civil Edwin Peña Dueñas  
ASESOR TÉCNICO CIP 145416  
ESPECIALISTA EN MECÁNICA DE SUELOS,  
CONCRETO, GEOTECNIA Y GEOLOGÍA

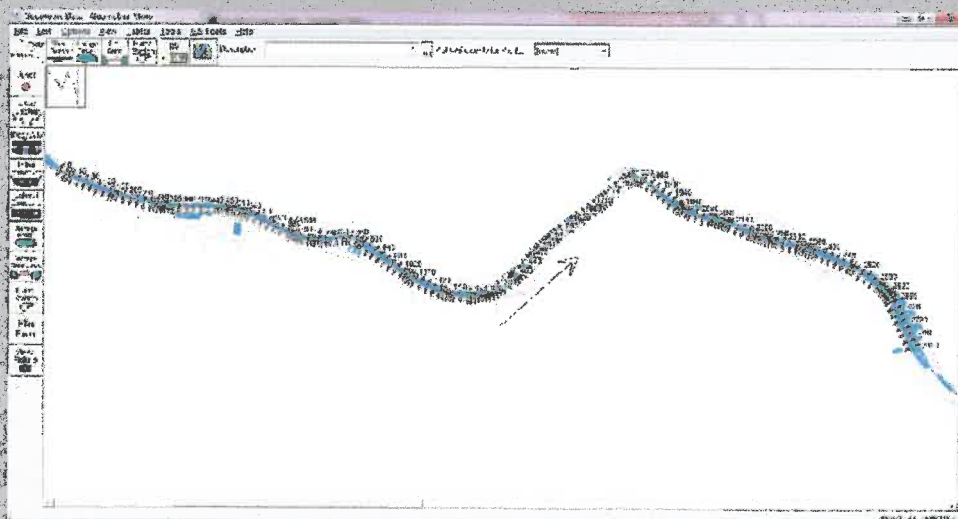
# ESTUDIO DE HIDROLOGIA E HIDRAULICA

## PROYECTO DE TESIS

INFLUENCIA DE LOS MUROS DE GAVIONES O MUROS DE  
CONCRETO EN LAS DEFENSAS RIBEREÑAS DEL RIO CUNAS  
CHUPACA, 2020.



2020



SOLICITANTE: BACH. TITO RAMOS PARIONA  
ESTUDIO DE HIDROLOGIA  
MARZO - 2020





## INDICE GENERAL

<b>1. ESTUDIO DE HIDROLOGIA.....</b>	<b>6</b>
1.1. GENERALIDADES.....	<b>6</b>
1.1.1. Introducción.....	6
1.1.2. Objetivos.....	6
1.1.3. Información Hidrometeorológica y Cartográfica en el estudio.....	6
1.1.4. Reconocimiento de Campo.....	8
1.2. ANALISIS DE CUENCA.....	<b>9</b>
1.2.1. Introducción.....	9
1.2.2. Características topográficas de la Subcuenca.....	10
1.2.3. Curva hipsométrica.....	11
1.2.4. Índice de Compacidad o Índice de Gravelius.....	13
1.2.5. Factor de Forma.....	13
1.2.6. Rectángulo Equivalente.....	13
1.2.7. Sistema de Drenaje.....	14
1.3. ANALISIS HIDROLOGICO.....	<b>16</b>
1.3.1. Introducción.....	16
1.3.2. Tiempo de Concentración.....	16
1.3.3. Análisis de la Precipitación Máxima Horaria.....	16
1.3.3.1. Prueba de Datos Dudosos.....	18
1.3.3.2. Análisis de Frecuencia de la Precipitación Máxima en 24 Horas.....	19
1.3.3.3. Prueba de Bondad de Ajuste.....	24
1.3.4. Determinación de la tormenta de Diseño.....	25
1.3.5. Características Previas de Diseño.....	32
1.3.5.1. Cálculo del Número de Curva.....	32
1.3.6. Cálculo de la Abstracción Inicial.....	33
1.3.7. Cálculo de la Pendiente del Cauce.....	34
1.3.8. Selección de la Metodología de Diseño.....	34
1.3.9. Esquema General Modelamiento HEC-HMS.....	34
1.3.10. Evaluación del Caudal de Diseño.....	36
1.4. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	<b>36</b>
<b>2. ESTUDIO HIDRAULICO.....</b>	<b>38</b>
2.1. Generalidades.....	<b>38</b>
2.2. Objetivos.....	<b>38</b>
2.3. Caudales de Diseño.....	<b>38</b>
2.4. Simulación Hidráulica.....	<b>39</b>
2.5. Cálculo de Socavación.....	







---

2.6. Determinación de Altura de Muro de Defensa Ribereña .....	54
2.7. Conclusiones y Recomendaciones.....	59
<b>Anexos .....</b>	<b>61</b>
A. Información Pluviométrica.....	61
B. Análisis Estadístico de Precipitaciones.....	61
C. Secciones del Modelamiento Hidráulico sin Muro .....	61
D. Resultados del Modelamiento Hidráulico sin Muro.....	61
E. Secciones del Modelamiento Hidráulico con muros de Gavión.....	61
F. Resultados del Modelamiento Hidráulico con muros de Gavión .....	61
G. Mapas de la Cuenca del río Cunas.....	61





## INDICE DE CUADROS

Cuadro 1-1: Precipitaciones máximas en 24 Horas (mm).....	8
Cuadro 1-2: Características topográficas de la Subcuenca del Rio Cunas.....	10
Cuadro 1-3: Datos curva de Frecuencia rio Cunas.....	11
Cuadro 1-4: Resumen de orden de ríos.....	15
Cuadro 1-5: Resumen parámetros geomorfológicos.....	15
Cuadro 1-6: Tiempo de Concentración.....	16
Cuadro 1-7: Relación de precipitación Máxima verdadera y Precipitación en intervalos fijos.....	17
Cuadro 1-8: Precipitación Máxima corregida.....	17
Cuadro 1-9: Valores Kn para prueba de Datos Dudosos.....	18
Cuadro 1-10: Método del Water Resources Council.....	18
Cuadro 1-11: Resultados del Análisis de Frecuencia.....	23
Cuadro 1-12: Prueba de Kolmogorov Smimov.....	24
Cuadro 1-13: Lluvias Máximas (mm) - Estación Huayao.....	27
Cuadro 1-14: Intensidades Máximas (mm/hr) - Estación Huayao.....	27
Cuadro 1-15: Resultados del Análisis de Regresión.....	28
Cuadro 1-16: Intensidades Máximas - Estación Huayao.....	28
Cuadro 1-17: Hietogramas - Intensidades.....	30
Cuadro 1-18: Hietogramas - Precipitaciones.....	31
Cuadro 1-19: Curva Número.....	32
Cuadro 1-20: Abstracciones Iniciales.....	33
Cuadro 1-21: Resultados de caudales máximos según periodo de retorno.....	36
Cuadro 2-1: Resumen de caudales de diseño en m <sup>3</sup> /s.....	38
Cuadro 2-2: Resultados HEC-RAS para un periodo de retorno de 500 años.....	49
Cuadro 2-3: Resultados de cálculo de socavación.....	50
Cuadro 2-3: Determinación de Altura de Muro de defensa Ribereña.....	55

## INDICE DE FIGURAS

Figura 1-1: Cuadrángulo de la Subcuenca del rio Cunas.....	7
Figura 1-1: Imagen de la estación Huayao - Ref. Senamhi.....	7
Figura 1-3: Google Earth - Vista de la Subcuenca del río Cunas.....	9
Figura 1-4: Reclasificación del DEM para la obtención de áreas en las diferentes alturas - ArcGis.....	10
Figura 1-5: Curva Hipsométrica y Frecuencia de Altitudes subcuenca rio Cunas.....	12
Figura 1-6: Curva Hipsométrica y altitud media subcuenca rio Cunas.....	12
Figura 1-7: Rectángulo equivalente subcuenca rio Cunas.....	14
Figura 1-8: Orden de la red de drenaje.....	14
Figura 1-5: Histograma de precipitaciones máximas en 24 horas corregidas.....	18
Figura 1-7: Precipitaciones máximas vs periodo de retorno.....	25





Figura 1-7: Curva Intensidad - Duración - Frecuencia - Estación Huayao .....	29
Figura 1-12: Modelamiento HEC-HMS cuenca río Cunas Chupaca .....	35
Figura 1-13: Resultados para un periodo de retorno de 100 años - HEC-HMS .....	35
Figura 1-14: Resultados para un periodo de retorno de 500 años - HEC-HMS .....	35
Figura 1-15: Caudales máximos VS Tiempo de retorno .....	36
Figura 2-1: Caudales VS periodos de retorno .....	39
Figura 2-2: Puente Peatonal Muqui e inicio de tramo para muros engavionados.....	40
Figura 2-3: Sección aguas abajo del puente Muqui, se puede observar viviendas aledañas al cauce del río que sufren inundaciones en épocas de avenidas .....	41
Figura 2-4: Viviendas en peligro de inundación .....	41
Figura 2-5: Aguas Abajo del Puente Vehicular Eternidad .....	42
Figura 2-1: Planta General río Cunas - HEC-RAS sin Muro .....	42
<i>Figura 2-3: Sección Transversal con Inundación Margen Izquierda del Río Cunas.....</i>	<i>43</i>
Figura 2-4: Resultados de la Simulación HEC-RAS: sin muro para $Tr = 100$ años .....	43
Figura 2-4: Planta General río Cunas - HEC-RAS con Muro .....	44
Figura 2-5: Sección Típica con muros de gavión - río Cunas.....	44
Figura 2-2: Simulación Hidráulica, Vista 3D - HEC-RAS .....	45
Figura 2-5: Secciones transversales con muros de gavión HEC-RAS.....	45
Figura 2-7: Perfil Longitudinal - HEC-RAS.....	46
Figura 2-8: Resultados de la Simulación HEC-RAS: con muro para $Tr = 100$ años.....	46

+





## 1. ESTUDIO DE HIDROLOGIA

### 1.1. GENERALIDADES

#### 1.1.1. Introducción

En general el objetivo del estudio es la elaboración del Estudio para el Proyecto de Tesis denominado: "INFLUENCIA DE LOS MUROS DE GAVIONES O MUROS DE CONCRETO EN LAS DEFENSAS RIBEREÑAS DEL RIO CUNAS CHUPACA, 2020".

El Estudio Hidrológico comprende el análisis de la cuenca del río Cunas, orientándose a determinar el caudal en régimen natural de la máxima crecida extraordinaria (NAME) para diferentes periodos de retomo (50, 100, 200 y 500 años) a partir de un modelo hidrológico determinístico HEC-1 en su transformación precipitación escorrentía, que en función a sus características morfológicas, usos de suelo y otros factores, permite obtener los caudales de dichas avenidas optando por emplear el programa de cómputo HEC-HMS.

El punto de aforo se ubica a la altura de la caseta de bombeo ubicada aproximadamente 300 m aguas abajo del puente vehicular la Eternidad, para determinar el tránsito hidráulico y la determinación final de las características hidráulicas y su correspondiente dimensionamiento óptimo de los muros de protección que se instalarán en ambas márgenes del río Cunas en una longitud aproximada de 2.80 Km, que comprende el tramo desde el puente peatonal Muqui hasta la altura de la caseta de bombeo de desagüe ubicada aproximadamente 300 m aguas abajo del puente la Eternidad.

Para efectos máximos (caudales máximos), se tomaron en consideración datos de precipitaciones de la estación Huayao ubicado dentro de la subcuenca del río Cunas.

Por lo tanto el estudio hidrológico concluye obteniendo los caudales de máximas avenidas para los diferentes periodos de retomo mencionados en el punto de aforo.

#### 1.1.2. Objetivos

El objetivo principal del presente estudio, es determinar las avenidas máximas para los periodos de retomo de 50, 100, 200 y 500 años, analizando la sub cuenca del río Cunas.

El modelo que se emplea, es el determinístico HEC-1, en la transformación precipitación – escorrentía, previamente habiéndose realizado el proceso de identificación, ubicación determinación de las características físicas, morfológicas de la sub cuenca en estudio.

#### 1.1.3. Información Hidrometeorológica y Cartográfica en el estudio

##### > Cartografía

Para efectos de identificación del área de estudio fue necesario utilizar las cartas nacionales digitales a escala 1:100 000, 1:25 000, así mismo vistas satelitales y el uso de programas tales como ArcGis, Google Earth, AutoCAD Civil 3D 2020, entre otros.





La Subcuenca del río Cunas se encuentra en los cuadrantes 24l, 24m, 25l y 25m.

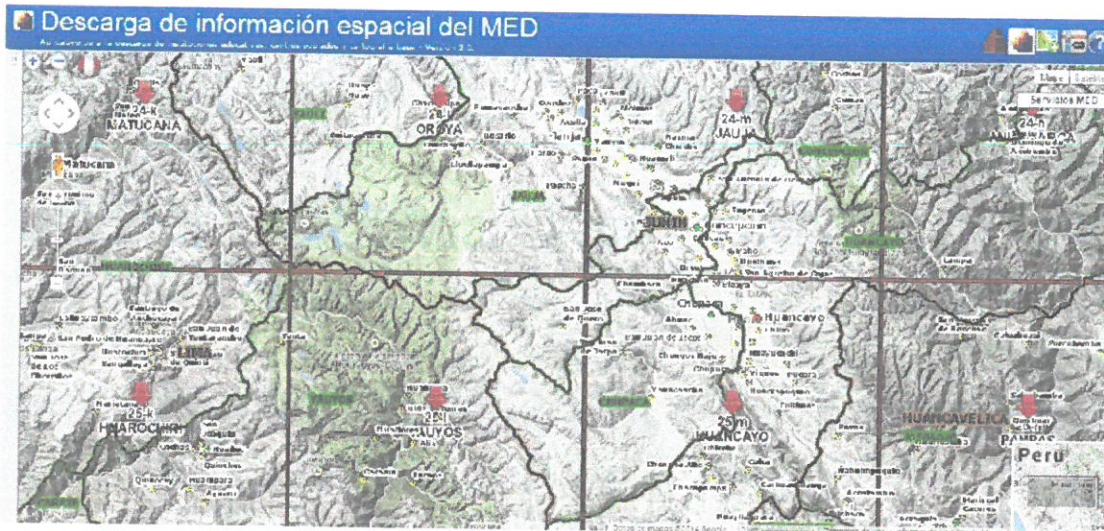


Figura 1-1: Cuadrángulo de la Subcuenca del río Cunas

### ➤ Precipitación

En el tramo en estudio no existen estaciones de aforo que permitan estimar directamente los caudales, estas serán calculadas en base a la información de lluvias máximas registradas en las estaciones ubicadas en el ámbito de la zona de estudio.

Según Senamhi – Junín, la estación más cercana a la Subcuenca del río Cunas, es la estación meteorológica Huayao, ubicado a 3360 msnm, en el distrito de Huachac, Provincia de Chupaca – Junín.

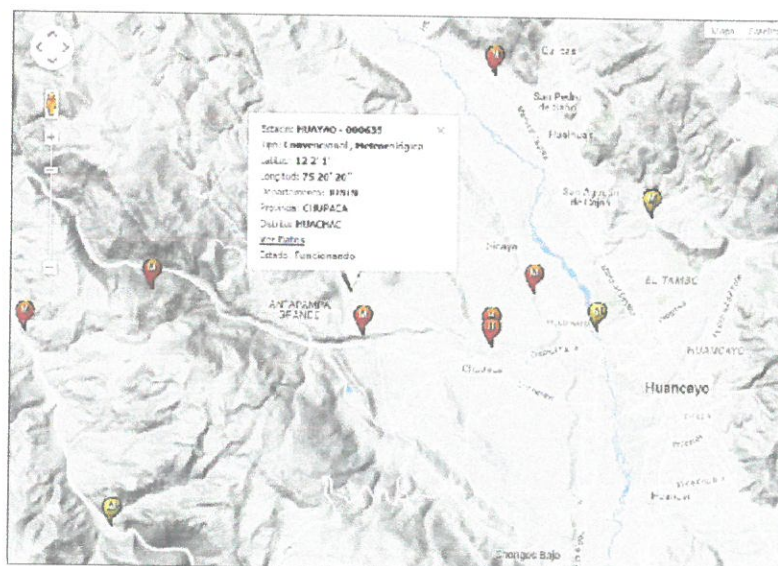


Figura 1-2: Imagen de la estación Huayao – Ref. Senamhi



Cuadro 1-1: Precipitaciones máximas en 24 Horas (mm)

**PRECIPITACION MAXIMA EN 24 HORAS (mm)**

ESTACION: CPHuayao

LATITUD: 12° 02' 18.1" S

Dpto. Junin

ESTADO: Funcionando

LONGITUD: 75° 19' 22.2" W

Prov. Chupaca

FUENTE: SENAMHI - Oficina de Estadística

ALTITUD: 3,308 mnsn

Dist. Huachac

AÑOS	EN.	FEB.	MAR.	ABR.	MAY.	JUN.	JUL.	AGOS.	SET.	OCT.	NOV.	DIC.	ANUAL
2000	121.20	198.10	137.10	90.80	28.30	1.50	1.30	16.90	16.50	58.70	61.80	111.70	843.90
2001	68.90	131.20	125.40	19.60	26.90	2.60	9.30	16.40	36.50	76.10	56.00	98.30	667.20
2002	98.50	91.90	105.20	37.70	4.60	1.30	0.00	16.30	22.80	58.80	32.30	86.00	555.40
2003	103.90	187.50	70.60	37.50	2.90	0.30	1.30	18.30	46.70	33.10	75.00	125.60	702.70
2004	153.50	126.00	61.30	81.70	1.90	3.90	0.00	35.00	33.90	93.20	56.70	79.30	726.40
2005	113.30	148.70	75.50	59.70	6.60	22.70	8.10	7.90	62.80	50.90	82.60	76.80	715.60
2006	106.90	141.70	111.60	16.10	16.30	3.80	10.00	36.40	17.60	68.80	31.70	114.80	675.70
2007	166.00	92.30	161.00	26.10	15.80	1.50	18.60	5.90	62.70	104.90	57.70	115.80	828.30
2008	95.60	149.20	115.80	28.40	12.30	4.40	31.00	11.70	66.20	71.70	93.90	133.30	813.50
2009	127.70	111.60	133.60	99.60	26.00	2.60	1.50	22.30	25.60	37.70	65.70	116.30	770.20
2010	52.10	159.60	51.10	35.90	16.60	9.00	15.00	7.30	44.60	49.50	95.90	81.40	618.00
2011	52.10	73.40	74.30	25.60	14.00	0.60	6.30	5.80	19.30	116.70	61.10	71.50	520.70
2012	158.30	73.40	80.90	19.40	2.30	5.00	31.90	7.90	52.30	50.70	51.20	86.60	619.90
2013	97.40	36.30	145.10	55.60	13.00	0.00	2.60	2.20	15.90	64.40	50.60	80.30	563.40
2014	105.10	54.20	50.70	24.50	3.80	11.80	6.40	18.90	40.10	70.10	32.30	67.90	485.80
2015	92.50	89.70	131.00	62.90	16.40	9.70	7.40	32.10	26.40	40.10	114.60	111.70	734.50
2016	173.80	86.30	108.30	40.20	1.10	6.40	4.80	1.00	5.60	48.80	25.40	96.90	598.60
2017	157.30	231.00	111.80	72.90	19.30	0.00	3.60	1.90	68.60	49.50	71.30	124.90	912.10
2018	77.60	120.70	76.80	87.70	19.30	14.30	0.40	1.10	31.00	41.30	73.60	133.10	676.90
2019	149.80	149.70	58.70	45.50	8.50	8.80	1.80	30.20	54.40	33.80	41.90	79.60	662.70

#### 1.1.4. Reconocimiento de Campo

##### Ubicación

El río Cunas se encuentra ubicado geográficamente en la sierra central del Perú, nace en la laguna Runapa – Huañunán a 5180 m.s.n.m, en su recorrido de suroeste a noreste cruza las provincias de Chupaca, Concepción y Huancayo.

La Subcuenca del río Cunas se ubica, sobre la margen derecha del río Mantaro, con una extensión de 1845 Km<sup>2</sup>, pertenece a la cuenca hidrográfica del río Mantaro y está comprendida políticamente en el departamento de Junín. El área para el estudio del proyecto es de 1714.82 Km<sup>2</sup>.

Su desembocadura se da aproximadamente a 3220 msnm, en el río Mantaro, esto es el límite de los distritos de Pilcomayo y de Huamancaca que están en las provincias de Huancayo y de Chupaca.

##### Limites

Por el norte : Limita con la provincia de Jauja.

Por el este : Limita con la provincia de Huancayo y Concepción.





Por el Sur : Limita con la provincia de Chupaca y Huancayo.

Por el Oeste : Limita con la provincia de Lima.



Figura 1-3: Google Earth - Vista de la Subcuenca del río Cunas

La Subcuenca del río Cunas, tiene un área de 1714.82 Km<sup>2</sup> y un perímetro de 227.21 Km. El recorrido más largo tiene una longitud aproximada de 100.39 Km entre las cotas 4750.31 msnm y 3215.04 msnm, la red de drenaje del cauce principal es de orden 5 con una pendiente del cauce aproximada de 1.53%.

El valor de Curva Número estimado de la Subcuenca es CN=72

En la subcuenca citada encontramos bofedales y vegetación del tipo herbazal como área predominante.

## 1.2. ANALISIS DE CUENCA

### 1.2.1. Introducción

Se lleva a cabo las características topográficas de la cuenca, previa delimitación dividiendo la cuenca adyacente para la distribución correcta del escurrimiento originado por precipitación, curvas características, cálculo de índices de forma y finalmente la equivalencia al rectángulo.



### 1.2.2. Características topográficas de la Subcuenca

Las características topográficas de la subcuenca, se resume en el cuadro que sigue en intervalos altitudinales y sus respectivas superficies.

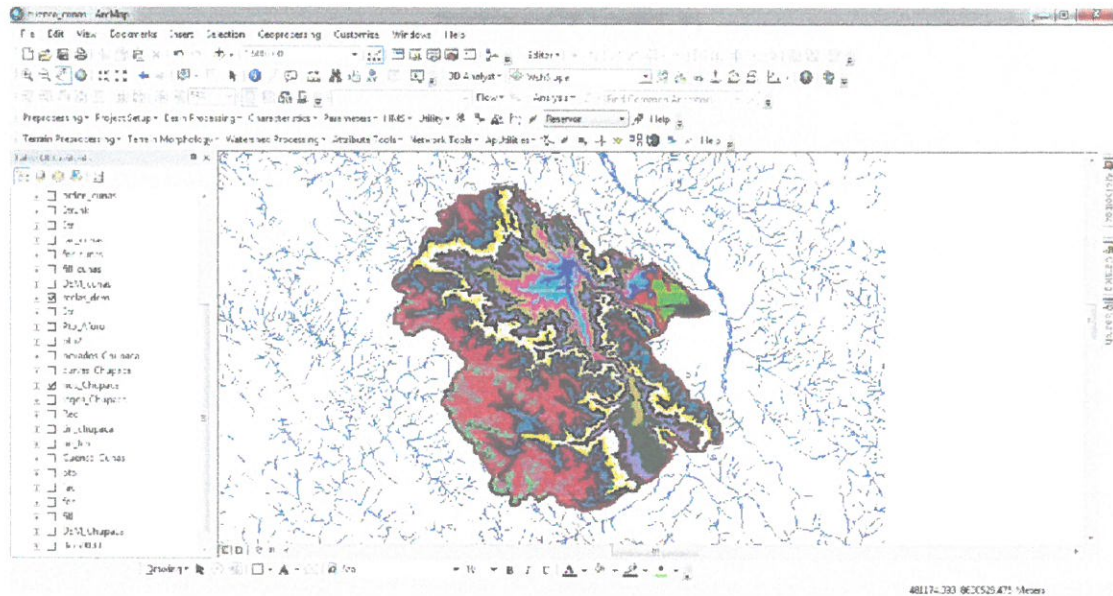


Figura 1-4: Reclasificación del DEM para la obtención de áreas en las diferentes alturas - ArcGIS

Cuadro 1-2: Características topográficas de la Subcuenca del Rio Cunas

Nº	Elevación mínima	Elevación máxima	Área m <sup>2</sup>	Área Km <sup>2</sup>
1	3214.00	3298.00	14,758,200.00	14.76
2	3298.00	3383.00	26,564,200.00	26.56
3	3383.00	3467.00	20,063,700.00	20.06
4	3467.00	3552.00	26,997,300.00	27.00
5	3552.00	3636.00	49,410,000.00	49.41
6	3636.00	3721.00	58,749,300.00	58.75
7	3721.00	3805.00	73,384,100.00	73.38
8	3805.00	3890.00	125,201,700.00	125.20
9	3890.00	3974.00	126,052,200.00	126.05
10	3974.00	4059.00	128,628,000.00	128.63
11	4059.00	4144.00	122,058,900.00	122.06
12	4144.00	4228.00	110,548,800.00	110.55
13	4228.00	4313.00	114,598,800.00	114.60
14	4313.00	4397.00	144,467,800.00	144.47
15	4397.00	4482.00	205,804,800.00	205.80
16	4482.00	4566.00	205,363,600.00	205.36
17	4566.00	4651.00	117,514,800.00	117.51
18	4651.00	4735.00	33,461,100.00	33.46
19	4735.00	4820.00	9,873,900.00	9.87
20	4820.00	4905.00	1,320,300.00	1.32
<b>TOTAL</b>			<b>1,714,821,500.00</b>	<b>1,714.82</b>





### 1.2.3. Curva hipsométrica

Las curvas hipsométricas, expresan la relación entre la altitud y la superficie de la cuenca que queda sobre esa altitud.

Para su construcción se tuvo en cuenta: los intervalos altitudinales y sus respectivas áreas siguiendo las curvas de nivel, determinación del área acumulada que queda sobre cada altitud del contorno, y finalmente el ploteo de las altitudes versus las correspondientes áreas acumuladas que quedan sobre esas altitudes.

Cuadro 1-3: Datos curva de Frecuencia rio Cunas

Altitud (msnm)	Áreas parciales (km <sup>2</sup> )	Áreas acumuladas (km <sup>2</sup> )	Áreas que quedan sobre altitudes (km <sup>2</sup> )	% Total	% Total que quedan sobre la altitud
3214.000	0.000	0.000	1714.822	0.000	100.000
3298.000	14.758	14.758	1700.063	0.861	99.139
3383.000	26.564	41.322	1673.499	1.549	97.590
3467.000	20.064	61.386	1653.435	1.170	96.420
3552.000	26.997	88.383	1626.438	1.574	94.846
3636.000	49.410	137.793	1577.028	2.881	91.965
3721.000	58.749	196.543	1518.279	3.426	88.539
3805.000	73.384	269.927	1444.895	4.279	84.259
3890.000	125.202	395.129	1319.693	7.301	76.958
3974.000	126.052	521.181	1193.641	7.351	69.607
4059.000	128.628	649.809	1065.013	7.501	62.106
4144.000	122.059	771.868	942.954	7.118	54.988
4228.000	110.549	882.416	832.405	6.447	48.542
4313.000	114.599	997.015	717.806	6.683	41.859
4397.000	144.468	1141.483	573.339	8.425	33.434
4482.000	205.805	1347.288	367.534	12.002	21.433
4566.000	205.364	1552.651	162.170	11.976	9.457
4651.000	117.515	1670.166	44.655	6.853	2.604
4735.000	33.461	1703.627	11.194	1.951	0.653
4820.000	9.874	1713.501	1.320	0.576	0.077
4905.000	1.320	1714.822	0.000	0.077	0.000
	<b>1714.822</b>			<b>100.000</b>	

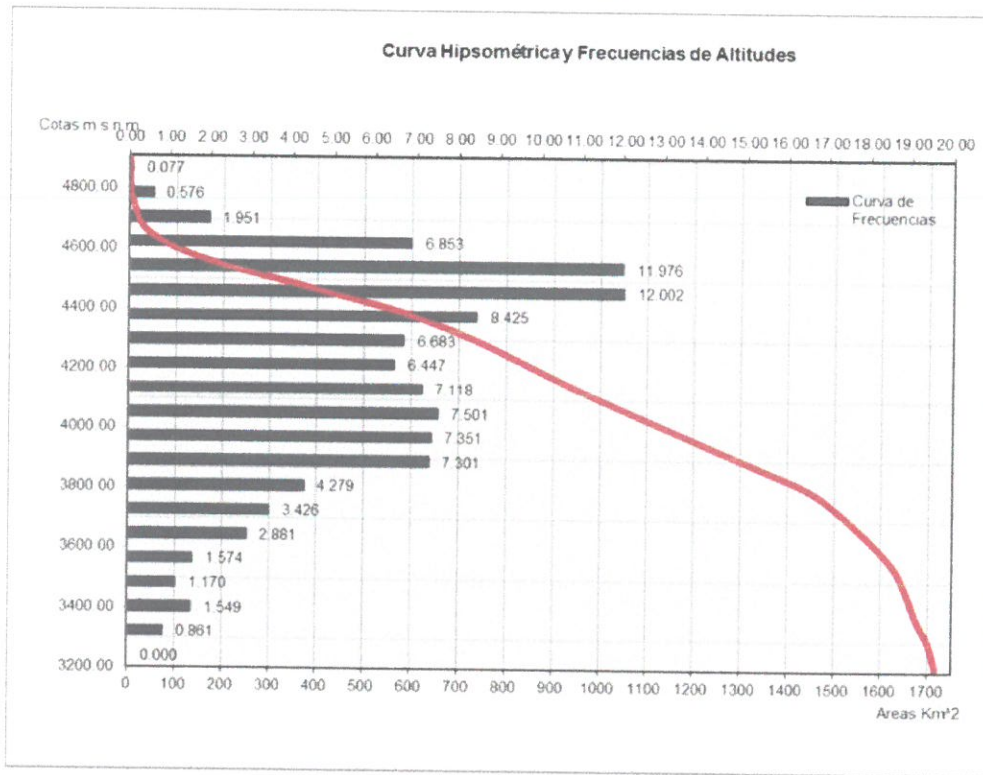


Figura 1-5: Curva Hipsométrica y Frecuencia de Altitudes subcuena rio Cunas

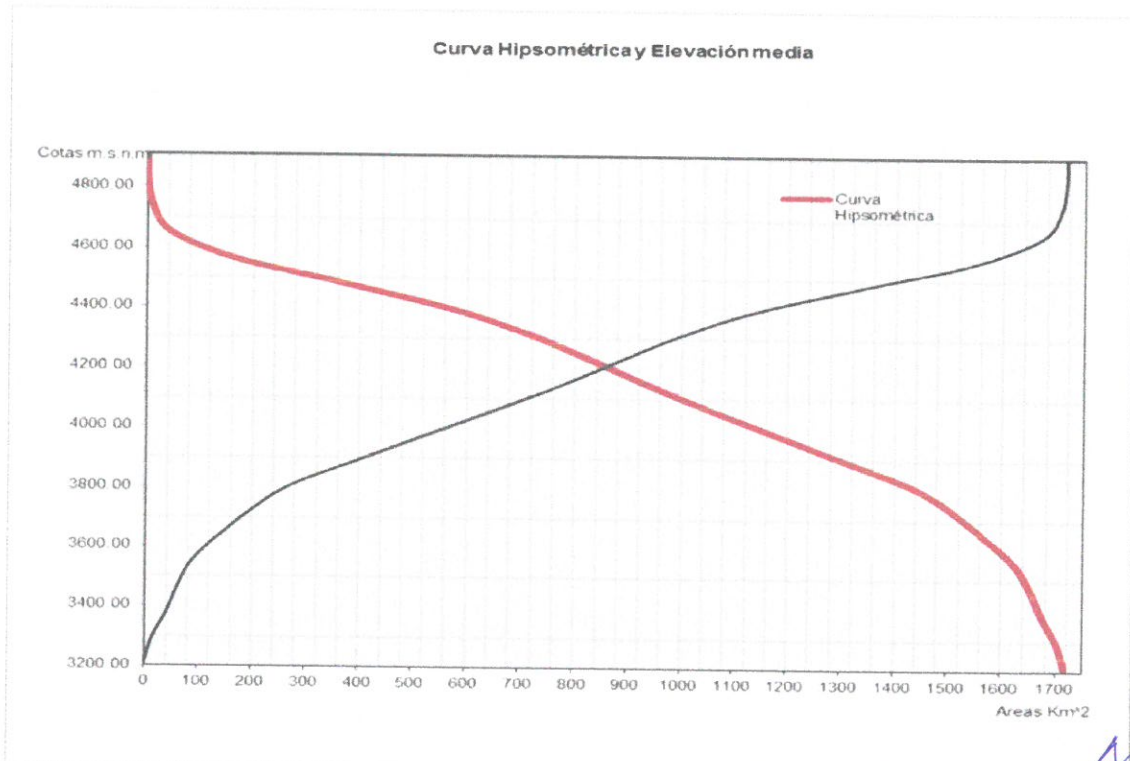



Figura 1-6: Curva Hipsométrica y altitud media subcuena rio Cunas



  
**Magno Molina Castro**  
 INGENIERO AGRÍCOLA  
 C.I.P. N° 87151



#### 1.2.4. Índice de Compacidad o Índice de Gravelius

El índice de compacidad, definida por Gravelius, el cual expresa la relación entre el perímetro de la cuenca y perímetro equivalente de una circunferencia, que tiene la misma área de la cuenca, es decir:

$$K = \frac{\text{Perímetro de la cuenca}}{\text{Perímetro de un círculo de igual área}}$$

$$k = 0.28 \frac{P}{\sqrt{A}}$$

**K = 1.536** La cuenca es de forma ovalada (oval oblonga)

#### 1.2.5. Factor de Forma

El índice de forma, expresa la relación entre el ancho promedio de la cuenca y su longitud.

$$Ff = \frac{A}{L^2}$$

Donde L = 100.3988Km

**Ff = 0.17** La cuenca es de forma alargada

#### 1.2.6. Rectángulo Equivalente

Viene a ser la transformación geométrica de la cuenca, el cual permite representar desde su forma heterogénea, con la forma de un rectángulo, conteniendo la misma área y perímetro (igual índice de compacidad), igual distribución de alturas (igual curva hipsométrica), e igual distribución de terreno, en cuanto a sus condiciones de terreno.

$$l = \frac{k\sqrt{A}}{1.12} \left(1 - \sqrt{1 - \left(\frac{1.12}{k}\right)^2}\right)$$

$$l = \frac{k\sqrt{A}}{1.12} \left(1 + \sqrt{1 - \left(\frac{1.12}{k}\right)^2}\right)$$

Reemplazando los valores:

$$l = 17.922$$

$$L = 95.683$$



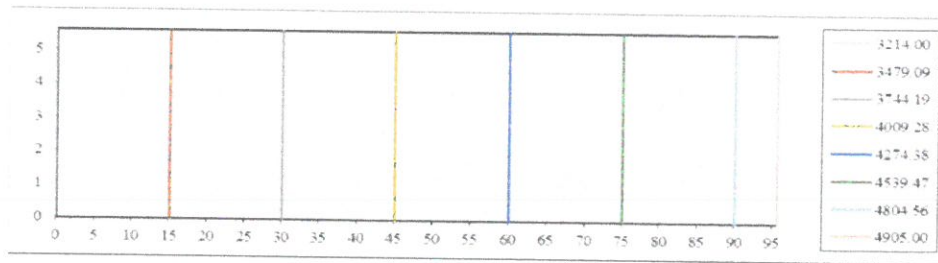


Figura 1-7: Rectángulo equivalente subcuenca rio Cunas

### 1.2.7. Sistema de Drenaje

#### Grado de Ramificaciones

El esqueleto hidrogeomorfológico determinante de una cuenca vertiente lo constituye la configuración que en ella presenta el sistema de cauces, en todos sus niveles (quebradas, arroyos, ríos), los que en su conjunto se le denomina sistema de drenaje de la cuenca, cuyo análisis adquiere especial relevancia cuando se plantean relaciones de semejanza entre cuencas.

El orden de la red de drenaje de la cuenca del río Cunas es 5.

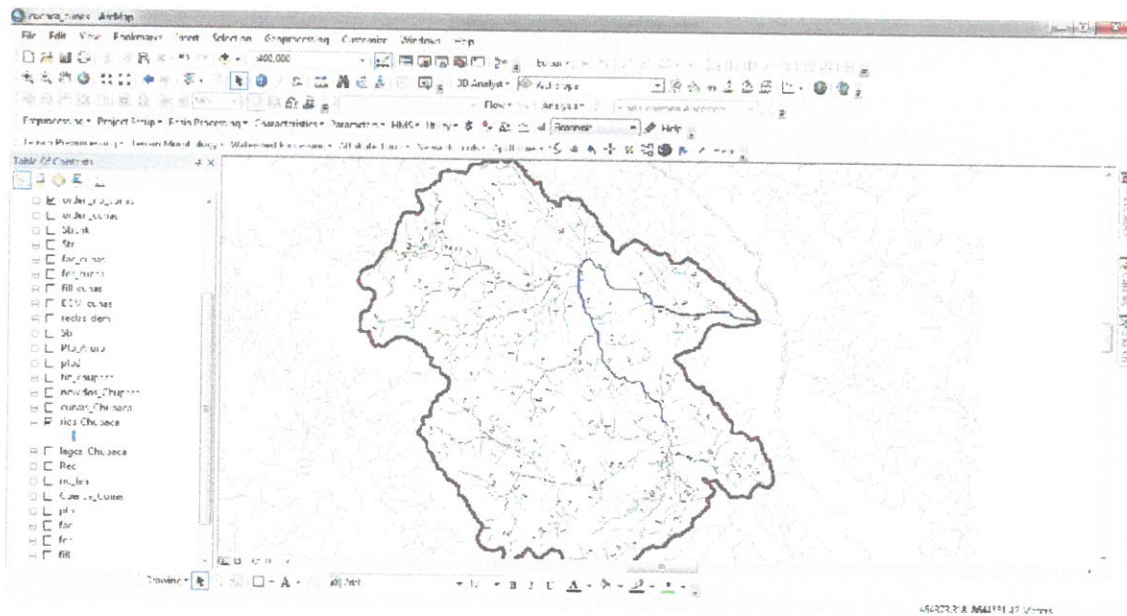


Figura 1-8: Orden de la red de drenaje

#### Densidad de Drenaje

La densidad de la red de drenaje (Dd) de una cuenca queda determinada principalmente por su topografía, condiciones del suelo y régimen de precipitaciones.

$$Dd = \frac{L_i}{A}$$



Donde

Li: es la longitud total de los cursos de agua (Km)

A: Área total de la cuenca (Km<sup>2</sup>)

Cuadro 1-4: Resumen de orden de ríos

Orden	Nro. de Rios	Longitud Km
1	227	446.989
2	117	213.936
3	46	92.658
4	30	47.753
5	32	55.146
<b>Total</b>	<b>452</b>	<b>856.482</b>

$$Dd = \frac{856.482}{1714.82} = 0.4995 \text{ Km} / \text{Km}^2$$

Cuadro 1-5: Resumen parámetros geomorfológicos

Nº	Parámetros	Unidad	Valor
1	Área de Cuenca	Km <sup>2</sup>	1,714.822
2	Perímetro	Km	227.21
3	Cota Máxima de la Cuenca	msnm	4905.00
4	Cota Mínima de la Cuenca	msnm	3214.00
5	Cota Media de la Cuenca	msnm	4059.50
6	X Centroide de La Cuenca	m	446067.480
7	Y Centroide de la Cuenca	m	8660555.450
8	Longitud Mayor del Río	m	100398.89
9	Pendiente de Curso Principal	m/m	0.016843
10	Ancho Promedio	m	17080.084
11	Índice de Compacidad o de Gravelius		1.5363
12	Índice de Forma		0.1701
13	Orden de Corrientes		5
14	Densidad de Drenaje		0.4995
15	Extensión media		0.5005
16	frecuencia de ríos		0.2636
17	Coefficiente de Torrencialidad		0.1324



### 1.3. ANALISIS HIDROLOGICO

#### 1.3.1. Introducción

De la clasificación de cuencas, éstas pertenecen a cuencas o quebradas medianas ( $10 \text{ km}^2 < \text{Área} < 10,000 \text{ km}^2$ ), por lo tanto, se emplea metodologías avanzadas en la transformación precipitación escorrentía.

Para la transformación precipitación – escorrentía se procede la metodología HEC-1, siendo éste, determinístico en su totalidad. Con el apoyo del programa HEC HMS, se analiza para los distintos períodos de retorno 50, 100, 200 y 500 años.

Las precipitaciones máximas son calculadas con datos de la estación Huayao para ser transformado en bloques alternos, el segundo, mediante la Estación Huancavelica y según el análisis estadístico de las distribuciones probabilísticas de las precipitaciones máximas diarias para los mismos periodos de retorno.

#### 1.3.2. Tiempo de Concentración

Para el cálculo del tiempo de concentración de las cuencas, definido como el tiempo que una gota de agua, caída en el punto más lejano, emplea para llegar a la sección de salida de la cuenca, existen diversas fórmulas, como las de Carter, Eagleson, Espey Winslow, federal Aviation Agency, Kinematic Wave, Kerby-Hathaway, Kirpich, SCS, Temes, Barnsby Williams, entre otros.

##### Fórmula de Kirpich:

$$T_c = 0.000325 \frac{L^{0.77}}{S^{0.385}}$$

Donde:

$T_c$  = Tiempo de concentración en horas.

$L$  = Longitud del curso principal en metros.

$S$  = Pendiente a lo largo del cauce en m/m.

Cuadro 1-6: Tiempo de Concentración

N °	Descripción	Area (Km2)	Longitud de cauce (m)	Cota (msnm)		Desnivel (m)	Pendiente (m/m)	Tiempo de Concentración (horas)	
				Máxima	Mínima			Kirpich	Tc
01	Cuenca rio Cunas	1,714.82	100398.89	4905.00	3214.00	1691	0.01684	11.118	11.12

#### 1.3.3. Análisis de la Precipitación Máxima Horaria

El análisis de lluvias de corta duración se lleva a cabo generalmente a partir de datos tomados cada hora o cada día. Como es muy poco probable que ocurran lluvias intensas enteramente en estos intervalos fijos entre observaciones, los datos de estas series subestiman las verdaderas cantidades.





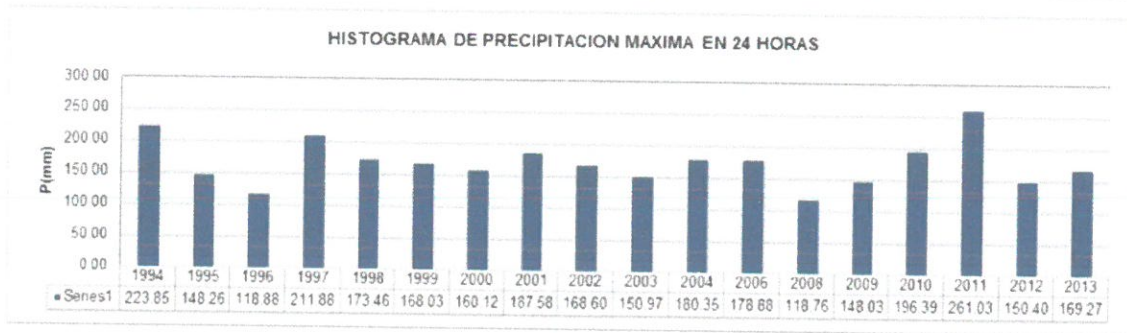
máximas para las duraciones correspondientes a los intervalos entre observaciones. La función lluvia escorrenría basada en datos horarios o diarios debe ser aumentada en un 13 por ciento para aproximar los verdaderos valores para 60 min o 24 hr, respectivamente (Cuadro 2.2-2) el ajuste disminuye al aumentar el número de intervalos de observaciones cubiertos para la duración de la lluvia para la cual se busca su verdadero valor máximo (Linsley R. K, Kohler M. A, Paulhus J. L. H., 1977).

*Cuadro 1-7: Relación de precipitación Máxima verdadera y Precipitación en intervalos fijos*

Número de	Relación
1	1.13
2	1.04
3-4	1.03
5-8	1.02
9-24	1.01

*Cuadro 1-8: Precipitación Máxima corregida*

N°	Estación Huayao		
	Año	Ppmáx(mm)	Ppmáx(mm) corregida
01	2000	198.10	223.85
02	2001	131.20	148.26
03	2002	105.20	118.88
04	2003	187.50	211.88
05	2004	153.50	173.46
06	2005	148.70	168.03
07	2006	141.70	160.12
08	2007	166.00	187.58
09	2008	149.20	168.60
10	2009	133.60	150.97
11	2010	159.60	180.35
12	2012	158.30	178.88
13	2014	105.10	118.76
14	2015	131.00	148.03
15	2016	173.80	196.39
16	2017	231.00	261.03
17	2018	133.10	150.40
18	2019	149.80	169.27
Media		<b>153.13</b>	<b>173.041</b>
Desv. Estándar		<b>31.120</b>	<b>35.165</b>
Coef. Asimetría		<b>0.7805832</b>	<b>0.780583203</b>
(*) Factor de corrección			



*Figura 1-9: Histograma de precipitaciones máximas en 24 horas corregidas*

En el ámbito de la zona de estudio, las lluvias que ocurren en las cuencas, tienen un origen orográfico. Los caudales máximos serán estimados mediante modelos de precipitación-escorrentía, sobre la base la precipitación máxima en 24 horas y de las características geomorfológicas de las cuencas. Los valores observados de precipitación máxima en 24 horas, fueron ajustados a las distribuciones teóricas Normal, Log Normal, Log Pearson Tipo III, Pearson Tipo III y Gumbel, para ello se recurrió al software de cómputo, SMADA.

**1.3.3.1. Prueba de Datos Dudosos**

Para evaluar los puntos de la información pluviométrica que se alejan significativamente de la tendencia de la información restante, se ha efectuado el método de Water Resources Council para determinar los datos dudosos de las series analizadas (outliers).

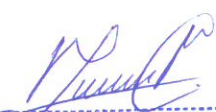
$$y_H = \bar{y} + K_n s_y \dots\dots\dots (1)$$

$$y_L = \bar{y} - K_n s_y \dots\dots\dots (2)$$

*Cuadro 1-9: Valores Kn para prueba de Datos Dudosos*

Tamaño de la Muestra	Kn	Tamaño de la Muestra	Kn	Tamaño de la Muestra	Kn	Tamaño de la Muestra	Kn
10	2.036	24	2.467	38	2.661	60	2.837
11	2.088	25	2.486	39	2.671	65	2.866
12	2.134	26	2.502	40	2.682	70	2.893
13	2.175	27	2.519	41	2.692	75	2.917
14	2.213	28	2.534	42	2.700	80	2.940
15	2.247	29	2.549	43	2.701	85	2.961
16	2.279	30	2.563	44	2.719	90	2.981
17	2.309	31	2.577	45	2.727	95	3.000
18	2.335	32	2.591	46	2.736	100	3.017
19	2.361	33	2.604	47	2.744	110	3.049
20	2.385	34	2.616	48	2.753	120	3.078
21	2.408	35	2.628	49	2.760	130	3.104
22	2.429	36	2.639	50	2.768	140	3.129
23	2.448	37	2.650	55	2.804		

*Cuadro 1-10: Método del Water Resources Council*

**Majno Melina Castro**  
 INGENIERO AGRICOLA  
 CIP. N° 87151





Método del WATER RESOURCES COUNCIL		
Determinación de OUTLIERS		
Media	173.041	mm
Desviación Estándar	35.165	
Coef. Asimetría (Cs)	0.781	
PI (Media de Logaritmos)	2.2299700	
SL (Desviación Estándar de los Logaritmos)	0.0863778	
Coefficiente de Asimetría (Cs)	0.13504309	
n (Número de Datos)	18	
Kn	2.335	
Cs > +0.4    ato dudoso alto		
Cs < -0.4    ato dudoso bajo		
<b>-0.4 &lt; Cs = 0.135 &lt; 0.4</b>		
PL1 (Límite Superior)	2.416690	
PL2 (Límite Inferior)	2.074681	
P1 (Límite Superior)	261.030	mm
P2 (Límite Inferior)	118.763	mm
Yh	2.43166223	
Qh	270.1856199	mm
El mayor valor registrado	261.03 < 270.186	No Existe Dato Dudoso
Yh	2.02827769	
Qh	106.7278332	mm
El mínimo valor registrado	118.763 > 106.728	No Existe Dato Dudoso

### 1.3.3.2. Análisis de Frecuencia de la Precipitación Máxima en 24 Horas

Una vez que se ha analizado la serie de precipitaciones máximas diarias y se ha descartado la presencia de "outliers", se ha procedido a efectuar el análisis de frecuencia correspondiente.

El análisis de frecuencia es una herramienta utilizada para predecir el comportamiento futuro de las precipitaciones en un sitio de interés, a partir de la información histórica de precipitaciones. Es un método basado en procedimientos estadísticos que permite calcular la magnitud de la precipitación asociado a un período de retorno.





Para determinar cuál de las distribuciones estudiadas se adapta mejor a la información histórica se utilizó el método de Smirnov Kolmogorov, mediante la aplicación del programa HIDROESTA.

En la teoría estadística e hidrológica, existen muchas distribuciones de frecuencia: entre ellas, Normal, Log Normal de 2 y 3 parámetros, gamma de 2 y 3 parámetros, log Gumbel, etc., sin embargo para propósitos prácticos está probado (sobre la base de muchos estudios hidrológicos de carreteras), que las distribuciones Pearson Tipo II, Log Pearson Tipo III y Gumbel, son las que mejor se ajustan a las precipitaciones máximas en 24 horas.

### Distribuciones de Valores Extremos

El estudio de eventos hidrológicos extremos incluye la selección de una secuencia de observaciones máximas o mínimas de conjuntos de datos. Por ejemplo, el estudio de los caudales picos en una estación hidrométrica utiliza solamente el máximo caudal registrado cada año, entre los muchos miles de valores registrados.

Debido a que estas observaciones se localizan en la cola extrema de la distribución de probabilidad de todas las observaciones de la cual se extraen (la población matriz). Existen tres formas asintóticas para las distribuciones de valores extremos, conocidas como Tipo I, Tipo II y Tipo III, respectivamente.

La función de distribución de probabilidad de valor Extremo Tipo I (EVI) es:

$$F(x) = \exp\left[-\exp\left(-\frac{x-u}{\alpha}\right)\right] \quad -\infty \leq x \leq \infty$$

$$\alpha = \frac{\sqrt{6}s}{\pi}$$

$$u = \bar{x} - 0.5772\alpha$$

El parámetro  $u$  es la moda de la distribución (punto de máxima densidad de probabilidad). Una variable reducida y puede definirse como.

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

Sustituyendo la variable reducida en (2.2-11) se encuentra

$$F(x) = \exp[-\exp(-y)]$$

Resolviendo para  $y$ :

$$y = -\ln\left[\ln\left(\frac{1}{F(x)}\right)\right]$$

### Distribución Normal



La función de densidad de probabilidad normal se define como:

$$f(x) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}\sigma} e^{-\frac{1}{2}\left(\frac{x-u}{\sigma}\right)^2}$$

Donde  $u$  y  $\sigma$  son los parámetros de la distribución. Estos parámetros determinan la forma de la función  $f(x)$  y su posición en el eje  $x$ .

$$F(x) = \int_{-\infty}^x \frac{1}{\sqrt{2\pi}\sigma} e^{-\frac{1}{2}\left(\frac{x-u}{\sigma}\right)^2} dx$$

Hoy en día, no se conoce analíticamente la integral de la ecuación (2.2-18), por lo que es necesario recurrir a métodos numéricos para su evaluación. Sin embargo, para hacer esto se requeriría una tabla para cada valor de  $\mu$  y  $\sigma$ , por lo que se ha definido la variable estandarizada.

$$z = \frac{x-u}{\sigma}$$

Que está normalmente distribuida con media cero y desviación estándar unitaria.

### Distribución Log normal

En esta función los logaritmos naturales de la variable aleatoria se distribuyen normalmente. La función de densidad de probabilidad es:

$$f(x) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}x\beta} e^{-\frac{1}{2}\left(\frac{\ln x - \alpha}{\beta}\right)^2}$$

Donde  $\alpha$  y  $\beta$  son los parámetros de la distribución.

$$\beta = \left[ \sum_{i=1}^n \frac{(\ln x_i - \alpha)^2}{n} \right]^{1/2}$$

$$F(x) = \int_0^x \frac{1}{\sqrt{2\pi}x\beta} e^{-\frac{1}{2}\left(\frac{\ln x - \alpha}{\beta}\right)^2} dx$$

$$z = \frac{\ln x - \alpha}{\beta}$$





### Distribución Pearson III o Gamma de tres parámetros

La función de densidad de probabilidad Pearson III se define como:

$$f(x) = \frac{1}{\alpha_1 \Gamma \beta_1} \left\{ \frac{x - \delta_1}{\alpha_1} \right\}^{\beta_1 - 1} e^{-\frac{x - \delta_1}{\alpha_1}}$$

Donde  $\alpha_1$ ,  $\beta_1$  y  $\delta_1$  son los parámetros de la función y  $\Gamma(\beta_1)$  es la función Gamma. En el apéndice A se hallan las propiedades básicas y la tabla de valores de la función Gamma.

$$X_i, i = 1, 2, \dots, n$$

Donde  $\alpha_1$ ,  $\beta_1$  y  $\delta_1$  se evalúan, a partir de  $n$  datos medidos, mediante el siguiente sistema de ecuaciones.

$$\bar{x} = \alpha_1 \beta_1 + \delta_1$$

$$s^2 = \alpha_1^2 \beta_1$$

$$y = \frac{2}{\sqrt{\beta_1}}$$

La función de distribución de probabilidad es:

$$F(x) = \frac{1}{\alpha_1 \Gamma \beta_1} \int_0^x \left( \frac{x - \delta_1}{\alpha_1} \right)^{\beta_1 - 1} e^{-\frac{x - \delta_1}{\alpha_1}} dx$$

Sustituyendo

$$y = \frac{x - \delta_1}{\alpha_1}$$

La ecuación anterior se escribe como:

$$F(y) = \frac{1}{\Gamma \beta_1} \int y^{\beta_1 - 1} e^{-y} dy$$

Esta última ecuación es una función de distribución Chi Cuadrado con  $2\beta_1$  grados de libertad y también  $x^2 = 2y$ , es decir:

$$F(y) = F(x^2 | n) = Fx^2(2y | 2\beta_1)$$

La función Chi Cuadrado se encuentra en tablas estadísticas.





### Distribución Gumbel

Supóngase que se tienen N muestras, cada una de las cuales contiene "n" eventos. Si se selecciona el máximo "x" de los "n" eventos de cada muestra, es posible demostrar que, a medida que "n" aumenta, la función de distribución de probabilidad de "x" tiende a:

$$F(x) = e^{-e^{-\alpha(x-\beta)}}$$

La función de densidad de probabilidad es:

$$f(x) = \alpha e^{[-\alpha(x-\beta) - e^{-\alpha(x-\beta)}]}$$

Donde  $\alpha$  y  $\beta$  son los parámetros de la función.

Los parámetros  $\alpha$  y  $\beta$ , se estiman para muestras muy grandes, como:

$$\alpha = \frac{1.2825}{S}$$

$$\beta = \bar{x} - 0.45S$$

Para muestras relativamente pequeñas, se tiene:

$$\alpha = \frac{\sigma_y}{S}$$

$$\beta = \bar{x} + \frac{u_y}{\alpha}$$

Los valores de  $\mu_y$  y  $\sigma_y$  se encuentran en tablas.

Cuadro 1-11: Resultados del Análisis de Frecuencia

Precipitación Máxima en 24 horas (mm) - Estación Huayao								
Método de los Momentos Ordinarios								
T AÑOS	Distribución Normal	Distribución Log Normal 2p	Distribución Log Normal 3p	Distribución Gamma 2p	Distribución Gamma 3p	Distribución Log Person III	Distribución LogGumbel	Distribución Gumbel
05	202.63	200.75	199.57	200.40	200.53	Noseajusta	198.34	195.94
10	218.11	219.12	219.51	217.08	220.00	Noseajusta	218.92	220.12
25	234.62	240.56	243.88	235.84	242.92	Noseajusta	244.91	254.98
50	245.28	255.51	261.55	248.49	258.94	Noseajusta	264.20	248.37
100	254.86	269.74	278.87	260.22	274.15	Noseajusta	283.34	316.89
200	263.63	283.46	296.02	271.21	288.71	Noseajusta	302.42	352.99
500	274.26	301.03	318.60	284.83	307.12	Noseajusta	327.58	406.98
1000	281.72	313.99	355.71	294.48	320.40	Noseajusta	346.60	453.20





El análisis de frecuencia completo de la estación analizada se presenta en el Anexo.

### 1.3.3.3. Prueba de Bondad de Ajuste

Para saber que distribución teórica se ajustó mejor a los datos de intensidades calculadas, se aplicó la prueba de bondad de ajuste Kolmogorov-Smirnov. Consiste en comparar el máximo valor absoluto de la diferencia D entre la función de distribución de probabilidad observada  $F_0(x_m)$  y la estimada  $F(x_m)$ .

#### Prueba Kolmogorov – Smirnov

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

$$D = \text{máx}|F_0(x_m) - F(x_m)|$$

Con un valor crítico d que depende el número de datos y el nivel de significancia seleccionado.

Si  $D < d$ , se acepta la hipótesis nula

Los valores del nivel de significación  $\alpha$  que se usan normalmente son del 10%, 5% y 1%

El valor de  $\alpha$ , en la teoría estadística, es la probabilidad de rechazar la hipótesis nula.

$H_0$  = La función de distribución de probabilidad observada se calcula como:

$$F_0(x_m) = 1 - \frac{m}{n + 1}$$

Donde "m" es el número de orden de dato  $x_m$  en una lista de mayor a menor y "n" es el número total de datos.

Cuadro 1-12: Prueba de Kolmogorov Smirnov

Precipitación Máxima en 24 horas (mm) - Estación Huayao								
Método de los Momentos Ordinarios								
T AÑOS	Distribución Normal	Distribución Log Normal 2p	Distribución Log Normal 3p	Distribución Gamma 2p	Distribución Gamma 3p	Distribución Log Person III	Distribución LogGumbel	Distribución Gumbel
05	202.63	200.75	199.57	<b>200.40</b>	200.53	Noseajusta	198.34	195.94
10	218.11	219.12	219.51	<b>217.08</b>	220.00	Noseajusta	218.92	220.12
25	234.62	240.56	243.88	<b>235.84</b>	242.92	Noseajusta	244.91	254.98
50	245.28	255.51	261.55	<b>248.49</b>	258.94	Noseajusta	264.20	248.37
100	254.86	269.74	278.87	<b>260.22</b>	274.15	Noseajusta	283.34	316.89
200	263.63	283.46	296.02	<b>271.21</b>	288.71	Noseajusta	302.42	352.99
500	274.26	301.03	318.60	<b>284.83</b>	307.12	Noseajusta	327.58	406.98
1000	281.72	313.99	355.71	<b>294.48</b>	320.40	Noseajusta	346.60	453.20
$\Delta$	0.1019	0.0871	0.0924	<b>0.0775</b>	0.09784	Noseajusta	0.0892	0.1272
$\Delta$ Tab.	0.3206	0.3206	0.3206	<b>0.3206</b>	0.3206	Noseajusta	0.3206	0.3206
N	18							



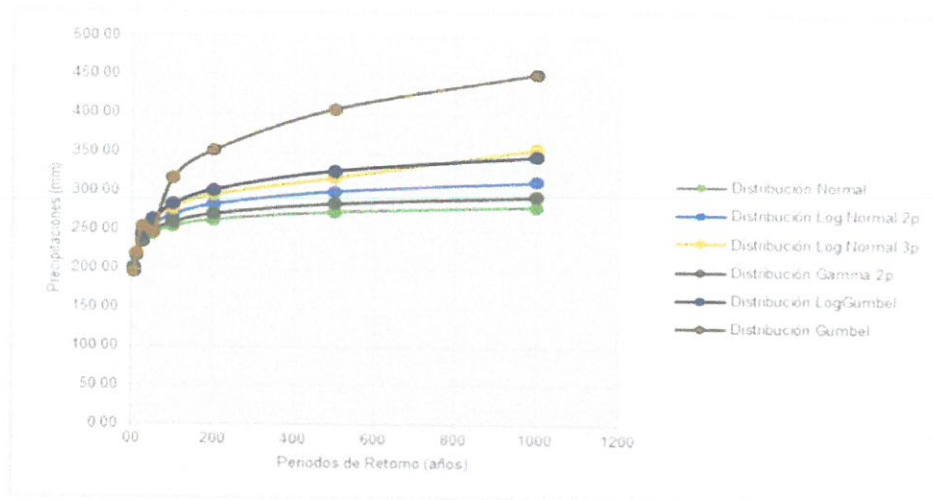


Figura 1-10: Precipitaciones máximas vs periodo de retorno

#### 1.3.4. Determinación de la tormenta de Diseño

Una tormenta de diseño es un patrón de precipitación definido para utilizarse en el diseño de un sistema hidrológico. Usualmente la tormenta de diseño conforma la entrada al sistema, y los caudales resultantes a través de éste se calculan utilizando procedimientos de lluvia – escorrentía y tránsito de caudales. Una tormenta de diseño puede definirse mediante un valor de profundidad de precipitación en un punto, mediante el hietograma de diseño que especifique el patrón espacial de la precipitación durante una tormenta.

Comúnmente se utiliza la intensidad promedio, que puede expresarse como:

$$i = \frac{P}{Td}$$

Donde P es la profundidad de lluvia (mm) y Td es la duración, dada usualmente en horas. La frecuencia se expresa en función del período de retorno T, que es el intervalo de tiempo promedio entre eventos de precipitación que igualan o exceden la magnitud de diseño.

Las curvas intensidad - duración - frecuencia son un elemento de diseño que relacionan la intensidad de la lluvia, la duración de la misma y la frecuencia con la que se puede presentar, es decir su probabilidad de ocurrencia o el periodo de retorno.

Las curvas de intensidad - duración - frecuencia también pueden expresarse como ecuaciones con el fin de evitar la lectura de la intensidad de lluvia de diseño en una gráfica. Un modelo general es el siguiente:

$$I = \frac{a}{(D + b)^n}$$



Donde  $I$  es la Intensidad de lluvia de diseño,  $D$  es la duración y  $a$ ,  $b$  y  $m$  son coeficientes que varían con el lugar y el período de retorno, asimismo para su determinación se requiere hacer una linealización previa de la ecuación para luego hallar los parámetros  $a$ ,  $b$  y  $m$  por medio de regresión lineal.

Existen varios modelos para estimar la intensidad a partir de la precipitación máxima en 24 horas. Uno de ellos es el modelo de Frederick Bell que permite calcular la lluvia máxima en función del período de retorno, la duración de la tormenta en minutos y la precipitación máxima de una hora de duración y periodo de retorno de 10 años. La expresión es la siguiente:

$$P_t^T = (0.21 \log_e T + 0.52)(0.54t^{0.25} - 0.50)P_{60}^{10}$$

Donde:

$t$ : Duración en minutos

$T$ : Periodo de retorno en años

$P_t^T$ : Precipitación caída en  $t$  minutos con periodo de retorno en  $T$  años

$P_{60}^{10}$ : Precipitación caída en 60 minutos con periodo de retorno en 10 años

El valor de  $P_{60}^{10}$ , puede ser calculado a partir del modelo de Yance Tueros, que estima la intensidad máxima horaria a partir de la precipitación máxima en 24 horas.

$$I = aP_{24}^b$$

$I$  = intensidad máxima en mm/h

$a$ ,  $b$  = parámetros del modelo; 0.4602, 0.876, respectivamente.

$P_{24}$  = precipitación máxima en 24 horas

Las curvas de intensidad - duración - frecuencia, se han calculado indirectamente, mediante la siguiente relación:

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

Donde:

$I$  = Intensidad máxima (mm/min)

$K$ ,  $m$ ,  $n$  = factores característicos de la zona de estudio

$T$  = período de retorno en años

$t$  = duración de la precipitación equivalente al tiempo de concentraci





Si se toman los logaritmos de la ecuación anterior se obtiene:

$$\log(I) = \log(K) + m\log(T) - n\log(t)$$

O bien:

$$Y = a_0 + a_1x_1 + a_2x_2$$

Donde:

$$Y = \log(I) \quad a_0 = \log K$$

$$X_1 = \log(T) \quad a_1 = m$$

$$X_2 = \log(t) \quad a_2 = -n$$

Los factores de K, m, n, se obtienen a partir de las intensidades máximas calculadas anteriormente, mediante regresión múltiple.

*Cuadro 1-13: Lluvias Máximas (mm) – Estación Huayao*

T años	P.Max 24 horas	Duración en minutos					
		5	10	15	20	30	60
1000	294.48	31.06	46.50	56.85	64.85	77.16	101.32
500	284.83	28.77	43.06	52.65	60.06	71.46	93.83
200	271.21	25.74	38.52	47.10	53.73	63.93	83.94
100	260.22	23.44	35.09	42.90	48.94	58.23	76.46
50	248.49	21.15	31.65	38.70	44.15	52.53	68.97
25	235.84	18.85	28.22	34.50	39.36	46.83	61.49
10	217.08	15.82	23.68	28.95	33.03	39.29	51.27
5	200.40	13.52	20.24	24.75	28.24	33.60	44.11

Fuente: Elaboración del autor aplicando el Modelo de Bell

*Cuadro 1-14: Intensidades Máximas (mm/hr) – Estación Huayao*

T años	P.Max 24 horas	Duración en minutos					
		5	10	15	20	30	60
1000	294.48	372.80	279.00	227.40	194.60	154.30	101.30
500	284.83	345.20	258.40	210.60	180.20	142.90	93.80
200	271.21	308.80	231.10	188.40	161.20	127.90	83.90
100	260.22	281.30	210.50	171.60	146.80	116.50	76.50
50	248.49	253.80	189.90	154.80	132.50	105.10	69.00
25	235.84	226.20	169.30	138.00	118.10	93.70	61.50
10	217.08	189.80	142.10	115.80	99.10	78.60	51.30
5	200.4	162.30	121.50	99.00	84.70	67.20	44.10

Fuente: Elaboración del autor





Cuadro 1-15: Resultados del Análisis de Regresión

Constante	2.51616197		Log K= 2.5162	K = 328.22
Err. estándar de est.Y	0.02145253			
R cuadrada	0.99075337			n = 0.527
Núm. de observaciones	48		Donde:	I = 328.22 T <sup>0.155</sup> t <sup>0.527</sup>
Grado de libertad	45			
			T= años	t= minutos
Coefficiente(s) X	0.15497682	-0.5270246		
Error estándar de coef.	0.00410863	0.00903992		

Fuente: Elaboración del autor

Cuadro 1-16: Intensidades Máximas – Estación Huayao

**Intensidades máximas.- Estación Huayao (mm/h)**

$$I = \frac{K T^m}{t^n}$$

$$K = 328.22$$

$$m = 0.155$$

$$n = 0.527$$

Duración (t) (minutos)	Período de Retorno (T) en años							
	5	10	25	50	100	200	500	1000
10	125.16	139.35	160.62	178.83	199.11	221.69	255.52	284.49
20	86.86	96.71	111.46	124.11	138.18	153.85	177.32	197.43
30	70.15	78.10	90.02	100.23	111.59	124.25	143.21	159.45
40	60.28	67.11	77.35	86.13	95.89	106.77	123.06	137.02
50	53.59	59.67	68.77	76.57	85.25	94.92	109.41	121.81
60	48.68	54.20	62.47	69.56	77.44	86.23	99.38	110.65
70	44.88	49.97	57.60	64.13	71.40	79.50	91.63	102.02
80	41.83	46.58	53.68	59.77	66.55	74.10	85.40	95.09
90	39.31	43.77	50.45	56.17	62.54	69.64	80.26	89.36
100	37.19	41.41	47.73	53.14	59.17	65.88	75.93	84.54
110	35.37	39.38	45.39	50.54	56.27	62.65	72.21	80.40
120	33.78	37.62	43.35	48.27	53.75	59.84	68.97	76.79
130	32.39	36.06	41.56	46.28	51.53	57.37	66.12	73.62
140	31.15	34.68	39.97	44.50	49.55	55.17	63.59	70.80
150	30.04	33.44	38.54	42.92	47.78	53.20	61.32	68.27
160	29.03	32.32	37.26	41.48	46.18	51.42	59.27	65.99
170	28.12	31.31	36.08	40.18	44.73	49.80	57.40	63.91
180	27.28	30.38	35.01	38.98	43.40	48.33	55.70	62.02

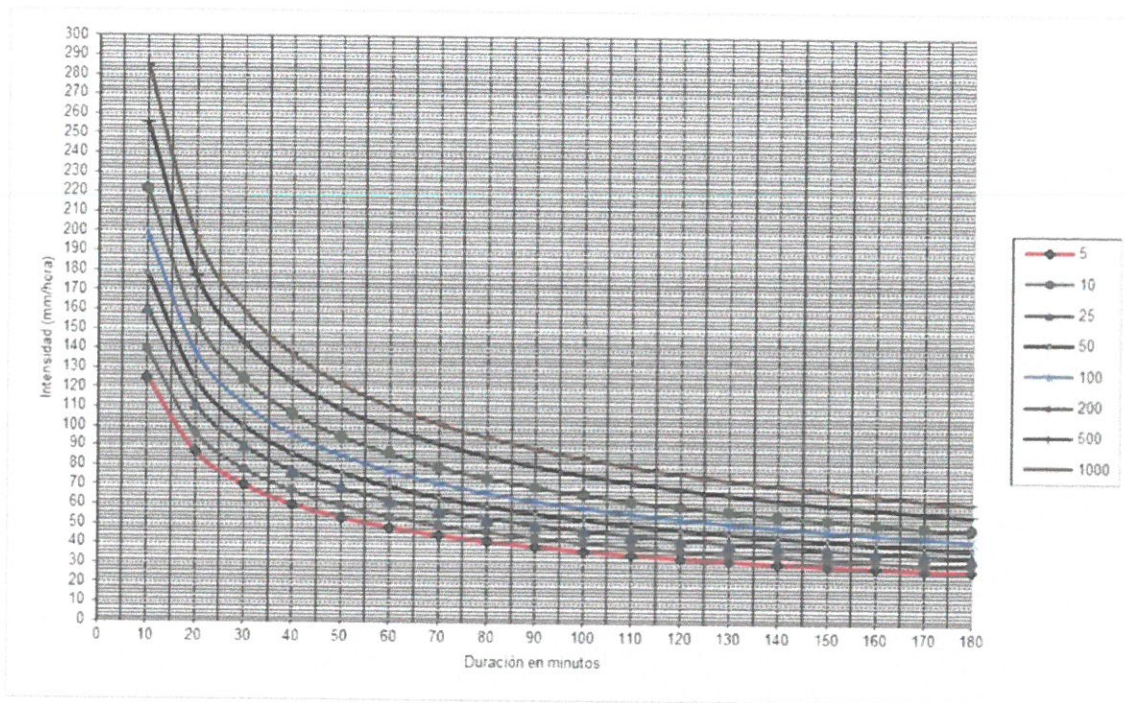


Figura 1-11: Curva Intensidad - Duración - Frecuencia - Estación Huayao



Cuadro I-17: Hietogramas - Intensidades

Intervalo (min)	Tr: 5 años		Tr: 10 años		Tr: 25 años		Tr: 50 años		Tr: 100 años		Tr: 200 años		Tr: 500 años		Tr: 1000 años	
	I Increment.	I (mm/hr)	I Increment.	I (mm/hr)	I Increment.	I (mm/hr)	I Increment.	I (mm/hr)	I Increment.	I (mm/hr)	I Increment.	I (mm/hr)	I Increment.	I (mm/hr)	I Increment.	I (mm/hr)
0-10	125.16	28.12	139.35	31.31	160.62	36.08	178.83	40.18	199.11	44.73	221.69	49.80	256.52	57.40	284.49	63.91
10-20	86.86	30.04	96.71	33.44	111.46	38.54	124.11	42.92	138.18	47.78	153.85	53.20	177.32	61.32	197.43	68.27
20-30	70.15	32.39	78.10	36.06	90.02	41.56	100.23	46.28	111.59	51.53	124.25	57.37	143.21	66.12	159.45	73.62
30-40	60.28	35.37	67.11	39.38	77.35	45.39	86.13	50.54	96.89	56.27	106.77	62.65	123.06	72.21	137.02	80.40
40-50	53.59	39.31	59.67	43.77	68.77	50.45	76.57	56.17	85.25	62.54	94.92	69.64	109.41	80.26	121.81	89.36
50-60	48.68	44.88	54.20	49.97	62.47	57.60	69.56	64.13	77.44	71.40	86.23	79.50	99.38	91.63	110.65	102.02
60-70	44.88	53.59	49.97	59.67	57.60	66.77	64.13	76.57	71.40	85.25	79.50	94.92	91.63	109.41	102.02	121.81
70-80	41.83	70.15	46.58	78.10	53.68	90.02	59.77	100.23	66.55	111.59	74.10	124.25	85.40	143.21	95.09	159.45
80-90	39.31	125.16	43.77	139.35	50.45	160.62	56.17	178.83	62.54	199.11	69.64	221.69	80.26	256.52	89.36	284.49
90-100	37.19	86.86	41.41	96.71	47.73	111.46	53.14	124.11	59.17	138.18	65.88	153.85	75.93	177.32	84.54	197.43
100-110	35.37	60.28	39.38	67.11	45.39	77.35	50.54	86.13	56.27	95.89	62.65	106.77	72.21	123.06	80.40	137.02
110-120	33.78	48.68	37.62	54.20	43.35	62.47	48.27	69.56	53.75	77.44	59.84	86.23	68.97	99.38	76.79	110.65
120-130	32.39	41.83	36.06	46.58	41.56	53.68	46.28	59.77	51.53	66.55	57.37	74.10	66.12	85.40	73.62	95.09
130-140	31.15	37.19	34.88	41.41	39.97	47.73	44.50	53.14	49.55	59.17	55.17	65.88	63.59	75.93	70.80	84.54
140-150	30.04	33.78	33.44	37.62	38.54	43.35	42.92	48.27	47.78	53.75	53.20	59.84	61.32	68.97	68.27	76.79
150-160	29.03	31.15	32.32	34.68	37.26	39.97	41.48	44.50	46.18	49.55	51.42	55.17	59.27	63.59	65.99	70.80
160-170	28.12	29.03	31.31	32.32	36.08	37.26	40.18	41.48	44.73	46.18	49.80	51.42	57.40	59.27	63.91	65.99
170-180	27.28	27.28	30.38	30.38	35.01	35.01	38.98	38.98	43.40	43.40	48.33	48.33	55.70	55.70	62.02	62.02



Cuadro 1-18: Hietogramas - Precipitaciones

Intervalo (mm)	Tr: 5 años		Tr: 10 años		Tr: 25 años		Tr: 50 años		Tr: 100 años		Tr: 200 años		Tr: 500 años		Tr: 1000 años	
	P Increm.	P (mm)	P Increm.	P (mm)	P Increm.	P (mm)	P Increm.	P (mm)	P Increm.	P (mm)	P Increm.	P (mm)	P Increm.	P (mm)	P Increm.	P (mm)
0-10	20.86	2.26	23.23	2.52	26.77	2.87	29.81	3.23	33.19	3.59	36.95	3.98	42.59	4.58	47.42	5.10
10-20	8.09	2.42	9.01	2.68	10.38	3.09	11.57	3.47	12.88	3.83	14.34	4.27	16.52	4.92	18.40	5.48
20-30	6.12	2.62	6.81	2.89	7.86	3.35	8.75	3.73	9.73	4.15	10.84	4.62	12.50	5.32	13.92	5.93
30-40	5.11	2.86	5.69	3.18	6.56	3.66	7.30	4.09	8.13	4.55	9.06	5.06	10.44	5.83	11.62	6.50
40-50	4.47	3.19	4.99	3.55	5.74	4.10	6.39	4.56	7.12	5.08	7.92	5.66	9.14	6.52	10.16	7.25
50-60	4.02	3.68	4.48	4.10	5.16	4.73	5.75	5.26	6.40	5.86	7.13	6.52	8.20	7.52	9.14	8.37
60-70	3.68	4.47	4.10	4.99	4.73	5.74	5.26	6.39	5.86	7.12	6.52	7.92	7.52	9.14	8.37	10.16
70-80	3.41	6.12	3.81	6.81	4.37	7.86	4.88	8.75	5.43	9.73	6.05	10.84	6.97	12.50	7.76	13.92
80-90	3.19	20.86	3.55	23.23	4.10	26.77	4.56	29.81	5.08	33.19	5.66	36.95	6.52	42.59	7.25	47.42
90-100	3.02	8.09	3.36	9.01	3.88	10.38	4.31	11.57	4.81	12.88	5.34	14.34	6.16	16.52	6.86	18.40
100-110	2.86	5.11	3.18	5.69	3.66	6.56	4.09	7.30	4.55	8.13	5.06	9.06	5.83	10.44	6.50	11.62
110-120	2.72	4.02	3.04	4.48	3.49	5.16	3.88	5.75	4.34	6.40	4.82	7.13	5.56	8.20	9.14	9.14
120-130	2.62	3.41	2.89	3.81	3.35	4.37	3.73	4.88	4.15	5.43	4.62	6.05	5.32	6.97	5.93	7.76
130-140	2.51	3.02	2.79	3.36	3.22	3.88	3.56	4.31	3.97	4.81	4.43	5.34	5.12	6.16	5.69	6.86
140-150	2.42	2.72	2.68	3.04	3.09	3.49	3.47	3.88	3.83	4.34	4.27	4.82	4.92	5.56	5.48	6.18
150-160	2.31	2.51	2.59	2.79	3.01	3.22	3.31	3.56	3.70	3.97	4.12	4.43	4.75	5.12	5.30	5.69
160-170	2.26	2.31	2.52	2.59	2.87	3.01	3.23	3.31	3.59	3.70	3.98	4.12	4.58	4.75	5.10	5.30
170-180	2.17	2.17	2.43	2.43	2.80	2.80	3.10	3.10	3.47	3.47	3.89	3.89	4.47	4.47	4.98	4.98



### 1.3.5. Características Previas de Diseño

Para la determinación de descargas máximas en la Subcuenca, donde aparecen efectos de difusión, que atenúan el caudal pico, se aplicó el método de Hidrograma Unitario, bajo las siguientes características:

#### 1.3.5.1. Cálculo del Número de Curva

La curva número (CN), es un parámetro que influye en la escorrentía de la cuenca y depende del tipo hidrológico del suelo, del uso y manejo del terreno. Para su elección se toma en cuenta la tabla siguiente:

GRUPO	DESCRIPCION
Grupo A	Bajo potencial de escurrimiento. Suelos que tienen altas velocidades de infiltración cuando están mojados y consisten principalmente de arena gravas profundas, con bueno a exceso drenaje. Estos suelos tienen alta velocidades de transmisión del agua.
Grupo B	Suelos con moderada velocidad de infiltración cuando están mojados consisten principalmente de suelos con cantidades moderadas de texturas finas gruesas, con drenaje medio y algo profundo. Son básicamente suelos Arenosos.
Grupo C	Suelos que tienen bajas velocidades de infiltración cuando están mojados consisten principalmente de suelos que tienen un estrato que impide el flujo de agua. Son suelos con texturas finas (margas arcillosas, margas arenosas profundas). Estos suelos tienen bajas velocidades de transmisión.
Grupo D	(Alto potencial de escurrimiento. Suelos que tienen muy bajas velocidades de infiltración cuando están mojados y consisten principalmente de suelos arcillosos con alto potencial de hinchamiento, suelos con nivel freático permanente, suelos con estratos arcillosos cerca de sus superficie, o bien suelos someros sobre horizontes impermeables.

Cuadro 1-19: Curva Número

Curva Número		
Descripción	CN	Grupo de Suelo
Cuenca río Cunas	72.00	B

Descripción del uso de la tierra		Grupo hidrológico del suelo			
		A	B	C	D
Tierra cultivada	Sin tratamiento de conservación	72	81	88	91
	Con tratamiento de conservación	62	71	78	81
Pastizales	Condiciones pobres	68	79	86	89
	Condiciones óptimas	39	61	74	80
Vegas de ríos: Condiciones óptimas		30	58	71	78





Bosques	Troncos delgados, cubierta pobre sin hierbas	45	66	77	83
	Cubierta buena	25	55	70	77
Áreas abiertas, césped, parques en condiciones óptimas, cubiertas > 75%		39	61	74	80
Áreas abiertas, césped, parques en condiciones aceptables entre el 50% y 75%		49	69	79	84
Áreas comerciales (85% impermeable)		89	92	94	95
Áreas industriales (72% impermeable)		81	88	91	93
<b>Residencial</b>		<b>Grupo hidrológico del suelo</b>			
<b>Tamaño promedio del lote</b>	<b>Porcentaje promedio impermeable</b>	<b>A</b>	<b>B</b>	<b>C</b>	<b>D</b>
505.8 m <sup>2</sup>	65%	77	85	90	92
1011.6 m <sup>2</sup>	38%	61	75	83	87
1348.9 m <sup>2</sup>	30%	57	72	81	86
2023.5 m <sup>2</sup>	25%	54	70	80	85
4046.9 m <sup>2</sup>	20%	51	68	79	84
Pavimentos, techos, accesos, etc.		98	98	98	98
Calles y carreteras	Pavimento con cunetas y alcantarillado	98	98	98	98
	Grava	76	85	89	91
	Tierra	72	82	87	89

### 1.3.6. Cálculo de la Abstracción Inicial

Para aplicar el modelo SCS o número de curva, se necesita conocer el tipo de uso actual de la tierra, la cobertura vegetal que tiene la cuenca y el tipo de suelo relacionado al grado de infiltración que posee (calculado a partir de los datos anteriores y según la tabla que se adjunta).

$$S = \frac{25400 - 254 \times CN}{CN}$$

$$I_a = 0.2 \times S$$

Cuadro 1-20: Abstracciones Iniciales

Abstracciones Iniciales				
Descripción	Área (Km <sup>2</sup> )	CN	S	I <sub>a</sub>
Cuenca río Cunas	1714.822	72.00	98.78	19.76





### 1.3.7. Cálculo de la Pendiente del Cauce

El conocimiento de la pendiente del cauce principal de la cuenca es un parámetro importante en el estudio del comportamiento del recurso hídrico. En la sección anexos se muestra el plano altitudinal de la cuenca principal, del cual se resumen las cotas y los desniveles de cada sub cuenca con sus respectivas longitudes y pendientes:

### 1.3.8. Selección de la Metodología de Diseño

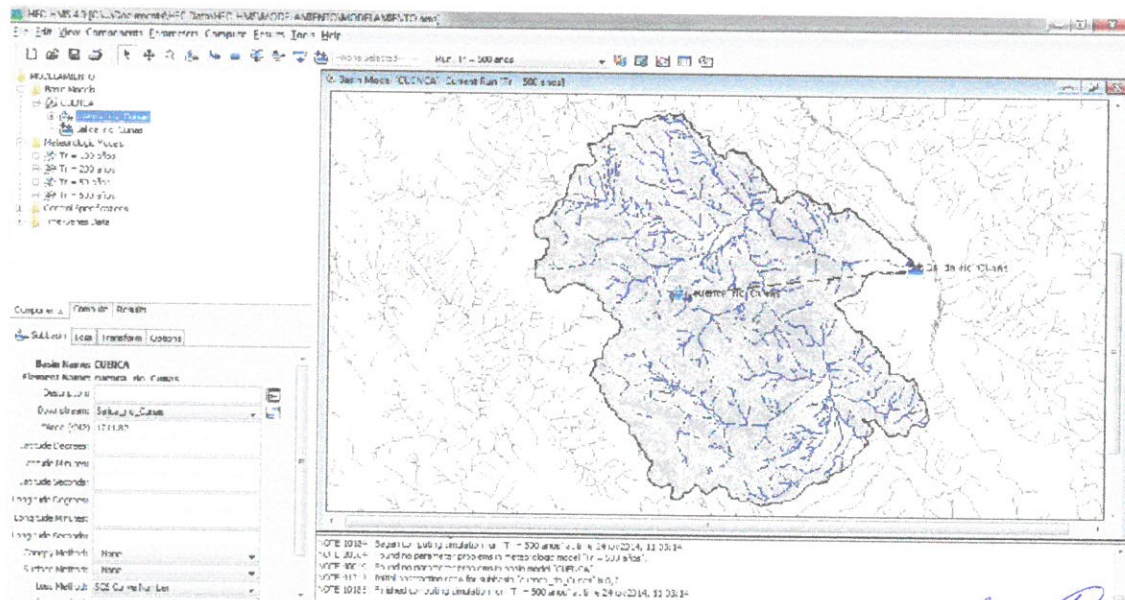
Para la selección de la metodología mencionada, existen diversos criterios entre modelamientos matemáticos. Por un lado se toma en cuenta los rastros dejados por las avenidas pasadas donde estos se corroboran durante la inspección de los puntos de aforo (puentes y pontones).

Finalmente, se realiza distintas Simulaciones Hidrológicas, mediante los hietogramas de la Ecuación Regional obtenidas a partir del registro de precipitaciones Senamhi. Por lo tanto, los caudales de máxima avenida para las quebradas en mención, se estiman mediante la Ecuación Regional mencionada.

### 1.3.9. Esquema General Modelamiento HEC-HMS

De los datos obtenidos anteriormente se procede a la simulación hidrológica mediante el programa HEC-HMS.

En la sección anexos, se adjuntan los resultados finales gráficos y tabulares para los distintos periodos de retorno.



Magno Molina Castro  
INGENIERO AGRÍCOLA  
CIP. N° 87151





Figura 1-12: Modelamiento HEC-HMS cuenca río Cunas Chupaca

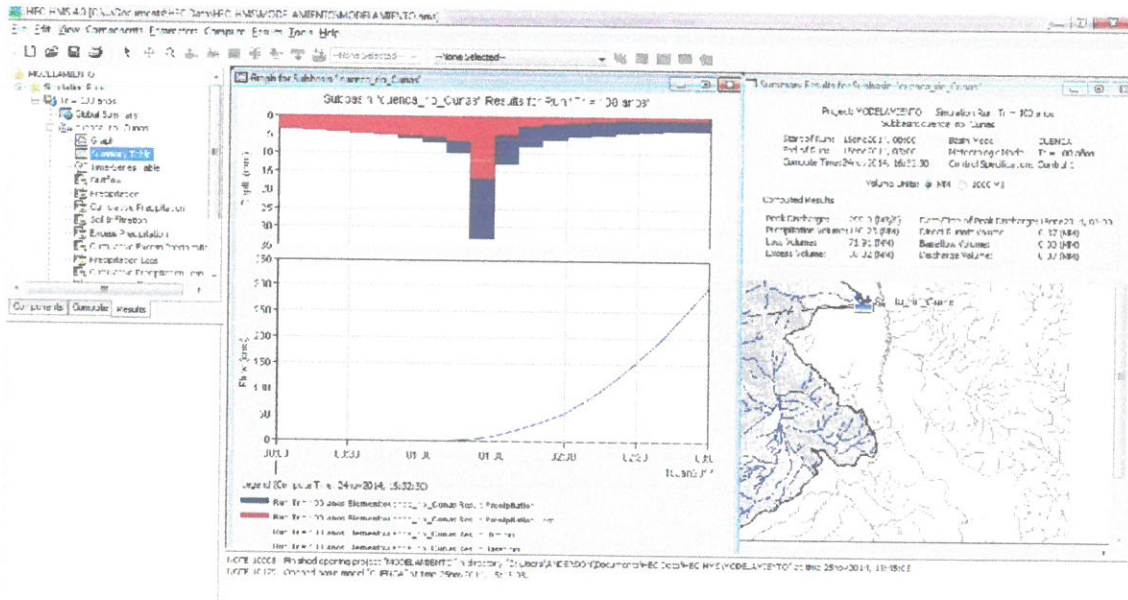


Figura 1-13: Resultados para un periodo de retorno de 100 años – HEC-HMS

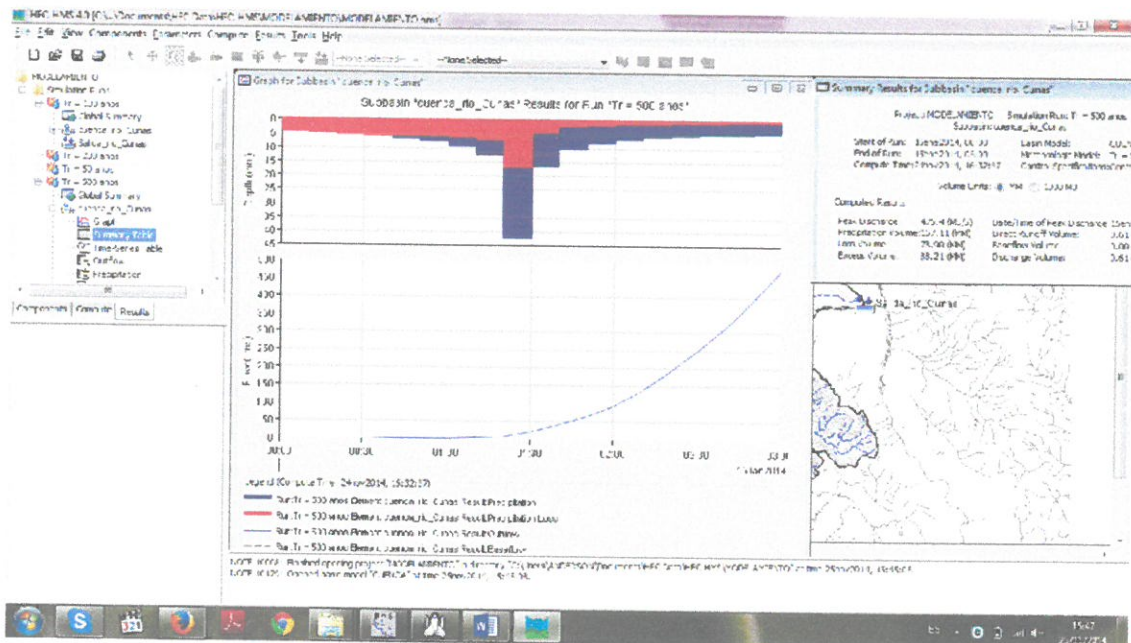


Figura 1-14: Resultados para un periodo de retorno de 500 años – HEC-HMS



### 1.3.10. Evaluación del Caudal de Diseño

Finalmente los caudales de diseño para los distintos períodos de retorno se resumen en el cuadro siguiente.

Cuadro 1-21: Resultados de caudales máximos según periodo de retorno

DESCRIPCIÓN	TR = 50 AÑOS	TR = 100 AÑOS	TR = 200 AÑOS	TR = 500 AÑOS
Río Cunas	241.60	299.00	366.90	475.40

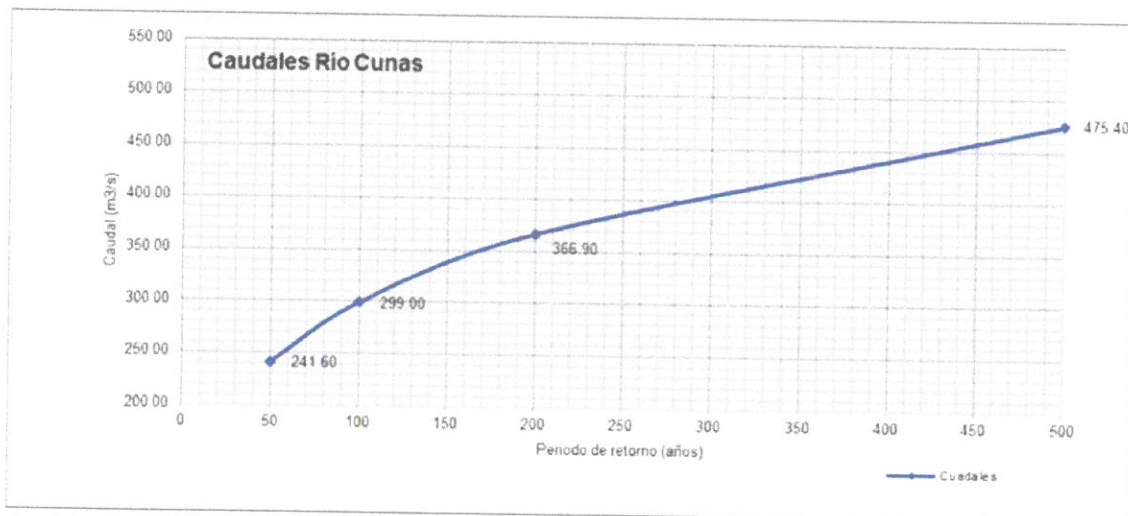


Figura 1-15: Caudales máximos VS Tiempo de retorno

Para el Modelamiento Hidráulico de la defensa ribereña se considera un periodo de retorno de 100 años cuyo resultado es 299 m<sup>3</sup>/s, y para el cálculo de socavación se considerará el caudal para un periodo de retorno de 500 años cuyo valor es de 475.40 m<sup>3</sup>/s

### 1.4. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

- El estudio hidrológico, es fundamental para la determinación de parámetros y caudales de diseño para avenidas máximas en el punto de interés considerado.
- Para los cálculos hidrológicos se han empleado datos de precipitación de la Estación Pluviométrica de Huayao, proporcionado por SENAMHI - Junín, del periodo 2000 - 2019.
- Las precipitaciones máximas de diseño, han sido cuantificadas en láminas de agua (mm).
- Los datos hidrológicos fueron procesados con ayudas de programas informáticos tales como: ArcGis 10 (delimitación de cuencas, cálculo de características físicas de la cuenca).





- El análisis hidrológico de la cuenca estudiada, se llevó a cabo mediante el modelo Hidrológico HEC - HMS, obteniendo los caudales finales para los distintos periodos de retorno tal como se muestra en el cuadro:

DESCRIPCIÓN	TR = 50 AÑOS	TR = 100 AÑOS	TR = 200 AÑOS	TR = 500 AÑOS
Rio Cunas	241.60	299.00	366.90	475.40

- En los trabajos a realizarse sobre el lecho del río, se recomienda su ejecución en los periodos de estiaje (meses mayo-octubre).
- Se recomienda el encauce de los ríos y quebradas afectas a las estructuras hidráulicas propuestas en el estudio.
- El diseño de la defensa Ribereña son realizados mediante el caudal de máximas avenidas estimadas en la cuenca principal para un periodo de retorno a 100 años, por estar incluido zonas urbanas del distrito de Chupaca (margen derecha e izquierda).



## 2. ESTUDIO HIDRAULICO

### 2.1. Generalidades

#### 2.1.1. Introducción

El presente informe hace referencia al estudio Hidráulico del proyecto de tesis denominado: "INSTALACION DE LA DEFENSA RIBEREÑA EN EL RÍO CUNAS EN EL TRAMO DEL PUENTE PEATONAL MUQUI- PUENTE PEATONAL PERLA ALTA, DISTRITO DE CHUPACA, PROVINCIA DE CHUPACA - JUNIN",

ubicado en el departamento de Junín, Provincia de Chupaca.

Este informe, abarca modelar matemáticamente el comportamiento del flujo en las Estructuras Hidráulicas inmersas en el presente proyecto, los cuales se resumen:

Simulación Hidráulica del río Cunas, cuyo fin es la obtención del dimensionamiento de las obras de protección en ambas márgenes del río. Se verifica el dimensionamiento para los distintos periodos de retorno; obteniéndose de esta manera las características hidráulicas en cada una de las secciones transversales.

Para dicha simulación se emplea el programa HEC-RAS v4.1 que determina el nivel de superficie libre y las características hidráulicas en cada sección transversal, distinguiéndose éstos en el modelamiento espacial.

HEC-RAS: Simulación Hidráulica Unidimensional.

### 2.2. Objetivos

Los objetivos principales son determinar las dimensiones óptimas y características de cada uno de los elementos que conforman las estructuras hidráulicas proyectadas, obteniendo el comportamiento hidráulico eficiente y seguro durante el funcionamiento del proyecto.



### 2.3. Caudales de Diseño

Los Caudales de diseño fueron Calculados con el Programa HEC-HMS, los resultados se muestran en la siguiente Tabla:

*Cuadro 2-1: Resumen de caudales de diseño en m<sup>3</sup>/s*

DESCRIPCIÓN	TR = 50 AÑOS	TR = 100 AÑOS	TR = 200 AÑOS	TR = 500 AÑOS
Río Cunas	241.60	299.00	366.90	475.40

Los caudales de diseño para la Obra de Protección en ambas márgenes del río Cunas es de 299.00 m<sup>3</sup>/s, calculados para un periodo de retorno de 100 años.

  
  
Magno Molina Castro  
INGENIERO AGRÍCOLA  
C.I.P. N° 87151

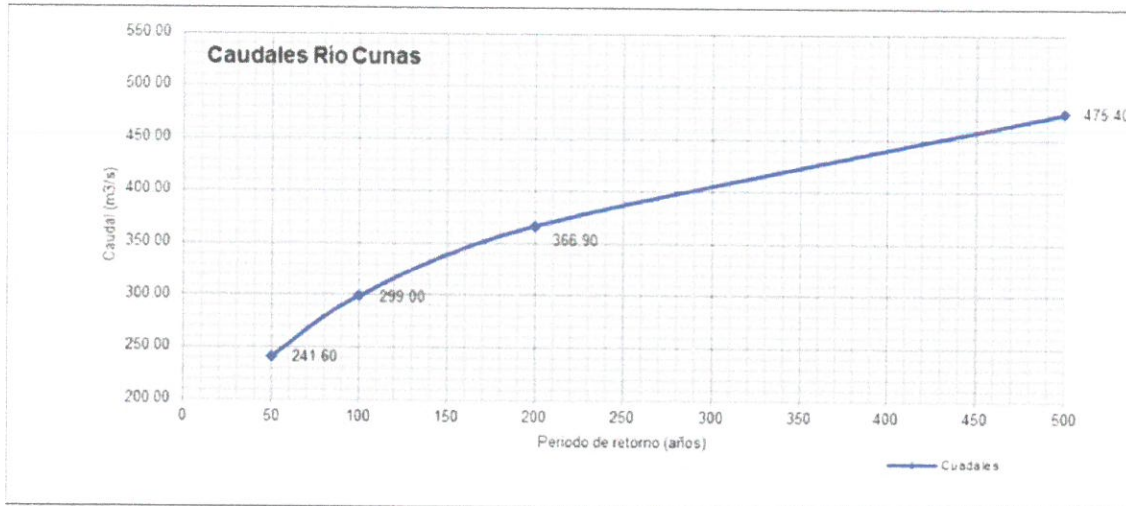


Figura 2-1: Caudales VS periodos de retorno

## 2.4. Simulación Hidráulica

La simulación se lleva a cabo mediante el programa HECRAS V4.1, analizando en espacio unidimensional mediante el método del paso estándar en cada uno de las secciones transversales propuestos. El análisis se realiza para un flujo Supercrítico, con condiciones de borde aguas arriba y aguas abajo, con pendientes de 1.68%.

### 2.4.1. Determinación del Borde Libre

Es el espacio entre la cota de la corona y la superficie del agua, no existe ninguna regla fija que se pueda aceptar universalmente para el cálculo del borde libre, debido a que las fluctuaciones de la superficie del agua en canales abiertos, se puede originar por causas incontrolables

**Formula de Borde libre:**

$$Bl = \phi \frac{v^2}{2g}$$

**Donde:**

$\phi$  = valores según caudal máximo

$Bl$  = borde libre en m

$g$  = gravedad en m/seg<sup>2</sup>

$v$  = velocidad en m/seg



Caudal máximo m <sup>3</sup> /s		Φ
3000.00	4000.00	2
2000.00	3000.00	1.7
1000.00	2000.00	1.4
500.00	1000.00	1.2
100.00	500.00	1.1

#### Cálculo de borde libre para un ancho promedio de 25 m

$$Bl = 1.1 \frac{4.92^2}{2 \times 9.81} = 1.35m$$

#### 2.4.2. Modelamiento sin Muro HEC-RAS

La simulación se lleva a cabo mediante el programa HECRAS V4.1, analizando en espacio unidimensional mediante el método del paso estándar en cada uno de las secciones transversales propuestos. El análisis se realiza para un flujo Supercrítico, con condiciones de borde aguas arriba y aguas abajo, con pendientes de 1.684% respectivamente.

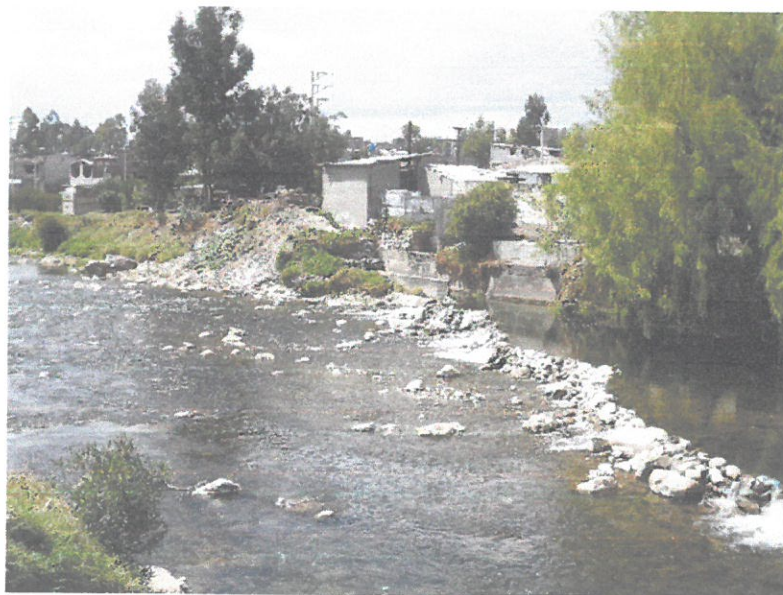
Se realizó el modelamiento hidráulico para un periodo de retorno de 100 años en situación actual y se puede observar que hay inundación en ambas márgenes del río. Las secciones y resultados se representan en los anexos.



Figura 2-2: Puente Peatonal Muqui e inicio de tramo para muros engavionados



*Figura 2-3: Sección aguas abajo del puente Muqui, se puede observar viviendas aledañas al cauce del río que sufren inundaciones en épocas de avenidas*



*Figura 2-4: Viviendas en peligro de inundación*

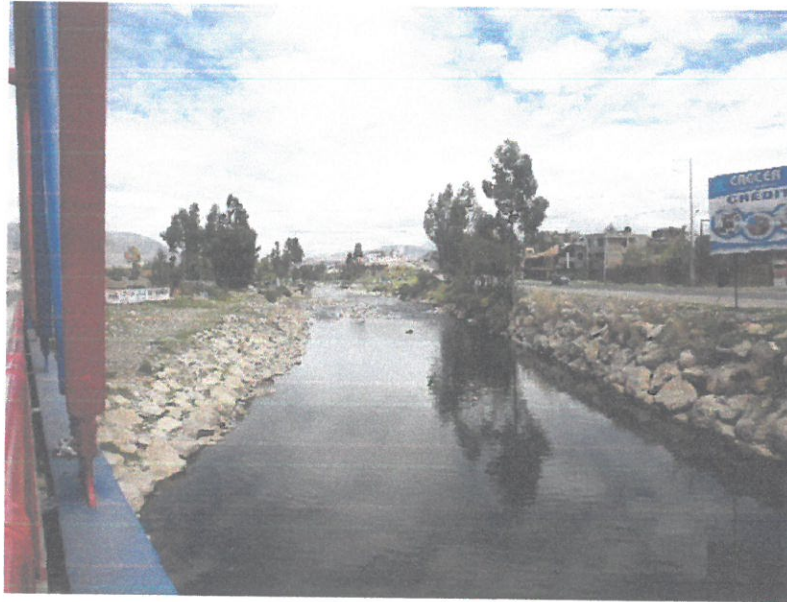


Figura 2-5: Aguas Abajo del Puente Vehicular Eternidad

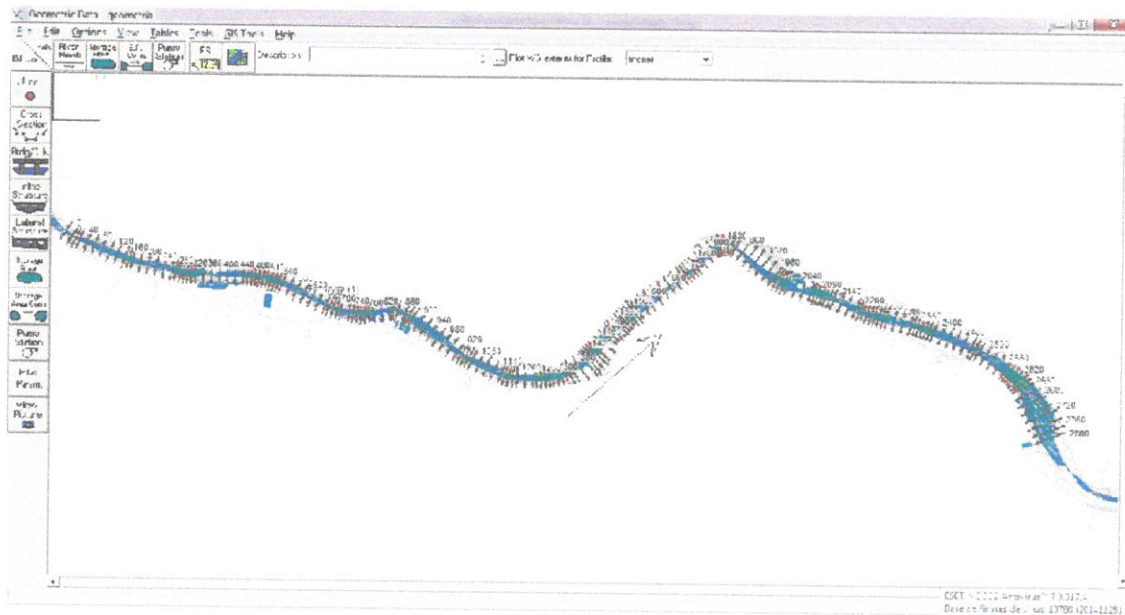


Figura 2-6: Planta General rio Cunas – HEC-RAS sin Muro





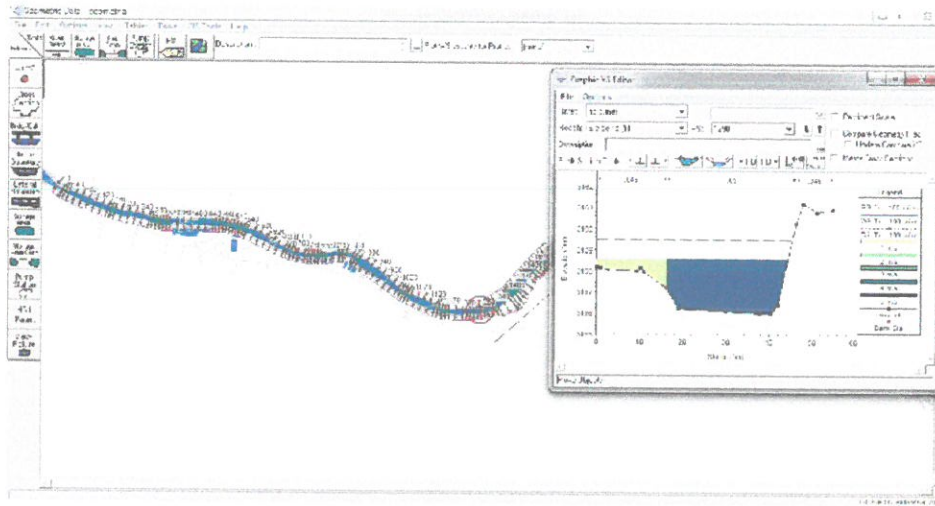


Figura 2-7: Sección Transversal con Inundación Margen Izquierda del Rio Cunas

Profile Output Table - Standard Table 1

HEC-RAS Plan Plan 01 River: rio cunas Reach: Eje de rio (1) Profile: Tr = 100 años

Reach	River Sta	Profile	Q Total (m3/s)	Min Ch El (m)	W.S. Elev (m)	Crit W.S. (m)	E.G. Elev (m)	E.G. Slope (m/m)	Vel Chnl (m/s)	Flow Area (m2)	Top Width (m)	Froude # Chl
Eje de rio (1)	2800	Tr = 100 años	299.00	3144.62	3146.67	3147.01	3147.93	0.016904	4.97	60.15	47.92	1.42
Eje de rio (1)	2780	Tr = 100 años	299.00	3144.75	3147.15	3147.15	3147.92	0.007874	3.87	77.34	51.08	1.00
Eje de rio (1)	2760	Tr = 100 años	299.00	3144.94	3147.59	3147.59	3148.44	0.007655	4.08	73.37	44.01	1.00
Eje de rio (1)	2740	Tr = 100 años	299.00	3145.68	3148.11	3148.11	3148.93	0.007657	4.01	74.75	47.83	1.00
Eje de rio (1)	2720	Tr = 100 años	299.00	3146.20	3148.43	3148.43	3149.23	0.007770	3.98	75.14	46.67	1.00
Eje de rio (1)	2700	Tr = 100 años	299.00	3146.71	3149.07	3149.07	3149.85	0.006722	3.95	80.64	56.29	0.95
Eje de rio (1)	2680	Tr = 100 años	299.00	3146.80	3149.55	3149.55	3150.39	0.007305	4.30	80.20	48.41	0.99
Eje de rio (1)	2660	Tr = 100 años	299.00	3147.09	3149.81	3149.81	3150.63	0.007922	4.00	75.00	49.01	1.01
Eje de rio (1)	2650	Tr = 100 años	299.00	3147.31	3150.10	3150.10	3150.90	0.007109	3.99	78.30	54.24	0.97
Eje de rio (1)	2640	Tr = 100 años	299.00	3147.64	3150.22	3150.22	3151.05	0.007746	4.04	75.09	48.99	1.01
Eje de rio (1)	2630	Tr = 100 años	299.00	3148.18	3150.39	3150.39	3151.23	0.007325	4.05	74.52	48.84	0.99
Eje de rio (1)	2620	Tr = 100 años	299.00	3148.36	3150.56	3150.56	3151.39	0.007227	4.05	74.72	47.40	0.98
Eje de rio (1)	2610	Tr = 100 años	299.00	3148.48	3150.66	3150.66	3151.51	0.007096	4.10	74.32	46.82	0.98
Eje de rio (1)	2600	Tr = 100 años	299.00	3148.62	3150.80	3150.80	3151.68	0.006362	4.19	75.36	47.12	0.95
Eje de rio (1)	2580	Tr = 100 años	299.00	3148.47	3150.87	3150.87	3151.77	0.006285	4.23	74.39	48.15	0.94
Eje de rio (1)	2560	Tr = 100 años	299.00	3148.51	3151.08	3151.08	3152.04	0.006141	4.37	72.42	45.06	0.92
Eje de rio (1)	2540	Tr = 100 años	299.00	3148.63	3151.37	3151.37	3152.36	0.005843	4.46	72.89	43.74	0.91
Eje de rio (1)	2520	Tr = 100 años	299.00	3148.54	3151.32	3151.32	3152.53	0.007648	4.87	61.34	25.60	1.01
Eje de rio (1)	2510	Tr = 100 años	299.00	3148.50	3151.38	3151.38	3152.61	0.007594	4.92	60.85	25.45	1.00
Eje de rio (1)	2500	Tr = 100 años	299.00	3148.47	3151.43	3151.43	3152.67	0.007132	4.95	61.92	28.60	0.99
Eje de rio (1)	2480	Tr = 100 años	299.00	3148.39	3151.08	3151.36	3152.49	0.010305	5.27	57.51	32.98	1.19
Eje de rio (1)	2460	Tr = 100 años	299.00	3148.32	3151.36	3151.36	3152.42	0.006659	4.57	67.39	37.51	0.97
Eje de rio (1)	2440	Tr = 100 años	299.00	3148.31	3151.14	3151.27	3152.26	0.008824	4.71	64.40	37.95	1.08
Eje de rio (1)	2420	Tr = 100 años	299.00	3148.84	3150.88	3151.08	3152.07	0.010453	4.82	62.00	35.98	1.17
Eje de rio (1)	2400	Tr = 100 años	299.00	3148.89	3151.10	3151.10	3152.07	0.007235	4.37	69.16	36.97	1.00
Eje de rio (1)	2390	Tr = 100 años	299.00	3148.90	3151.15	3151.15	3152.11	0.007124	4.36	70.14	37.80	0.99
Eje de rio (1)	2380	Tr = 100 años	299.00	3148.90	3151.15	3151.15	3152.12	0.007043	4.38	69.94	37.10	0.99
Eje de rio (1)	2370	Tr = 100 años	299.00	3148.89	3151.12	3151.12	3152.10	0.007355	4.38	68.59	36.12	1.00
Eje de rio (1)	2360	Tr = 100 años	299.00	3148.86	3151.13	3151.13	3152.11	0.007213	4.39	68.97	36.19	1.00
Eje de rio (1)	2350	Tr = 100 años	299.00	3148.94	3151.22	3151.22	3152.18	0.007519	4.35	68.81	36.03	1.00
Eje de rio (1)	2340	Tr = 100 años	299.00	3149.15	3151.38	3151.38	3152.34	0.007549	4.34	68.96	36.21	1.00
Eje de rio (1)	2320	Tr = 100 años	299.00	3149.48	3151.70	3151.70	3152.65	0.007544	4.32	69.15	36.59	1.00
Eje de rio (1)	2300	Tr = 100 años	299.00	3149.75	3152.03	3152.03	3152.98	0.007414	4.31	69.34	36.78	1.00
Eje de rio (1)	2280	Tr = 100 años	299.00	3149.77	3152.15	3152.15	3153.11	0.007427	4.33	68.99	36.48	1.01
Eje de rio (1)	2270	Tr = 100 años	299.00	3149.66	3152.13	3152.13	3153.13	0.007402	4.43	67.52	34.24	1.01
Eje de rio (1)	2260	Tr = 100 años	299.00	3149.66	3152.20	3152.20	3153.21	0.007367	4.44	67.38	33.71	1.00

Critical water surface elevation. Water surface corresponding to the minimum energy on the energy versus depth curve.

Figura 2-8: Resultados de la Simulación HEC-RAS: sin muro para Tr = 100 años



### 2.4.3. Modelamiento con Muro de Gavión

Se realizó el modelamiento hidráulico para un periodo de retorno de 100 años considerando la estructura de defensa ribereña a instalar en ambas márgenes del río. Las secciones y resultados se presentan en los anexos.

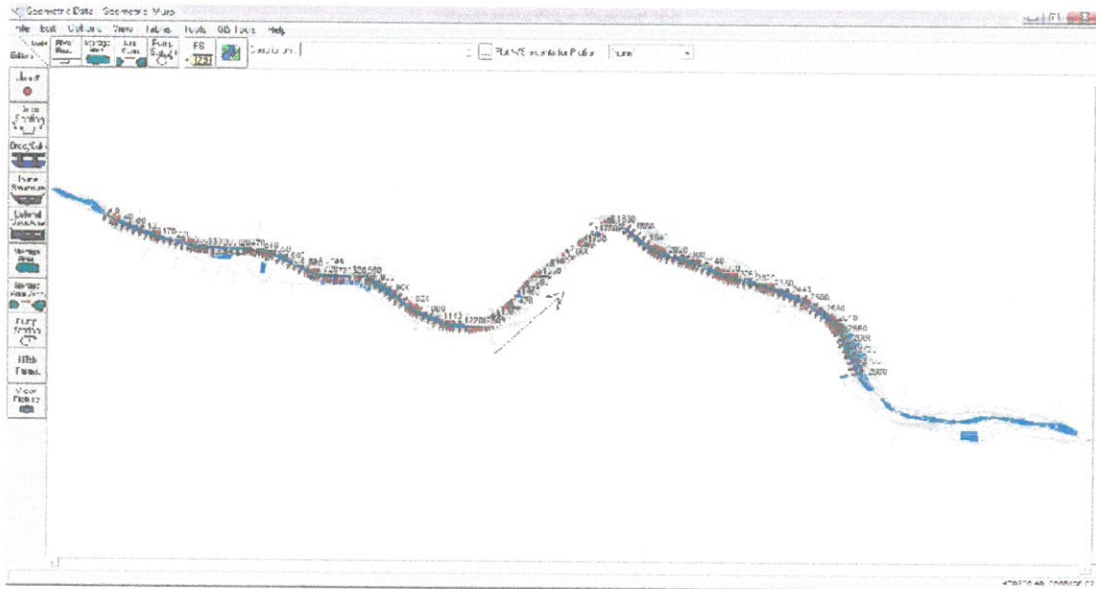


Figura 2-9: Planta General río Cunus – HEC-RAS con Muro

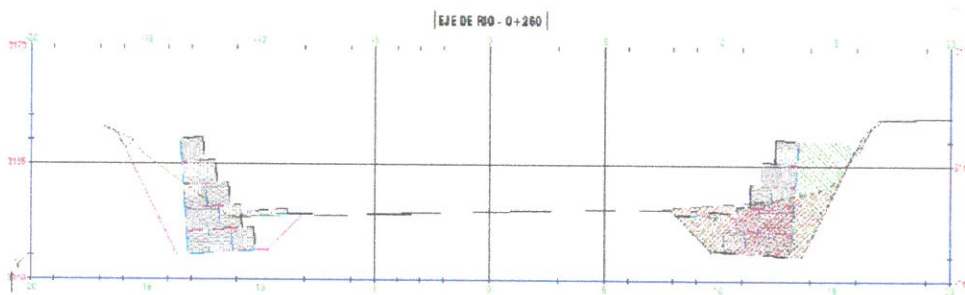


Figura 2-10: Sección Típica con muros de gavión – río Cunus

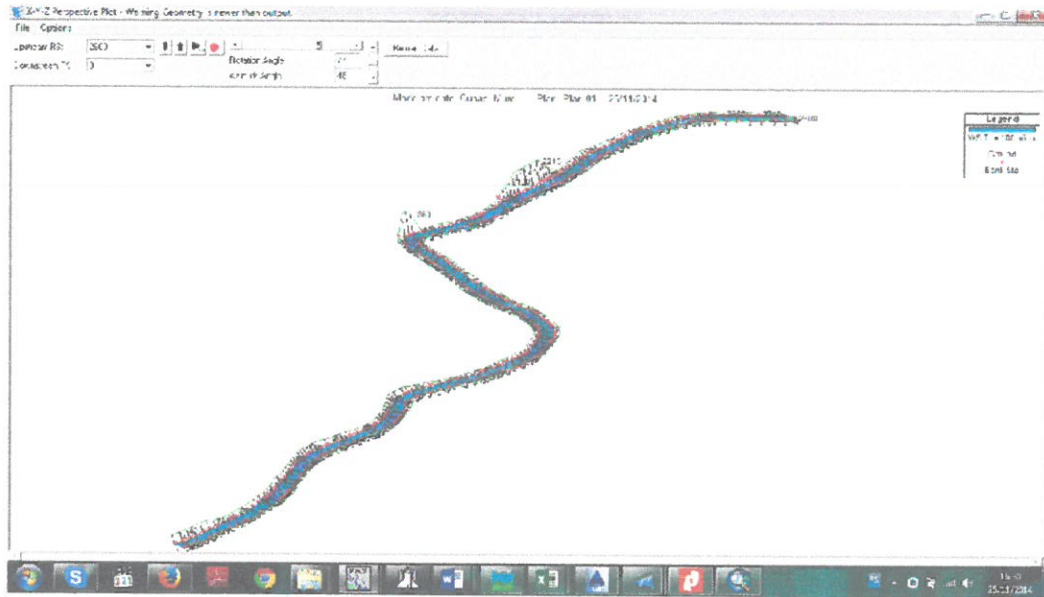


Figura 2-11: Simulación Hidráulica, Vista 3D - HEC-RAS

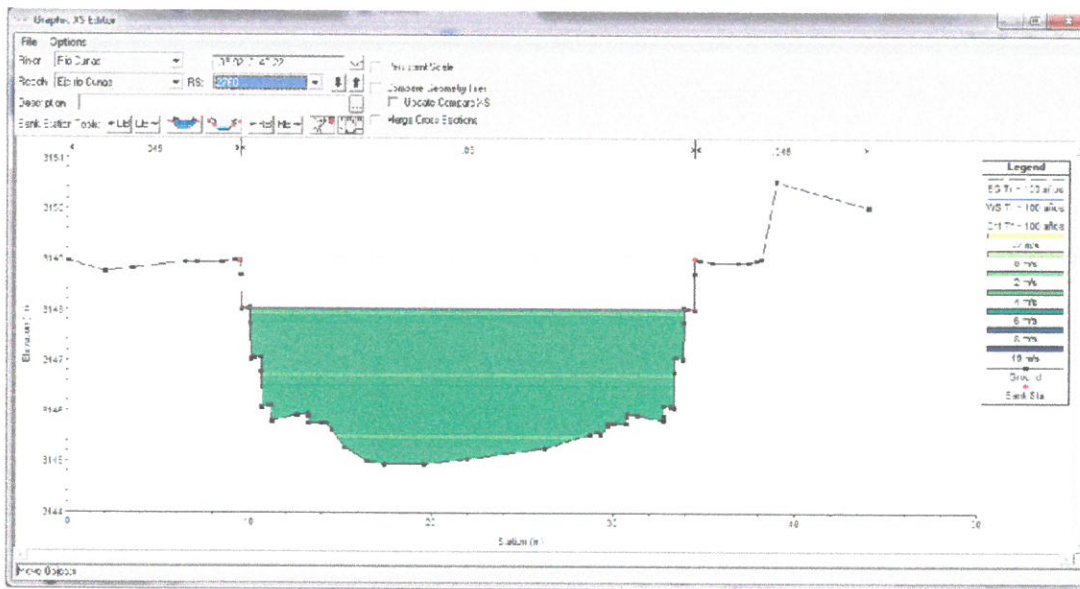


Figura 2-12: Secciones transversales con muros de gavión HEC-RAS

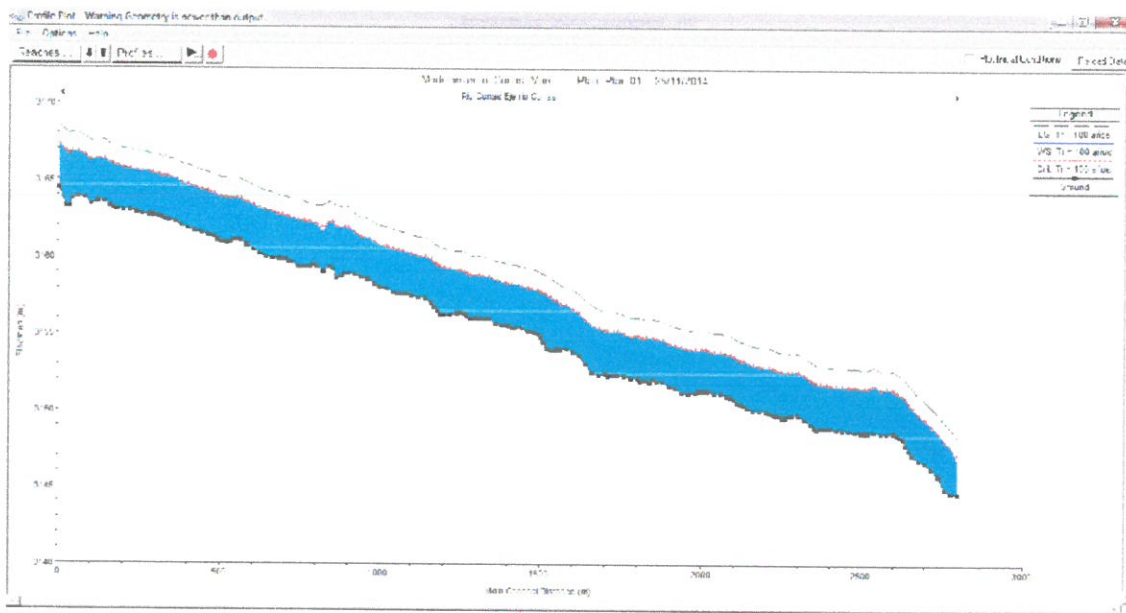


Figura 2-13: Perfil Longitudinal - HEC-RAS

P Profile Output Table - Standard Table 1

HEC-RAS Plan Plan 01 River Rio Cuzco Reach Rio Cuzco Profile Tr = 100 años

Reach	River Sta	Profile	Q Total [m³/s]	Max Ch El [m]	W.S. Elev [m]	Ch W.S. [m]	E.G. Elev [m]	E.G. Slope [m/m]	Vel Ch Vel [m/s]	Flow Area [m²]	Up Width [m]	Fr Froude #	Ch
E rio Cuzco	2600	Tr = 100 años	299.00	3144.62	3146.63	3147.09	3148.33	0.015847	5.85	52.76	23.98	1.45	
E rio Cuzco	2780	Tr = 100 años	299.00	3144.75	3147.68	3147.68	3148.92	0.003450	4.92	60.80	24.94	1.00	
E rio Cuzco	2760	Tr = 100 años	299.00	3144.94	3148.03	3148.03	3149.27	0.003376	4.92	60.73	24.60	1.00	
E rio Cuzco	2740	Tr = 100 años	299.00	3145.70	3140.00	3140.00	3140.00	0.003511	4.92	60.00	24.95	1.01	
E rio Cuzco	2720	Tr = 100 años	299.00	3146.29	3149.09	3149.09	3150.32	0.003471	4.91	60.89	24.95	1.00	
E rio Cuzco	2700	Tr = 100 años	299.00	3146.67	3149.51	3149.51	3150.74	0.003609	4.92	60.8	24.95	1.01	
E rio Cuzco	2680	Tr = 100 años	299.00	3146.80	3149.83	3149.83	3151.07	0.003637	4.92	60.60	24.95	1.01	
E rio Cuzco	2660	Tr = 100 años	299.00	3147.14	3150.31	3150.31	3151.54	0.003659	4.91	60.88	24.95	1.00	
E rio Cuzco	2650	Tr = 100 años	299.00	3147.44	3150.53	3150.53	3151.77	0.003730	4.92	60.63	24.91	1.01	
E rio Cuzco	2640	Tr = 100 años	299.00	3147.81	3150.85	3150.85	3152.08	0.003758	4.92	60.75	24.95	1.01	
E rio Cuzco	2630	Tr = 100 años	299.00	3148.22	3150.98	3150.98	3152.21	0.003878	4.91	60.97	26.76	1.00	
E rio Cuzco	2620	Tr = 100 años	299.00	3148.36	3151.13	3151.13	3152.34	0.003290	4.87	61.84	29.49	0.99	
E rio Cuzco	2610	Tr = 100 años	299.00	3148.49	3151.27	3151.27	3152.51	0.003519	4.92	60.79	24.95	1.01	
E rio Cuzco	2600	Tr = 100 años	299.00	3148.64	3151.45	3151.45	3152.68	0.003457	4.91	60.85	24.95	1.00	
E rio Cuzco	2580	Tr = 100 años	299.00	3148.60	3151.47	3151.47	3152.70	0.003555	4.92	60.75	24.94	1.01	
E rio Cuzco	2560	Tr = 100 años	299.00	3148.58	3151.44	3151.44	3152.68	0.003438	4.92	61.80	24.94	1.01	
E rio Cuzco	2540	Tr = 100 años	299.00	3148.69	3151.71	3151.71	3152.94	0.003748	4.92	60.8	24.96	1.01	
E rio Cuzco	2520	Tr = 100 años	299.00	3148.63	3151.53	3151.53	3152.77	0.003644	4.94	60.96	24.94	1.01	
E rio Cuzco	2510	Tr = 100 años	299.00	3148.63	3151.53	3151.53	3152.76	0.003539	4.92	60.74	24.93	1.01	
E rio Cuzco	2500	Tr = 100 años	299.00	3148.62	3151.54	3151.54	3152.77	0.003438	4.92	60.78	24.91	1.01	
E rio Cuzco	2480	Tr = 100 años	299.00	3148.71	3151.57	3151.57	3152.81	0.003557	4.92	61.74	24.89	1.01	
E rio Cuzco	2460	Tr = 100 años	299.00	3148.77	3151.61	3151.61	3152.84	0.003535	4.92	60.7	24.89	1.01	
E rio Cuzco	2440	Tr = 100 años	299.00	3148.82	3151.64	3151.64	3152.88	0.003579	4.92	60.74	24.89	1.01	
E rio Cuzco	2420	Tr = 100 años	299.00	3148.86	3151.65	3151.65	3152.88	0.003539	4.92	60.8	24.89	1.00	
E rio Cuzco	2400	Tr = 100 años	299.00	3148.91	3151.68	3151.68	3152.91	0.003533	4.92	60.80	24.94	1.01	
E rio Cuzco	2390	Tr = 100 años	299.00	3148.91	3151.73	3151.73	3152.96	0.003451	4.91	60.86	24.88	1.00	
E rio Cuzco	2380	Tr = 100 años	299.00	3148.91	3151.77	3151.77	3153.00	0.003458	4.91	60.84	24.88	1.00	
E rio Cuzco	2370	Tr = 100 años	299.00	3148.90	3151.80	3151.80	3153.03	0.003535	4.92	60.80	24.94	1.01	
E rio Cuzco	2360	Tr = 100 años	299.00	3148.87	3151.81	3151.81	3153.06	0.003243	4.92	60.4	23.86	0.99	
E rio Cuzco	2350	Tr = 100 años	299.00	3149.07	3151.00	3151.00	3153.16	0.003220	4.92	60.73	24.25	0.99	
E rio Cuzco	2340	Tr = 100 años	299.00	3149.17	3152.06	3152.06	3153.30	0.003456	4.92	60.75	24.94	1.01	
E rio Cuzco	2320	Tr = 100 años	299.00	3149.48	3152.32	3152.32	3153.55	0.003371	4.90	60.96	24.94	1.00	
E rio Cuzco	2300	Tr = 100 años	299.00	3149.74	3152.54	3152.54	3153.77	0.003578	4.92	60.7	24.95	1.01	
E rio Cuzco	2280	Tr = 100 años	299.00	3149.79	3152.63	3152.63	3153.86	0.003437	4.92	60.83	24.95	1.00	
E rio Cuzco	2270	Tr = 100 años	299.00	3149.03	3152.55	3152.57	3153.01	0.003720	4.90	60.10	24.93	1.02	
E rio Cuzco	2260	Tr = 100 años	299.00	3149.89	3152.60	3152.60	3153.83	0.003529	4.92	60.7	24.94	1.01	

Total flow in cross section:

Figura 2-14: Resultados de la Simulación HEC-RAS: con muro para Tr = 100 años



## 2.5. Cálculo de Socavación

La socavación consiste en la profundización del nivel del fondo del cauce de una corriente causada por el aumento del nivel de agua en las avenidas, modificaciones en la morfología del cauce o por la construcción de estructuras en el cauce como puentes, espigones, muros de defensa ribereña, etc.

La socavación comprende el levantamiento y transporte de los materiales del lecho del río en el momento de una avenida o creciente, o por la construcción de una obra dentro del cauce. Debe diferenciarse la socavación de la erosión no recuperable en el sentido de que después de que pase la avenida o se elimine la causa de la socavación en procesos posteriores, comúnmente se vuelven a depositar sedimentos en un proceso cíclico, y se puede recuperar el nivel del fondo del cauce. La socavación está controlada por las características hidráulicas del cauce, las propiedades de los sedimentos del fondo y la forma y localización de los elementos que la inducen.

**Velocidad erosiva (Ve)** : Es la velocidad media que se requiere para degradar el fondo, está dado por las siguientes expresiones:

$$v_e = 0.60 \gamma_m^{1.18} \beta H_s^x \quad \text{Suelos Cohesivos}$$

$$v_e = 0.60 D_m^{0.28} \beta H_s^z \quad \text{Suelos no Cohesivos}$$

Donde:

$V_e$  = velocidad media suficiente para degradar el cauce en m/seg.

$\gamma_m$  = peso volumétrico del material seco que se encuentra a una profundidad  $H_s$ , medida desde la superficie del agua ( Ton/m<sup>3</sup>).

$\beta$  = coeficiente que depende de la frecuencia con que se repite la avenida que se estudia.

$x$  y  $z$  = son exponentes variables que están en función del peso volumétrico y diámetro del material seco.

$H_s$  = tirante considerado, a cuya profundidad se desea conocer qué valor de  $V_e$  se requiere para arrastrar y levantar al material ( m )

$D_m$  = es el diámetro medio ( en mm ) de los granos del fondo obtenido según la expresión.

### Calculo de la profundidad de Socavación para Suelos no Cohesivos

$$H_s = \left( \frac{\alpha H_0^{5/3}}{0.68 \beta D_m^{0.28}} \right)^{\frac{1}{1+z}}$$

Donde:

$$\alpha = \left( \frac{Q_d}{H_m^3 B_e \mu} \right)^{\frac{1}{1+z}}$$



$Q_d$  = caudal de diseño (m<sup>3</sup>/seg)

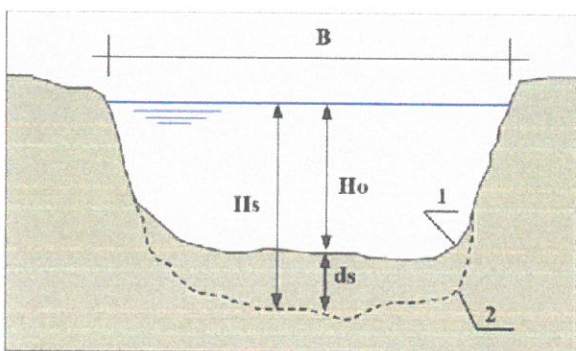
$B_e$  = ancho efectivo de la superficie del líquido en la sección transversal

$m$  = coeficiente de contracción.

$H_m$  = profundidad media de la sección = Area /  $B_e$

$z$  = exponente variable que depende del diámetro del material

$D_m$  = diámetro medio (mm)



**COEFICIENTE DE CONTRACCIÓN  $\mu$**

Velocidad media en la sección, en	Longitud Libre entre dos estribos (m)												
	10	13	16	18	21	25	30	42	52	63	106	124	200
Menor de 1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
1.00	0.96	0.97	0.98	0.98	0.99	0.99	0.99	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
1.50	0.94	0.96	0.97	0.97	0.97	0.98	0.99	0.99	0.99	0.99	1.00	1.00	1.00
2.00	0.93	0.94	0.95	0.96	0.97	0.97	0.98	0.98	0.99	0.99	0.99	0.99	1.00
2.50	0.90	0.93	0.94	0.95	0.96	0.96	0.97	0.98	0.98	0.99	0.99	0.99	1.00
3.00	0.89	0.91	0.93	0.94	0.95	0.96	0.96	0.97	0.98	0.98	0.99	0.99	0.99
3.50	0.87	0.9	0.92	0.93	0.94	0.95	0.96	0.97	0.98	0.98	0.99	0.99	0.99
4.00 o mayor	0.85	0.89	0.91	0.92	0.93	0.94	0.95	0.96	0.97	0.98	0.99	0.99	0.99

**VALORES DEL COEFICIENTE DE  $\beta$**

Periodo de retorno del gasto de diseño (años)	coeficiente $\beta$
1	0.77
2	0.82
5	0.86
10	0.9
20	0.94
50	0.97
100	1.00
500	1.05
1000	1.07



VALORES DE  $x$  y  $1/(1+x)$  PARA SUELOS COHESIVOS Y NO COHESIVOS

SUELOS COHESIVOS						fórmula
$m$ $T/m^3$	$x$	$1/(1+x)$	$m$	$x$	$1/(1+x)$	
0.80	0.52	0.66	1.40	0.35	0.74	
0.85	0.50	0.67	1.45	0.34	0.75	
0.90	0.48	0.68	1.50	0.33	0.75	
0.95	0.46	0.68	1.55	0.32	0.76	
1.00	0.45	0.69	1.60	0.31	0.76	
1.05	0.43	0.70	1.65	0.31	0.77	
1.10	0.42	0.70	1.70	0.30	0.77	
1.15	0.41	0.71	1.75	0.29	0.77	
1.20	0.39	0.72	1.80	0.29	0.78	
1.25	0.38	0.72	1.85	0.28	0.78	
1.30	0.37	0.73	1.90	0.28	0.78	
1.35	0.36	0.74	2.00	0.28	0.78	

SUELOS NO COHESIVOS						fórmula
$Dm$	$z$	$1/(1+z)$	$Dm$	$z$	$1/(1+z)$	
0.05	0.43	0.70	40.00	0.31	0.77	
0.15	0.42	0.70	60.00	0.29	0.77	
0.50	0.41	0.71	90.00	0.28	0.78	
1.00	0.39	0.72	###	0.28	0.78	
1.50	0.39	0.72	###	0.26	0.79	
2.00	0.38	0.72	###	0.25	0.80	
5.00	0.36	0.73	###	0.24	0.81	
8.00	0.35	0.74	###	0.22	0.82	
10.00	0.34	0.74	###	0.21	0.82	
15.00	0.33	0.75	###	0.20	0.83	
20.00	0.33	0.75	###	0.20	0.84	
25.00	0.32	0.76	###	0.19	0.84	

Cuadro 2-2: Resultados HEC-RAS para un periodo de retorno de 500 años

Reach	River Sta	Profile	Q Total (m <sup>3</sup> /s)	Min Ch El (m)	W.S. Elev (m)	Crit W.S. (m)	E.G. Elev (m)	E.G. Slope (m/m)	Vel Chnl (m/s)	Flow Area (m <sup>2</sup> )	Top Width (m)	Froude # Chl
Eje rio Cunus	2800	Tr = 500 años	475.40	3144.62	3147.17	3147.82	3149.56	0.016844	7.00	72.23	34.14	1.50
Eje rio Cunus	2780	Tr = 500 años	475.40	3144.75	3148.73	3148.73	3150.20	0.006650	5.42	92.03	38.14	0.93
Eje rio Cunus	2760	Tr = 500 años	475.40	3144.94	3149.06	3149.06	3150.59	0.007169	5.49	88.58	38.21	0.94
Eje rio Cunus	2740	Tr = 500 años	475.40	3145.78	3149.71	3149.71	3151.16	0.006552	5.38	93.78	38.32	0.92
Eje rio Cunus	2720	Tr = 500 años	475.40	3146.29	3150.13	3150.13	3151.61	0.006597	5.41	92.54	37.97	0.93
Eje rio Cunus	2700	Tr = 500 años	475.40	3146.67	3150.58	3150.58	3152.01	0.006594	5.33	95.06	41.31	0.91
Eje rio Cunus	2680	Tr = 500 años	475.40	3146.83	3150.97	3150.97	3152.33	0.005985	5.22	98.69	44.00	0.88
Eje rio Cunus	2660	Tr = 500 años	475.40	3147.14	3151.47	3151.47	3152.79	0.006028	5.16	100.67	44.04	0.87
Eje rio Cunus	2650	Tr = 500 años	475.40	3147.44	3151.64	3151.64	3152.98	0.006251	5.20	100.85	43.87	0.88
Eje rio Cunus	2640	Tr = 500 años	475.40	3147.81	3151.95	3151.95	3153.26	0.006182	5.17	102.36	44.33	0.88
Eje rio Cunus	2630	Tr = 500 años	475.40	3148.22	3152.08	3152.08	3153.40	0.006193	5.19	101.68	44.42	0.88
Eje rio Cunus	2620	Tr = 500 años	475.40	3148.36	3152.19	3152.19	3153.51	0.006195	5.18	102.56	44.08	0.88
Eje rio Cunus	2610	Tr = 500 años	475.40	3148.49	3152.40	3152.40	3153.75	0.006178	5.21	99.44	44.46	0.88
Eje rio Cunus	2600	Tr = 500 años	475.40	3148.64	3152.58	3152.58	3153.97	0.006054	5.26	97.16	43.99	0.89
Eje rio Cunus	2580	Tr = 500 años	475.40	3148.60	3152.62	3152.62	3153.97	0.006144	5.20	98.59	44.25	0.88
Eje rio Cunus	2560	Tr = 500 años	475.40	3148.58	3152.58	3152.58	3153.97	0.006255	5.26	96.15	44.12	0.89
Eje rio Cunus	2540	Tr = 500 años	475.40	3148.69	3152.84	3152.84	3154.13	0.006050	5.13	103.43	44.71	0.87
Eje rio Cunus	2520	Tr = 500 años	475.40	3148.63	3152.59	3152.59	3154.08	0.006916	5.43	90.53	41.63	0.93
Eje rio Cunus	2510	Tr = 500 años	475.40	3148.63	3152.60	3152.60	3154.07	0.006828	5.40	91.61	41.35	0.92
Eje rio Cunus	2500	Tr = 500 años	475.40	3148.62	3152.67	3152.67	3154.06	0.006255	5.25	96.49	44.00	0.89
Eje rio Cunus	2480	Tr = 500 años	475.40	3148.71	3152.71	3152.71	3154.10	0.006292	5.26	96.01	44.37	0.89
Eje rio Cunus	2460	Tr = 500 años	475.40	3148.77	3152.67	3152.67	3154.13	0.006778	5.38	93.11	39.06	0.92
Eje rio Cunus	2440	Tr = 500 años	475.40	3148.82	3152.68	3152.68	3154.16	0.006930	5.42	92.39	38.14	0.93
Eje rio Cunus	2420	Tr = 500 años	475.40	3148.86	3152.72	3152.72	3154.16	0.006674	5.35	94.10	39.56	0.91
Eje rio Cunus	2400	Tr = 500 años	475.40	3148.91	3152.75	3152.75	3154.19	0.006667	5.34	94.12	39.40	0.91
Eje rio Cunus	2390	Tr = 500 años	475.40	3148.91	3152.79	3152.79	3154.25	0.006758	5.39	92.41	38.69	0.92
Eje rio Cunus	2380	Tr = 500 años	475.40	3148.91	3152.84	3152.84	3154.28	0.006695	5.36	93.60	39.29	0.91
Eje rio Cunus	2370	Tr = 500 años	475.40	3148.90	3152.85	3152.85	3154.30	0.006814	5.36	93.90	38.77	0.92
Eje rio Cunus	2360	Tr = 500 años	475.40	3148.87	3152.88	3152.88	3154.37	0.006979	5.43	90.96	38.71	0.93
Eje rio Cunus	2350	Tr = 500 años	475.40	3148.97	3152.97	3152.97	3154.46	0.006708	5.43	91.32	39.00	0.93
Eje rio Cunus	2340	Tr = 500 años	475.40	3149.17	3153.11	3153.11	3154.61	0.006704	5.44	90.66	38.88	0.93
Eje rio Cunus	2320	Tr = 500 años	475.40	3149.48	3153.36	3153.36	3154.84	0.006582	5.41	92.20	39.24	0.93
Eje rio Cunus	2300	Tr = 500 años	475.40	3149.74	3153.66	3153.66	3155.01	0.006230	5.22	99.42	44.00	0.89
Eje rio Cunus	2280	Tr = 500 años	475.40	3149.79	3153.76	3153.76	3155.14	0.005964	5.24	97.54	44.00	0.89
Eje rio Cunus	2270	Tr = 500 años	475.40	3149.69	3153.69	3153.71	3155.10	0.006352	5.29	95.69	44.00	0.90
Eje rio Cunus	2260	Tr = 500 años	475.40	3149.59	3153.71	3153.71	3155.13	0.006479	5.31	94.77	43.22	0.90



## RESULTADOS

Cuadro 2-3: Resultados de cálculo de socavación

### CALCULO DE SOCAVACION GENERALIZADA METODO DE LISCHTVAN LEVEDIEV

Suelos no cohesivos       $dm$  (mm) = 65

Rio	Est. Rio	Tr	Q Total (m <sup>3</sup> /s)	Min Ch El (m)	W.S. Elev (m)	Vel Chnl (m/s)	Flow Area (m <sup>2</sup> )	Top Width (m)	Tirante (Hm) (m)	Tirante (Yo) (m)	$\alpha$	$\beta$	Hs (m)	Socavación (m)	OBS.
Eje rio Cunus	2800	Tr = 500 años	475.40	3144.62	3147.82	7.00	72.23	24.95	2.89	3.20	3.41	1.00	5.92	2.72	
Eje rio Cunus	2780	Tr = 500 años	475.40	3144.75	3148.73	5.42	92.03	24.94	3.69	3.98	2.28	1.00	5.74	1.76	
Eje rio Cunus	2760	Tr = 500 años	475.40	3144.94	3149.06	5.49	88.58	24.60	3.60	4.12	2.40	1.00	6.24	2.12	
Eje rio Cunus	2740	Tr = 500 años	475.40	3145.78	3149.71	5.38	93.78	24.95	3.76	3.93	2.21	1.00	5.52	1.59	
Eje rio Cunus	2720	Tr = 500 años	475.40	3146.29	3150.13	5.41	92.54	24.95	3.71	3.84	2.26	1.00	5.45	1.61	
Eje rio Cunus	2700	Tr = 500 años	475.40	3146.67	3150.58	5.33	95.06	24.95	3.81	3.91	2.16	1.00	5.40	1.49	
Eje rio Cunus	2680	Tr = 500 años	475.40	3146.83	3150.97	5.22	98.69	24.95	3.96	4.14	2.03	1.00	5.53	1.39	
Eje rio Cunus	2660	Tr = 500 años	475.40	3147.14	3151.47	5.16	100.67	24.95	4.03	4.33	1.96	1.00	5.70	1.37	
Eje rio Cunus	2650	Tr = 500 años	475.40	3147.44	3151.64	5.20	100.85	24.91	4.05	4.20	1.95	1.00	5.47	1.27	
Eje rio Cunus	2640	Tr = 500 años	475.40	3147.81	3151.95	5.17	102.36	24.95	4.10	4.14	1.91	1.00	5.28	1.14	CONCAVA
Eje rio Cunus	2630	Tr = 500 años	475.40	3148.22	3152.08	5.19	101.68	26.76	3.80	3.86	2.02	1.00	5.06	1.20	
Eje rio Cunus	2620	Tr = 500 años	475.40	3148.36	3152.19	5.18	102.56	29.49	3.48	3.83	2.13	1.00	5.20	1.37	
Eje rio Cunus	2610	Tr = 500 años	475.40	3148.49	3152.40	5.21	99.44	24.95	3.99	3.91	2.00	1.00	5.10	1.19	
Eje rio Cunus	2600	Tr = 500 años	475.40	3148.64	3152.58	5.26	97.16	24.95	3.89	3.94	2.08	1.00	5.30	1.36	
Eje rio Cunus	2580	Tr = 500 años	475.40	3148.60	3152.62	5.20	98.59	24.94	3.95	4.02	2.03	1.00	5.34	1.32	
Eje rio Cunus	2560	Tr = 500 años	475.40	3148.58	3152.58	5.26	96.15	24.94	3.86	4.00	2.12	1.00	5.47	1.47	
Eje rio Cunus	2540	Tr = 500 años	475.40	3148.69	3152.84	5.13	103.43	24.96	4.14	4.15	1.88	1.00	5.23	1.08	
Eje rio Cunus	2520	Tr = 500 años	475.40	3148.63	3152.59	5.43	90.53	24.94	3.63	3.96	2.34	1.00	5.82	1.86	
Eje rio Cunus	2510	Tr = 500 años	475.40	3148.63	3152.60	5.40	91.61	24.93	3.67	3.97	2.29	1.00	5.75	1.78	
Eje rio Cunus	2500	Tr = 500 años	475.40	3148.62	3152.67	5.25	96.49	24.91	3.87	4.05	2.10	1.00	5.53	1.48	
Eje rio Cunus	2480	Tr = 500 años	475.40	3148.71	3152.71	5.26	96.01	24.89	3.86	4.00	2.12	1.00	5.48	1.48	
Eje rio Cunus	2460	Tr = 500 años	475.40	3148.77	3152.67	5.38	93.11	24.89	3.74	3.90	2.23	1.00	5.51	1.61	
Eje rio Cunus	2440	Tr = 500 años	475.40	3148.82	3152.68	5.42	92.39	24.89	3.71	3.86	2.26	1.00	5.49	1.63	
Eje rio Cunus	2420	Tr = 500 años	475.40	3148.86	3152.72	5.35	94.10	24.89	3.78	3.86	2.19	1.00	5.37	1.51	
Eje rio Cunus	2400	Tr = 500 años	475.40	3148.91	3152.75	5.34	94.12	24.94	3.77	3.84	2.19	1.00	5.34	1.50	
Eje rio Cunus	2390	Tr = 500 años	475.40	3148.91	3152.79	5.39	92.41	24.88	3.71	3.88	2.26	1.00	5.53	1.65	
Eje rio Cunus	2380	Tr = 500 años	475.40	3148.91	3152.84	5.36	93.60	24.88	3.76	3.93	2.21	1.00	5.53	1.60	
Eje rio Cunus	2370	Tr = 500 años	475.40	3148.90	3152.85	5.36	93.90	24.94	3.77	3.95	2.20	1.00	5.55	1.60	
Eje rio Cunus	2360	Tr = 500 años	475.40	3148.87	3152.88	5.43	90.96	23.86	3.81	4.01	2.25	1.00	5.75	1.74	
Eje rio Cunus	2350	Tr = 500 años	475.40	3148.97	3152.97	5.43	91.32	24.25	3.77	4.00	2.26	1.00	5.75	1.75	
Eje rio Cunus	2340	Tr = 500 años	475.40	3149.17	3153.11	5.44	90.66	24.94	3.64	3.94	2.33	1.00	5.78	1.84	
Eje rio Cunus	2320	Tr = 500 años	475.40	3149.48	3153.36	5.41	92.20	24.94	3.70	3.88	2.27	1.00	5.55	1.67	
Eje rio Cunus	2300	Tr = 500 años	475.40	3149.74	3153.66	5.22	99.42	24.95	3.98	3.92	2.00	1.00	5.12	1.20	
Eje rio Cunus	2280	Tr = 500 años	475.40	3149.79	3153.76	5.24	97.54	24.95	3.91	3.97	2.07	1.00	5.33	1.56	

Ing. Anderson L. Condori Paytan - Especialista en Hidráulica



Miguel Molina Castro  
INGENIERO AGRÍCOLA  
CIP. N° 87151





Eje rio Cunas	2270	Tr = 500 años	475.40	3149.69	3153.71	5.29	95.69	24.93	3.84	4.02	2.13	1.00	5.54	1.52	
Eje rio Cunas	2260	Tr = 500 años	475.40	3149.59	3153.71	5.31	94.77	24.94	3.80	4.12	2.17	1.00	5.78	1.66	
Eje rio Cunas	2250	Tr = 500 años	475.40	3149.63	3153.74	5.34	93.30	24.88	3.75	4.11	2.22	1.00	5.87	1.76	
Eje rio Cunas	2240	Tr = 500 años	475.40	3149.69	3153.77	5.38	92.19	24.94	3.70	4.08	2.27	1.00	5.91	1.83	
Eje rio Cunas	2230	Tr = 500 años	475.40	3149.76	3153.80	5.42	91.27	24.94	3.66	4.04	2.31	1.00	5.91	1.87	
Eje rio Cunas	2220	Tr = 500 años	475.40	3149.83	3153.84	5.44	90.74	24.88	3.65	4.01	2.33	1.00	5.89	1.88	
Eje rio Cunas	2210	Tr = 500 años	475.40	3149.90	3153.90	5.42	91.67	24.88	3.68	4.00	2.29	1.00	5.80	1.80	
Eje rio Cunas	2200	Tr = 500 años	475.40	3149.98	3153.94	5.42	92.30	24.88	3.71	3.96	2.26	1.00	5.68	1.72	
Eje rio Cunas	2180	Tr = 500 años	475.40	3150.04	3153.98	5.46	90.20	24.87	3.63	3.94	2.35	1.00	5.80	1.86	
Eje rio Cunas	2160	Tr = 500 años	475.40	3150.02	3153.96	5.64	84.82	24.87	3.41	3.94	2.60	1.00	6.27	2.33	
Eje rio Cunas	2140	Tr = 500 años	475.40	3150.26	3154.20	5.56	87.04	24.88	3.50	3.94	2.49	1.00	6.07	2.13	
Eje rio Cunas	2130	Tr = 500 años	475.40	3150.42	3154.30	5.51	88.65	24.89	3.56	3.88	2.42	1.00	5.82	1.94	
Eje rio Cunas	2120	Tr = 500 años	475.40	3150.47	3154.35	5.44	91.16	24.88	3.66	3.88	2.31	1.00	5.62	1.74	
Eje rio Cunas	2110	Tr = 500 años	475.40	3150.58	3154.44	5.43	90.87	24.89	3.65	3.86	2.32	1.00	5.61	1.75	
Eje rio Cunas	2100	Tr = 500 años	475.40	3150.76	3154.60	5.41	92.23	24.96	3.70	3.84	2.27	1.00	5.48	1.64	
Eje rio Cunas	2090	Tr = 500 años	475.40	3150.88	3154.80	5.11	97.97	24.92	3.93	3.92	2.05	1.00	5.21	1.29	
Eje rio Cunas	2080	Tr = 500 años	475.40	3150.99	3154.89	5.14	102.16	24.92	4.10	3.90	1.91	1.00	4.91	1.01	
Eje rio Cunas	2060	Tr = 500 años	475.40	3151.16	3154.95	5.20	100.92	24.92	4.05	3.79	1.95	1.00	4.82	1.03	
Eje rio Cunas	2040	Tr = 500 años	475.40	3151.18	3154.95	5.18	102.59	24.91	4.12	3.77	1.90	1.00	4.69	0.92	
Eje rio Cunas	2020	Tr = 500 años	475.40	3151.31	3155.06	5.15	103.62	24.92	4.16	3.75	1.87	1.00	4.60	0.85	
Eje rio Cunas	2010	Tr = 500 años	475.40	3151.31	3155.10	5.19	101.15	24.94	4.06	3.79	1.95	1.00	4.80	1.01	
Eje rio Cunas	2000	Tr = 500 años	475.40	3151.32	3155.13	5.16	102.35	24.96	4.10	3.81	1.91	1.00	4.77	0.96	
Eje rio Cunas	1990	Tr = 500 años	475.40	3151.31	3155.16	5.17	101.10	24.93	4.06	3.85	1.95	1.00	4.90	1.05	
Eje rio Cunas	1980	Tr = 500 años	475.40	3151.23	3155.16	5.22	98.52	24.94	3.95	3.93	2.03	1.00	5.19	1.26	
Eje rio Cunas	1960	Tr = 500 años	475.40	3151.18	3155.19	5.16	102.51	25.77	3.98	4.01	1.94	1.00	5.15	1.14	
Eje rio Cunas	1940	Tr = 500 años	475.40	3151.24	3155.30	5.22	97.98	24.89	3.94	4.06	2.05	1.00	5.44	1.38	
Eje rio Cunas	1920	Tr = 500 años	475.40	3151.53	3155.42	5.17	100.67	24.90	4.04	3.89	1.96	1.00	4.99	1.10	
Eje rio Cunas	1900	Tr = 500 años	475.40	3151.59	3155.54	5.20	99.97	24.90	4.01	3.95	1.98	1.00	5.13	1.18	
Eje rio Cunas	1880	Tr = 500 años	475.40	3151.89	3155.74	5.12	104.10	24.92	4.18	3.85	1.85	1.00	4.72	0.87	
Eje rio Cunas	1860	Tr = 500 años	475.40	3151.93	3155.73	5.47	90.66	25.00	3.63	3.80	2.34	1.00	5.53	1.73	
Eje rio Cunas	1850	Tr = 500 años	475.40	3152.08	3155.73	5.57	87.74	24.96	3.52	3.65	2.47	1.00	5.47	1.82	
Eje rio Cunas	1840	Tr = 500 años	475.40	3151.86	3155.78	5.57	87.43	24.99	3.50	3.92	2.48	1.00	6.01	2.09	CONCAVA
Eje rio Cunas	1830	Tr = 500 años	475.40	3152.05	3155.94	5.61	87.53	24.97	3.51	3.89	2.48	1.00	5.94	2.05	
Eje rio Cunas	1820	Tr = 500 años	475.40	3152.00	3155.88	5.21	100.71	24.99	4.03	3.88	1.96	1.00	4.98	1.10	
Eje rio Cunas	1810	Tr = 500 años	475.40	3151.94	3155.82	5.35	95.40	29.79	3.20	3.88	2.41	1.00	5.81	1.93	
Eje rio Cunas	1800	Tr = 500 años	475.40	3152.11	3155.98	5.18	101.60	30.80	3.30	3.87	2.22	1.00	5.45	1.58	
Eje rio Cunas	1780	Tr = 500 años	475.40	3152.11	3156.01	5.19	101.11	24.90	4.06	3.90	1.94	1.00	4.98	1.08	
Eje rio Cunas	1760	Tr = 500 años	475.40	3152.31	3156.13	5.18	101.75	24.91	4.08	3.82	1.92	1.00	4.81	0.99	
Eje rio Cunas	1740	Tr = 500 años	475.40	3152.37	3156.25	5.20	102.03	30.06	3.39	3.88	2.17	1.00	5.37	1.49	
Eje rio Cunas	1730	Tr = 500 años	475.40	3152.35	3156.24	5.20	101.86	27.82	3.66	3.89	2.07	1.00	5.19	1.30	
Eje rio Cunas	1720	Tr = 500 años	475.40	3152.35	3156.24	5.18	102.55	26.26	3.91	3.89	1.97	1.00	5.00	1.11	
Eje rio Cunas	1710	Tr = 500 años	475.40	3152.26	3156.23	5.18	103.27	33.52	3.08	3.97	2.29	1.00	5.74	1.77	
Eje rio Cunas	1700	Tr = 500 años	475.40	3152.43	3156.38	5.15	101.75	24.94	4.08	3.95	1.93	1.00	5.02	1.07	
Eje rio Cunas	1680	Tr = 500 años	475.40	3152.32	3156.50	5.23	99.49	24.94	3.99	4.18	2.00	1.00	5.54	1.46	





Eje rio Cunas	1660	Tr = 500 años	475.40	3152.49	3156.71	5.23	99.24	24.94	3.98	4.22	2.01	1.00	5.62	1.40	
Eje rio Cunas	1640	Tr = 500 años	475.40	3153.10	3157.10	5.17	100.76	24.95	4.04	4.00	1.96	1.00	5.16	1.16	
Eje rio Cunas	1620	Tr = 500 años	475.40	3153.63	3157.47	5.15	103.50	24.96	4.15	3.84	1.87	1.00	4.75	0.91	
Eje rio Cunas	1600	Tr = 500 años	475.40	3153.82	3157.76	5.19	100.89	24.96	4.04	3.94	1.95	1.00	5.06	1.12	
Eje rio Cunas	1580	Tr = 500 años	475.40	3154.07	3157.93	5.17	102.78	25.36	4.05	3.86	1.92	1.00	4.86	1.00	
Eje rio Cunas	1560	Tr = 500 años	475.40	3154.01	3158.10	5.19	101.39	24.94	4.07	4.09	1.94	1.00	5.27	1.18	
Eje rio Cunas	1550	Tr = 500 años	475.40	3154.00	3158.19	5.17	103.35	30.92	3.34	4.19	2.17	1.00	5.90	1.71	
Eje rio Cunas	1540	Tr = 500 años	475.40	3153.98	3158.33	5.17	102.38	28.68	3.57	4.35	2.09	1.00	6.02	1.67	
Eje rio Cunas	1530	Tr = 500 años	475.40	3153.97	3158.37	5.17	104.21	38.14	2.73	4.40	2.46	1.00	6.88	2.48	
Eje rio Cunas	1520	Tr = 500 años	475.40	3154.06	3158.57	5.17	103.59	24.90	4.16	4.51	1.87	1.00	5.78	1.27	
Eje rio Cunas	1510	Tr = 500 años	475.40	3154.45	3158.77	5.19	101.26	24.95	4.06	4.32	1.94	1.00	5.65	1.33	
Eje rio Cunas	1500	Tr = 500 años	475.40	3154.83	3158.89	5.18	101.85	25.68	3.97	4.06	1.96	1.00	5.26	1.20	
Eje rio Cunas	1490	Tr = 500 años	475.40	3155.03	3158.97	5.18	101.24	24.89	4.07	3.94	1.94	1.00	5.03	1.09	
Eje rio Cunas	1480	Tr = 500 años	475.40	3155.11	3159.02	5.16	103.09	24.95	4.13	3.91	1.89	1.00	4.88	0.97	
Eje rio Cunas	1470	Tr = 500 años	475.40	3155.19	3159.08	5.18	101.95	24.91	4.09	3.89	1.92	1.00	4.91	1.02	
Eje rio Cunas	1460	Tr = 500 años	475.40	3155.19	3159.12	5.17	102.63	27.05	3.79	3.93	2.00	1.00	5.14	1.21	
Eje rio Cunas	1440	Tr = 500 años	475.40	3155.44	3159.29	5.15	102.16	24.95	4.09	3.85	1.91	1.00	4.84	0.99	
Eje rio Cunas	1420	Tr = 500 años	475.40	3155.48	3159.35	5.18	101.64	24.95	4.07	3.87	1.93	1.00	4.90	1.03	
Eje rio Cunas	1410	Tr = 500 años	475.40	3155.47	3159.32	5.33	95.18	24.90	3.82	3.85	2.15	1.00	5.28	1.43	
Eje rio Cunas	1400	Tr = 500 años	475.40	3155.54	3159.38	5.36	93.20	24.95	3.74	3.84	2.23	1.00	5.41	1.57	
Eje rio Cunas	1390	Tr = 500 años	475.40	3155.64	3159.50	5.17	101.26	24.95	4.06	3.86	1.94	1.00	4.91	1.05	
Eje rio Cunas	1380	Tr = 500 años	475.40	3155.61	3159.50	5.17	103.26	28.92	3.57	3.89	2.07	1.00	5.21	1.32	
Eje rio Cunas	1360	Tr = 500 años	475.40	3155.69	3159.61	5.18	101.69	24.89	4.09	3.92	1.93	1.00	4.97	1.05	
Eje rio Cunas	1340	Tr = 500 años	475.40	3155.98	3159.80	5.19	101.51	24.91	4.08	3.82	1.93	1.00	4.83	1.01	
Eje rio Cunas	1330	Tr = 500 años	475.40	3156.00	3159.86	5.14	103.61	24.93	4.16	3.86	1.87	1.00	4.77	0.91	
Eje rio Cunas	1320	Tr = 500 años	475.40	3156.01	3159.87	5.19	102.09	24.91	4.10	3.86	1.91	1.00	4.85	0.99	
Eje rio Cunas	1310	Tr = 500 años	475.40	3156.01	3159.99	5.14	102.45	24.91	4.11	3.98	1.90	1.00	5.02	1.04	
Eje rio Cunas	1300	Tr = 500 años	475.40	3156.04	3159.86	5.36	94.24	24.94	3.78	3.82	2.19	1.00	5.30	1.48	
Eje rio Cunas	1290	Tr = 500 años	475.40	3155.98	3159.89	5.36	94.07	24.93	3.77	3.91	2.19	1.00	5.46	1.55	
Eje rio Cunas	1280	Tr = 500 años	475.40	3155.98	3159.89	5.36	94.07	24.93	3.77	3.91	2.19	1.00	5.46	1.55	
Eje rio Cunas	1270	Tr = 500 años	475.40	3156.21	3160.11	5.35	93.55	24.89	3.76	3.90	2.21	1.00	5.48	1.58	
Eje rio Cunas	1260	Tr = 500 años	475.40	3156.31	3160.15	5.37	93.52	24.95	3.75	3.84	2.22	1.00	5.38	1.54	
Eje rio Cunas	1250	Tr = 500 años	475.40	3156.41	3160.23	5.34	94.36	24.91	3.79	3.82	2.18	1.00	5.29	1.47	CONCAVA
Eje rio Cunas	1240	Tr = 500 años	475.40	3156.38	3160.24	5.35	94.03	24.89	3.78	3.86	2.19	1.00	5.38	1.52	
Eje rio Cunas	1220	Tr = 500 años	475.40	3156.29	3160.25	5.42	91.60	24.88	3.68	3.96	2.29	1.00	5.73	1.77	
Eje rio Cunas	1200	Tr = 500 años	475.40	3156.25	3160.38	5.43	90.85	24.88	3.65	4.13	2.32	1.00	6.10	1.97	
Eje rio Cunas	1190	Tr = 500 años	475.40	3156.26	3160.37	5.55	86.91	24.92	3.49	4.11	2.50	1.00	6.41	2.30	
Eje rio Cunas	1180	Tr = 500 años	475.40	3156.45	3160.53	5.41	91.55	24.93	3.67	4.08	2.30	1.00	5.96	1.88	
Eje rio Cunas	1170	Tr = 500 años	475.40	3156.73	3160.67	5.46	90.14	24.89	3.62	3.94	2.35	1.00	5.81	1.87	
Eje rio Cunas	1160	Tr = 500 años	475.40	3157.04	3160.85	5.49	90.02	24.92	3.61	3.81	2.36	1.00	5.59	1.78	
Eje rio Cunas	1140	Tr = 500 años	475.40	3157.31	3161.07	5.37	94.43	24.96	3.78	3.76	2.18	1.00	5.18	1.42	
Eje rio Cunas	1120	Tr = 500 años	475.40	3157.41	3161.14	5.42	91.98	24.96	3.69	3.73	2.28	1.00	5.30	1.57	
Eje rio Cunas	1100	Tr = 500 años	475.40	3157.48	3161.23	5.40	92.85	24.95	3.72	3.75	2.24	1.00	5.27	1.53	
Eje rio Cunas	1080	Tr = 500 años	475.40	3157.58	3161.40	5.38	93.50	24.94	3.75	3.82	2.22	1.00	5.35	1.56	





Eje rio Cunas	1070	Tr = 500 años	475.40	3157.58	3161.45	5.38	93.47	24.94	3.75	3.87	2.22	1.00	5.44	1.57	
Eje rio Cunas	1060	Tr = 500 años	475.40	3157.59	3161.54	5.30	95.87	24.96	3.84	3.95	2.13	1.00	5.41	1.46	
Eje rio Cunas	1050	Tr = 500 años	475.40	3157.63	3161.57	5.34	94.30	24.95	3.78	3.94	2.19	1.00	5.50	1.56	
Eje rio Cunas	1040	Tr = 500 años	475.40	3157.70	3161.63	5.35	93.91	24.95	3.76	3.93	2.20	1.00	5.51	1.58	
Eje rio Cunas	1020	Tr = 500 años	475.40	3157.95	3161.75	5.39	93.06	24.95	3.73	3.80	2.24	1.00	5.35	1.55	
Eje rio Cunas	1000	Tr = 500 años	475.40	3158.01	3161.84	5.39	93.22	24.95	3.74	3.83	2.23	1.00	5.39	1.56	
Eje rio Cunas	980	Tr = 500 años	475.40	3158.25	3162.05	5.37	93.77	24.95	3.76	3.80	2.21	1.00	5.30	1.50	
Eje rio Cunas	960	Tr = 500 años	475.40	3158.55	3162.31	5.33	95.68	24.96	3.83	3.76	2.14	1.00	5.10	1.34	
Eje rio Cunas	940	Tr = 500 años	475.40	3158.68	3162.32	5.51	89.55	24.96	3.59	3.64	2.38	1.00	5.32	1.68	
Eje rio Cunas	920	Tr = 500 años	475.40	3158.82	3162.58	5.56	89.02	24.11	3.69	3.76	2.35	1.00	5.48	1.72	
Eje rio Cunas	900	Tr = 500 años	475.40	3158.95	3163.01	5.64	89.99	21.98	4.09	4.06	2.17	1.00	5.68	1.62	
Eje rio Cunas	890	Tr = 500 años	475.40	3158.94	3163.04	5.69	87.87	21.99	4.00	4.10	2.26	1.00	5.93	1.83	
Eje rio Cunas	880	Tr = 500 años	475.40	3158.80	3163.00	5.71	87.10	21.97	3.96	4.20	2.29	1.00	6.17	1.97	
Eje rio Cunas	860	Tr = 500 años	475.40	3158.64	3163.12	5.50	94.03	21.96	4.28	4.48	2.02	1.00	6.08	1.60	CONCAVA
Eje rio Cunas	850	Tr = 500 años	475.40	3159.27	3163.44	5.45	96.50	21.97	4.39	4.17	1.93	1.00	5.38	1.21	
Eje rio Cunas	840	Tr = 500 años	475.40	3159.31	3163.40	5.51	95.05	21.99	4.32	4.09	1.98	1.00	5.36	1.27	
Eje rio Cunas	820	Tr = 500 años	475.40	3159.07	3163.04	6.44	75.29	23.01	3.27	3.97	3.02	1.00	7.06	3.09	
Eje rio Cunas	800	Tr = 500 años	475.40	3159.37	3163.12	5.48	89.60	24.95	3.59	3.75	2.38	1.00	5.51	1.76	
Eje rio Cunas	790	Tr = 500 años	475.40	3159.50	3163.19	5.54	87.89	24.95	3.52	3.69	2.46	1.00	5.53	1.84	
Eje rio Cunas	780	Tr = 500 años	475.40	3159.38	3163.19	5.56	87.17	24.95	3.49	3.81	2.49	1.00	5.82	2.01	
Eje rio Cunas	770	Tr = 500 años	475.40	3159.34	3163.23	5.58	86.60	24.93	3.47	3.89	2.52	1.00	6.02	2.13	
Eje rio Cunas	760	Tr = 500 años	475.40	3159.31	3163.27	5.59	86.23	24.95	3.46	3.96	2.54	1.00	6.19	2.23	
Eje rio Cunas	750	Tr = 500 años	475.40	3159.32	3163.34	5.58	86.59	24.94	3.47	4.02	2.52	1.00	6.27	2.25	
Eje rio Cunas	740	Tr = 500 años	475.40	3159.36	3163.37	5.59	86.45	24.88	3.47	4.01	2.52	1.00	6.26	2.25	
Eje rio Cunas	720	Tr = 500 años	475.40	3159.64	3163.48	5.60	85.99	24.89	3.45	3.84	2.55	1.00	5.97	2.13	
Eje rio Cunas	710	Tr = 500 años	475.40	3159.71	3163.53	5.60	85.89	24.94	3.44	3.82	2.55	1.00	5.94	2.12	
Eje rio Cunas	700	Tr = 500 años	475.40	3159.78	3163.60	5.61	85.88	24.88	3.45	3.82	2.55	1.00	5.94	2.12	
Eje rio Cunas	690	Tr = 500 años	475.40	3159.84	3163.67	5.60	86.00	24.92	3.45	3.83	2.55	1.00	5.95	2.12	
Eje rio Cunas	680	Tr = 500 años	475.40	3159.85	3163.70	5.61	85.57	24.88	3.44	3.85	2.57	1.00	6.02	2.17	
Eje rio Cunas	660	Tr = 500 años	475.40	3159.90	3163.86	5.61	85.77	24.88	3.45	3.96	2.56	1.00	6.22	2.26	
Eje rio Cunas	640	Tr = 500 años	475.40	3159.97	3163.96	5.62	85.46	24.88	3.43	3.99	2.57	1.00	6.31	2.32	
Eje rio Cunas	620	Tr = 500 años	475.40	3160.26	3164.13	5.61	85.82	24.88	3.45	3.87	2.55	1.00	6.04	2.17	
Eje rio Cunas	600	Tr = 500 años	475.40	3160.53	3164.38	5.55	87.56	24.90	3.52	3.85	2.47	1.00	5.86	2.01	
Eje rio Cunas	580	Tr = 500 años	475.40	3160.76	3164.60	5.44	91.13	24.90	3.66	3.84	2.31	1.00	5.55	1.71	
Eje rio Cunas	560	Tr = 500 años	475.40	3161.07	3164.84	5.36	93.95	24.96	3.76	3.77	2.20	1.00	5.23	1.46	
Eje rio Cunas	550	Tr = 500 años	475.40	3161.17	3164.88	5.44	91.21	24.96	3.65	3.71	2.31	1.00	5.32	1.61	
Eje rio Cunas	540	Tr = 500 años	475.40	3161.16	3164.84	5.51	88.74	24.93	3.56	3.68	2.42	1.00	5.45	1.77	
Eje rio Cunas	530	Tr = 500 años	475.40	3160.97	3164.78	5.58	86.84	24.95	3.48	3.81	2.51	1.00	5.85	2.04	CONCAVA
Eje rio Cunas	520	Tr = 500 años	475.40	3160.95	3164.80	5.58	86.62	24.89	3.48	3.85	2.52	1.00	5.93	2.08	
Eje rio Cunas	510	Tr = 500 años	475.40	3160.97	3164.84	5.59	86.38	24.89	3.47	3.87	2.53	1.00	5.99	2.12	
Eje rio Cunas	500	Tr = 500 años	475.40	3160.96	3164.88	5.58	86.47	24.90	3.47	3.92	2.52	1.00	6.08	2.16	
Eje rio Cunas	490	Tr = 500 años	475.40	3161.08	3164.93	5.59	86.23	24.95	3.46	3.85	2.54	1.00	5.97	2.12	
Eje rio Cunas	480	Tr = 500 años	475.40	3161.30	3165.07	5.57	87.06	24.94	3.49	3.77	2.50	1.00	5.75	1.98	
Eje rio Cunas	470	Tr = 500 años	475.40	3161.36	3165.16	5.53	88.03	24.94	3.53	3.80	2.45	1.00	5.93	2.04	



Eje río Cunas	460	Tr = 500 años	475.40	3161.41	3165.24	5.49	89.36	24.95	3.58	3.83	2.39	1.00	5.68	1.85
Eje río Cunas	440	Tr = 500 años	475.40	3161.55	3165.37	5.54	88.07	24.95	3.53	3.82	2.45	1.00	5.76	1.94
Eje río Cunas	420	Tr = 500 años	475.40	3161.70	3165.51	5.52	88.69	24.96	3.55	3.81	2.42	1.00	5.70	1.89
Eje río Cunas	400	Tr = 500 años	475.40	3161.85	3165.67	5.51	88.90	24.96	3.56	3.82	2.41	1.00	5.70	1.88
Eje río Cunas	380	Tr = 500 años	475.40	3161.98	3165.79	5.52	88.55	24.96	3.55	3.81	2.43	1.00	5.71	1.90
Eje río Cunas	360	Tr = 500 años	475.40	3162.29	3166.09	5.47	90.81	24.97	3.64	3.80	2.33	1.00	5.51	1.71
Eje río Cunas	340	Tr = 500 años	475.40	3162.40	3166.19	5.29	96.52	24.96	3.87	3.79	2.10	1.00	5.09	1.30
Eje río Cunas	330	Tr = 500 años	475.40	3162.46	3166.31	5.36	94.40	24.97	3.78	3.85	2.18	1.00	5.34	1.49
Eje río Cunas	320	Tr = 500 años	475.40	3162.52	3166.22	5.43	91.79	24.96	3.68	3.70	2.29	1.00	5.26	1.56
Eje río Cunas	310	Tr = 500 años	475.40	3162.57	3166.37	5.39	93.23	24.95	3.74	3.80	2.23	1.00	5.33	1.53
Eje río Cunas	300	Tr = 500 años	475.40	3162.63	3166.39	5.40	92.81	24.93	3.72	3.76	2.24	1.00	5.29	1.53
Eje río Cunas	290	Tr = 500 años	475.40	3162.69	3166.40	5.47	90.53	24.96	3.63	3.71	2.34	1.00	5.37	1.66
Eje río Cunas	280	Tr = 500 años	475.40	3162.72	3166.50	5.43	91.68	24.97	3.67	3.78	2.29	1.00	5.41	1.63
Eje río Cunas	260	Tr = 500 años	475.40	3162.77	3166.51	5.55	88.41	24.96	3.54	3.74	2.44	1.00	5.59	1.85
Eje río Cunas	240	Tr = 500 años	475.40	3162.88	3166.60	5.53	88.97	24.96	3.56	3.72	2.41	1.00	5.51	1.79
Eje río Cunas	220	Tr = 500 años	475.40	3163.00	3166.70	5.51	89.16	24.96	3.57	3.70	2.40	1.00	5.46	1.76
Eje río Cunas	200	Tr = 500 años	475.40	3163.02	3166.77	5.52	88.71	24.96	3.55	3.75	2.42	1.00	5.58	1.83
Eje río Cunas	180	Tr = 500 años	475.40	3163.09	3166.91	5.51	89.17	24.96	3.57	3.82	2.40	1.00	5.68	1.86
Eje río Cunas	170	Tr = 500 años	475.40	3163.13	3167.00	5.44	91.25	24.96	3.66	3.87	2.31	1.00	5.61	1.74
Eje río Cunas	160	Tr = 500 años	475.40	3163.28	3167.09	5.43	91.71	24.92	3.68	3.81	2.29	1.00	5.46	1.65
Eje río Cunas	140	Tr = 500 años	475.40	3163.54	3167.31	5.44	91.48	24.93	3.67	3.77	2.30	1.00	5.41	1.64
Eje río Cunas	120	Tr = 500 años	475.40	3163.59	3167.32	5.53	88.55	24.92	3.55	3.73	2.43	1.00	5.55	1.82
Eje río Cunas	100	Tr = 500 años	475.40	3163.39	3167.23	5.58	86.55	24.89	3.48	3.84	2.52	1.00	5.92	2.08
Eje río Cunas	80	Tr = 500 años	475.40	3163.82	3167.52	5.54	87.76	24.91	3.52	3.70	2.46	1.00	5.56	1.86
Eje río Cunas	60	Tr = 500 años	475.40	3163.87	3167.74	5.54	87.98	24.91	3.53	3.87	2.45	1.00	5.86	1.99
Eje río Cunas	40	Tr = 500 años	475.40	3163.74	3167.73	5.63	85.28	24.95	3.42	3.99	2.59	1.00	6.33	2.34
Eje río Cunas	30	Tr = 500 años	475.40	3163.25	3167.60	5.78	82.21	23.86	3.45	4.35	2.67	1.00	7.22	2.87
Eje río Cunas	20	Tr = 500 años	475.40	3163.22	3167.77	5.70	83.34	23.94	3.48	4.55	2.61	1.00	7.52	2.97
Eje río Cunas	0	Tr = 500 años	475.40	3164.48	3168.29	5.59	86.58	24.90	3.48	3.81	2.52	1.00	5.86	2.05
<b>MINIMO</b>														<b>0.85</b>
<b>MAXIMO</b>														<b>3.09</b>
<b>PROMEDIO</b>														<b>1.62</b>
<b>DESVIACION</b>														<b>0.41</b>

## 2.6. Determinación de Altura de Muro de Defensa Ribereña

La altura del muro de Defensa ribereña se determinara con la siguiente Formula

$$H = H_o + BI + ds$$

Donde:

H: Altura de muro

H<sub>o</sub>: Tirante del agua

BI: Borde libre calculado

Ing. Anderson L. Condori Paytan - Especialista en Hidráulica


  
 Magno Molina Castro
   
 INGENIERO AGRÍCOLA
   
 CIP. N° 87151



ds: Altura de Socavación

Cuadro 2-4: Determinación de Altura de Muro de defensa Ribereña

DETERMINACION DE LA ALTURA DE MURO

Rio	Est. Rio	Tr	Q Total (m <sup>3</sup> /s)	Min Ch El (m)	W.S. Elev (m)	Vel Chnl (m/s)	Tirante (Yo) (m)	Socavación Tr = 500 años (m)	Borde Libre (m)	Altura de Muro (m)
Eje rio Cunas	2800	Tr = 100 años	299.00	3144.62	3146.63	5.89	2.01	2.72	1.35	6.08
Eje rio Cunas	2780	Tr = 100 años	299.00	3144.75	3147.68	4.92	2.93	1.76	1.35	6.04
Eje rio Cunas	2760	Tr = 100 años	299.00	3144.94	3148.03	4.92	3.09	2.12	1.35	6.56
Eje rio Cunas	2740	Tr = 100 años	299.00	3145.78	3148.66	4.92	2.88	1.59	1.35	5.82
Eje rio Cunas	2720	Tr = 100 años	299.00	3146.29	3149.09	4.91	2.80	1.61	1.35	5.76
Eje rio Cunas	2700	Tr = 100 años	299.00	3146.67	3149.51	4.92	2.84	1.49	1.35	5.68
Eje rio Cunas	2680	Tr = 100 años	299.00	3146.83	3149.83	4.93	3.00	1.39	1.35	5.74
Eje rio Cunas	2660	Tr = 100 años	299.00	3147.14	3150.31	4.91	3.17	1.37	1.35	5.89
Eje rio Cunas	2650	Tr = 100 años	299.00	3147.44	3150.53	4.93	3.09	1.27	1.35	5.71
Eje rio Cunas	2640	Tr = 100 años	299.00	3147.81	3150.85	4.92	3.04	1.14	1.35	5.53
Eje rio Cunas	2630	Tr = 100 años	299.00	3148.22	3150.98	4.91	2.76	1.20	1.35	5.31
Eje rio Cunas	2620	Tr = 100 años	299.00	3148.36	3151.13	4.87	2.77	1.37	1.35	5.49
Eje rio Cunas	2610	Tr = 100 años	299.00	3148.49	3151.27	4.92	2.78	1.19	1.35	5.32
Eje rio Cunas	2600	Tr = 100 años	299.00	3148.64	3151.45	4.91	2.81	1.36	1.35	5.52
Eje rio Cunas	2580	Tr = 100 años	299.00	3148.60	3151.47	4.92	2.87	1.32	1.35	5.54
Eje rio Cunas	2560	Tr = 100 años	299.00	3148.58	3151.44	4.92	2.86	1.47	1.35	5.68
Eje rio Cunas	2540	Tr = 100 años	299.00	3148.69	3151.71	4.92	3.02	1.08	1.35	5.45
Eje rio Cunas	2520	Tr = 100 años	299.00	3148.63	3151.53	4.94	2.90	1.86	1.35	6.11
Eje rio Cunas	2510	Tr = 100 años	299.00	3148.63	3151.53	4.92	2.90	1.78	1.35	6.03
Eje rio Cunas	2500	Tr = 100 años	299.00	3148.62	3151.54	4.92	2.92	1.48	1.35	5.75
Eje rio Cunas	2480	Tr = 100 años	299.00	3148.71	3151.57	4.92	2.86	1.48	1.35	5.69
Eje rio Cunas	2460	Tr = 100 años	299.00	3148.77	3151.61	4.92	2.84	1.61	1.35	5.80
Eje rio Cunas	2440	Tr = 100 años	299.00	3148.82	3151.64	4.92	2.82	1.63	1.35	5.80
Eje rio Cunas	2420	Tr = 100 años	299.00	3148.86	3151.65	4.92	2.79	1.51	1.35	5.65
Eje rio Cunas	2400	Tr = 100 años	299.00	3148.91	3151.68	4.92	2.77	1.50	1.35	5.62
Eje rio Cunas	2390	Tr = 100 años	299.00	3148.91	3151.73	4.91	2.82	1.65	1.35	5.82
Eje rio Cunas	2380	Tr = 100 años	299.00	3148.91	3151.77	4.91	2.86	1.60	1.35	5.81
Eje rio Cunas	2370	Tr = 100 años	299.00	3148.90	3151.80	4.92	2.90	1.60	1.35	5.85
Eje rio Cunas	2360	Tr = 100 años	299.00	3148.87	3151.81	4.95	2.94	1.74	1.35	6.03
Eje rio Cunas	2350	Tr = 100 años	299.00	3148.97	3151.93	4.92	2.96	1.75	1.35	6.06
Eje rio Cunas	2340	Tr = 100 años	299.00	3149.17	3152.06	4.92	2.89	1.84	1.35	6.08
Eje rio Cunas	2320	Tr = 100 años	299.00	3149.48	3152.32	4.90	2.84	1.67	1.35	5.86
Eje rio Cunas	2300	Tr = 100 años	299.00	3149.74	3152.54	4.93	2.80	1.20	1.35	5.35
Eje rio Cunas	2280	Tr = 100 años	299.00	3149.79	3152.63	4.92	2.84	1.36	1.35	5.55
Eje rio Cunas	2270	Tr = 100 años	299.00	3149.69	3152.55	4.98	2.86	1.52	1.35	5.73
Eje rio Cunas	2260	Tr = 100 años	299.00	3149.59	3152.60	4.93	3.01	1.66	1.35	6.02
Eje rio Cunas	2250	Tr = 100 años	299.00	3149.63	3152.63	4.93	3.00	1.76	1.35	6.11





Eje rio Cunas	2240	Tr = 100 años	299.00	3149.69	3152.69	4.92	3.00	1.83	1.35	6.18
Eje rio Cunas	2230	Tr = 100 años	299.00	3149.76	3152.75	4.91	2.99	1.87	1.35	6.21
Eje rio Cunas	2220	Tr = 100 años	299.00	3149.83	3152.80	4.92	2.97	1.88	1.35	6.20
Eje rio Cunas	2210	Tr = 100 años	299.00	3149.90	3152.86	4.92	2.96	1.80	1.35	6.11
Eje rio Cunas	2200	Tr = 100 años	299.00	3149.98	3152.90	4.93	2.92	1.72	1.35	5.99
Eje rio Cunas	2180	Tr = 100 años	299.00	3150.04	3152.96	4.93	2.92	1.86	1.35	6.13
Eje rio Cunas	2160	Tr = 100 años	299.00	3150.02	3153.02	4.92	3.00	2.33	1.35	6.68
Eje rio Cunas	2140	Tr = 100 años	299.00	3150.26	3153.21	4.92	2.95	2.13	1.35	6.43
Eje rio Cunas	2130	Tr = 100 años	299.00	3150.42	3153.29	4.92	2.87	1.94	1.35	6.16
Eje rio Cunas	2120	Tr = 100 años	299.00	3150.47	3153.31	4.92	2.84	1.74	1.35	5.93
Eje rio Cunas	2110	Tr = 100 años	299.00	3150.58	3153.40	4.92	2.82	1.75	1.35	5.92
Eje rio Cunas	2100	Tr = 100 años	299.00	3150.76	3153.56	4.90	2.80	1.64	1.35	5.79
Eje rio Cunas	2090	Tr = 100 años	299.00	3150.88	3153.68	4.92	2.80	1.29	1.35	5.44
Eje rio Cunas	2080	Tr = 100 años	299.00	3150.99	3153.75	4.92	2.76	1.01	1.35	5.12
Eje rio Cunas	2060	Tr = 100 años	299.00	3151.16	3153.85	4.92	2.69	1.03	1.35	5.07
Eje rio Cunas	2040	Tr = 100 años	299.00	3151.18	3153.86	4.93	2.68	0.92	1.35	4.95
Eje rio Cunas	2020	Tr = 100 años	299.00	3151.31	3153.97	4.93	2.66	0.85	1.35	4.86
Eje rio Cunas	2010	Tr = 100 años	299.00	3151.31	3154.00	4.92	2.69	1.01	1.35	5.05
Eje rio Cunas	2000	Tr = 100 años	299.00	3151.32	3154.01	4.91	2.69	0.96	1.35	5.00
Eje rio Cunas	1990	Tr = 100 años	299.00	3151.31	3154.02	4.92	2.71	1.05	1.35	5.11
Eje rio Cunas	1980	Tr = 100 años	299.00	3151.23	3154.03	4.90	2.80	1.26	1.35	5.41
Eje rio Cunas	1960	Tr = 100 años	299.00	3151.18	3154.09	4.91	2.91	1.14	1.35	5.40
Eje rio Cunas	1940	Tr = 100 años	299.00	3151.24	3154.15	4.91	2.91	1.38	1.35	5.64
Eje rio Cunas	1920	Tr = 100 años	299.00	3151.53	3154.27	4.92	2.74	1.10	1.35	5.19
Eje rio Cunas	1900	Tr = 100 años	299.00	3151.59	3154.41	4.92	2.82	1.18	1.35	5.35
Eje rio Cunas	1880	Tr = 100 años	299.00	3151.89	3154.63	4.93	2.74	0.87	1.35	4.96
Eje rio Cunas	1860	Tr = 100 años	299.00	3151.93	3154.73	4.91	2.80	1.73	1.35	5.88
Eje rio Cunas	1850	Tr = 100 años	299.00	3152.08	3154.77	4.91	2.69	1.82	1.35	5.86
Eje rio Cunas	1840	Tr = 100 años	299.00	3151.86	3154.82	4.91	2.96	2.09	1.35	6.40
Eje rio Cunas	1830	Tr = 100 años	299.00	3152.05	3154.81	4.91	2.76	2.05	1.35	6.16
Eje rio Cunas	1820	Tr = 100 años	299.00	3152.00	3154.77	4.91	2.77	1.10	1.35	5.22
Eje rio Cunas	1810	Tr = 100 años	299.00	3151.94	3154.83	4.84	2.89	1.93	1.35	6.17
Eje rio Cunas	1800	Tr = 100 años	299.00	3152.11	3154.91	4.85	2.80	1.58	1.35	5.73
Eje rio Cunas	1780	Tr = 100 años	299.00	3152.11	3154.89	4.91	2.78	1.08	1.35	5.21
Eje rio Cunas	1760	Tr = 100 años	299.00	3152.31	3155.01	4.93	2.70	0.99	1.35	5.04
Eje rio Cunas	1740	Tr = 100 años	299.00	3152.37	3155.22	4.85	2.85	1.49	1.35	5.69
Eje rio Cunas	1730	Tr = 100 años	299.00	3152.35	3155.17	4.89	2.82	1.30	1.35	5.47
Eje rio Cunas	1720	Tr = 100 años	299.00	3152.35	3155.15	4.91	2.80	1.11	1.35	5.26
Eje rio Cunas	1710	Tr = 100 años	299.00	3152.26	3155.24	4.75	2.98	1.77	1.35	6.10
Eje rio Cunas	1700	Tr = 100 años	299.00	3152.43	3155.25	4.91	2.82	1.07	1.35	5.24
Eje rio Cunas	1680	Tr = 100 años	299.00	3152.32	3155.39	4.93	3.07	1.36	1.35	5.78
Eje rio Cunas	1660	Tr = 100 años	299.00	3152.49	3155.59	4.93	3.10	1.40	1.35	5.85
Eje rio Cunas	1640	Tr = 100 años	299.00	3153.10	3155.96	4.92	2.86	1.16	1.35	5.37
Eje rio Cunas	1620	Tr = 100 años	299.00	3153.63	3156.36	4.93	2.73	0.91	1.35	4.89





Eje río Cunas	1600	Tr = 100 años	299.00	3153.82	3156.63	4.92	2.81	1.12	1.35	5.28
Eje río Cunas	1580	Tr = 100 años	299.00	3154.07	3156.83	4.91	2.76	1.00	1.35	5.11
Eje río Cunas	1560	Tr = 100 años	299.00	3154.01	3156.97	4.93	2.96	1.18	1.35	5.49
Eje río Cunas	1550	Tr = 100 años	299.00	3154.00	3157.16	4.81	3.16	1.71	1.35	6.22
Eje río Cunas	1540	Tr = 100 años	299.00	3153.98	3157.24	4.88	3.26	1.67	1.35	6.28
Eje río Cunas	1530	Tr = 100 años	299.00	3153.97	3157.43	4.69	3.46	2.48	1.35	7.29
Eje río Cunas	1520	Tr = 100 años	299.00	3154.06	3157.48	4.94	3.42	1.27	1.35	6.04
Eje río Cunas	1510	Tr = 100 años	299.00	3154.45	3157.65	4.93	3.20	1.33	1.35	5.88
Eje río Cunas	1500	Tr = 100 años	299.00	3154.83	3157.78	4.93	2.95	1.20	1.35	5.50
Eje río Cunas	1490	Tr = 100 años	299.00	3155.03	3157.84	4.93	2.81	1.09	1.35	5.25
Eje río Cunas	1480	Tr = 100 años	299.00	3155.11	3157.91	4.92	2.80	0.97	1.35	5.12
Eje río Cunas	1470	Tr = 100 años	299.00	3155.19	3157.97	4.93	2.78	1.02	1.35	5.15
Eje río Cunas	1460	Tr = 100 años	299.00	3155.19	3158.03	4.91	2.84	1.21	1.35	5.40
Eje río Cunas	1440	Tr = 100 años	299.00	3155.44	3158.17	4.90	2.73	0.99	1.35	5.07
Eje río Cunas	1420	Tr = 100 años	299.00	3155.48	3158.24	4.90	2.76	1.03	1.35	5.14
Eje río Cunas	1410	Tr = 100 años	299.00	3155.47	3158.25	4.91	2.78	1.43	1.35	5.56
Eje río Cunas	1400	Tr = 100 años	299.00	3155.54	3158.30	4.92	2.76	1.57	1.35	5.68
Eje río Cunas	1390	Tr = 100 años	299.00	3155.64	3158.38	4.93	2.74	1.05	1.35	5.14
Eje río Cunas	1380	Tr = 100 años	299.00	3155.61	3158.43	4.89	2.82	1.32	1.35	5.49
Eje río Cunas	1360	Tr = 100 años	299.00	3155.69	3158.49	4.94	2.80	1.05	1.35	5.20
Eje río Cunas	1340	Tr = 100 años	299.00	3155.98	3158.71	4.91	2.73	1.01	1.35	5.09
Eje río Cunas	1330	Tr = 100 años	299.00	3156.00	3158.73	4.94	2.73	0.91	1.35	4.99
Eje río Cunas	1320	Tr = 100 años	299.00	3156.01	3158.78	4.93	2.77	0.99	1.35	5.11
Eje río Cunas	1310	Tr = 100 años	299.00	3156.01	3158.85	4.92	2.84	1.04	1.35	5.23
Eje río Cunas	1300	Tr = 100 años	299.00	3156.04	3158.81	4.91	2.77	1.48	1.35	5.60
Eje río Cunas	1290	Tr = 100 años	299.00	3155.98	3158.83	4.92	2.85	1.55	1.35	5.75
Eje río Cunas	1280	Tr = 100 años	299.00	3155.98	3158.83	4.93	2.85	1.55	1.35	5.75
Eje río Cunas	1270	Tr = 100 años	299.00	3156.21	3159.02	4.92	2.81	1.58	1.35	5.74
Eje río Cunas	1260	Tr = 100 años	299.00	3156.31	3159.09	4.91	2.78	1.54	1.35	5.67
Eje río Cunas	1250	Tr = 100 años	299.00	3156.41	3159.15	4.92	2.74	1.47	1.35	5.56
Eje río Cunas	1240	Tr = 100 años	299.00	3156.38	3159.16	4.92	2.78	1.52	1.35	5.65
Eje río Cunas	1220	Tr = 100 años	299.00	3156.29	3159.21	4.91	2.92	1.77	1.35	6.04
Eje río Cunas	1200	Tr = 100 años	299.00	3156.25	3159.32	4.93	3.07	1.97	1.35	6.39
Eje río Cunas	1190	Tr = 100 años	299.00	3156.26	3159.37	4.92	3.11	2.30	1.35	6.76
Eje río Cunas	1180	Tr = 100 años	299.00	3156.45	3159.46	4.92	3.01	1.88	1.35	6.24
Eje río Cunas	1170	Tr = 100 años	299.00	3156.73	3159.63	4.92	2.90	1.87	1.35	6.12
Eje río Cunas	1160	Tr = 100 años	299.00	3157.04	3159.85	4.92	2.81	1.78	1.35	5.94
Eje río Cunas	1140	Tr = 100 años	299.00	3157.31	3160.02	4.92	2.71	1.42	1.35	5.48
Eje río Cunas	1120	Tr = 100 años	299.00	3157.41	3160.10	4.91	2.69	1.57	1.35	5.61
Eje río Cunas	1100	Tr = 100 años	299.00	3157.48	3160.19	4.90	2.71	1.52	1.35	5.58
Eje río Cunas	1080	Tr = 100 años	299.00	3157.58	3160.35	4.91	2.77	1.53	1.35	5.65
Eje río Cunas	1070	Tr = 100 años	299.00	3157.58	3160.40	4.91	2.82	1.57	1.35	5.74
Eje río Cunas	1060	Tr = 100 años	299.00	3157.59	3160.44	4.92	2.85	1.46	1.35	5.66
Eje río Cunas	1050	Tr = 100 años	299.00	3157.63	3160.49	4.92	2.86	1.56	1.35	5.77





Eje rio Cunas	1040	Tr = 100 años	299.00	3157.70	3160.55	4.92	2.85	1.58	1.35	5.78
Eje rio Cunas	1020	Tr = 100 años	299.00	3157.95	3160.70	4.91	2.75	1.55	1.35	5.65
Eje rio Cunas	1000	Tr = 100 años	299.00	3158.01	3160.79	4.91	2.78	1.56	1.35	5.69
Eje rio Cunas	980	Tr = 100 años	299.00	3158.25	3161.00	4.92	2.75	1.50	1.35	5.60
Eje rio Cunas	960	Tr = 100 años	299.00	3158.55	3161.24	4.92	2.69	1.34	1.35	5.38
Eje rio Cunas	940	Tr = 100 años	299.00	3158.68	3161.33	4.92	2.65	1.68	1.35	5.68
Eje rio Cunas	920	Tr = 100 años	299.00	3158.82	3161.57	4.96	2.75	1.72	1.35	5.82
Eje rio Cunas	900	Tr = 100 años	299.00	3158.95	3161.92	5.14	2.97	1.62	1.35	5.94
Eje rio Cunas	890	Tr = 100 años	299.00	3158.94	3161.95	5.12	3.01	1.83	1.35	6.19
Eje rio Cunas	880	Tr = 100 años	299.00	3158.80	3161.87	5.18	3.07	1.97	1.35	6.39
Eje rio Cunas	860	Tr = 100 años	299.00	3158.64	3161.94	5.14	3.30	1.60	1.35	6.25
Eje rio Cunas	850	Tr = 100 años	299.00	3159.27	3162.28	5.13	3.01	1.21	1.35	5.57
Eje rio Cunas	840	Tr = 100 años	299.00	3159.31	3162.25	5.13	2.94	1.27	1.35	5.56
Eje rio Cunas	820	Tr = 100 años	299.00	3159.07	3161.58	5.86	2.51	3.09	1.35	6.95
Eje rio Cunas	800	Tr = 100 años	299.00	3159.37	3162.10	4.92	2.73	1.76	1.35	5.84
Eje rio Cunas	790	Tr = 100 años	299.00	3159.50	3162.20	4.92	2.70	1.84	1.35	5.89
Eje rio Cunas	780	Tr = 100 años	299.00	3159.38	3162.21	4.92	2.83	2.01	1.35	6.19
Eje rio Cunas	770	Tr = 100 años	299.00	3159.34	3162.26	4.92	2.92	2.13	1.35	6.40
Eje rio Cunas	760	Tr = 100 años	299.00	3159.31	3162.31	4.91	3.00	2.23	1.35	6.58
Eje rio Cunas	750	Tr = 100 años	299.00	3159.32	3162.37	4.91	3.05	2.25	1.35	6.65
Eje rio Cunas	740	Tr = 100 años	299.00	3159.36	3162.40	4.92	3.04	2.25	1.35	6.64
Eje rio Cunas	720	Tr = 100 años	299.00	3159.64	3162.53	4.91	2.89	2.13	1.35	6.37
Eje rio Cunas	710	Tr = 100 años	299.00	3159.71	3162.58	4.92	2.87	2.12	1.35	6.34
Eje rio Cunas	700	Tr = 100 años	299.00	3159.78	3162.64	4.92	2.86	2.12	1.35	6.33
Eje rio Cunas	690	Tr = 100 años	299.00	3159.84	3162.71	4.92	2.87	2.12	1.35	6.34
Eje rio Cunas	680	Tr = 100 años	299.00	3159.85	3162.75	4.93	2.90	2.17	1.35	6.42
Eje rio Cunas	660	Tr = 100 años	299.00	3159.90	3162.90	4.92	3.00	2.26	1.35	6.61
Eje rio Cunas	640	Tr = 100 años	299.00	3159.97	3163.00	4.92	3.03	2.32	1.35	6.70
Eje rio Cunas	620	Tr = 100 años	299.00	3160.26	3163.17	4.92	2.91	2.17	1.35	6.43
Eje rio Cunas	600	Tr = 100 años	299.00	3160.53	3163.40	4.92	2.87	2.01	1.35	6.23
Eje rio Cunas	580	Tr = 100 años	299.00	3160.76	3163.56	4.92	2.80	1.71	1.35	5.86
Eje rio Cunas	560	Tr = 100 años	299.00	3161.07	3163.78	4.92	2.71	1.46	1.35	5.52
Eje rio Cunas	550	Tr = 100 años	299.00	3161.17	3163.84	4.92	2.67	1.61	1.35	5.63
Eje rio Cunas	540	Tr = 100 años	299.00	3161.16	3163.84	4.91	2.68	1.77	1.35	5.80
Eje rio Cunas	530	Tr = 100 años	299.00	3160.97	3163.81	4.92	2.84	2.04	1.35	6.23
Eje rio Cunas	520	Tr = 100 años	299.00	3160.95	3163.84	4.91	2.89	2.08	1.35	6.32
Eje rio Cunas	510	Tr = 100 años	299.00	3160.97	3163.88	4.92	2.91	2.12	1.35	6.38
Eje rio Cunas	500	Tr = 100 años	299.00	3160.96	3163.90	4.92	2.94	2.16	1.35	6.45
Eje rio Cunas	490	Tr = 100 años	299.00	3161.08	3163.96	4.92	2.88	2.12	1.35	6.35
Eje rio Cunas	480	Tr = 100 años	299.00	3161.30	3164.09	4.92	2.79	1.98	1.35	6.12
Eje rio Cunas	470	Tr = 100 años	299.00	3161.36	3164.16	4.92	2.80	1.93	1.35	6.08
Eje rio Cunas	460	Tr = 100 años	299.00	3161.41	3164.23	4.91	2.82	1.85	1.35	6.02
Eje rio Cunas	440	Tr = 100 años	299.00	3161.55	3164.39	4.92	2.84	1.94	1.35	6.13
Eje rio Cunas	420	Tr = 100 años	299.00	3161.70	3164.52	4.92	2.82	1.89	1.35	6.05





Eje rio Cunas	400	Tr = 100 años	299.00	3161.85	3164.67	4.92	2.82	1.88	1.35	6.05
Eje rio Cunas	380	Tr = 100 años	299.00	3161.98	3164.80	4.91	2.82	1.90	1.35	6.07
Eje rio Cunas	360	Tr = 100 años	299.00	3162.29	3165.09	4.92	2.80	1.71	1.35	5.86
Eje rio Cunas	340	Tr = 100 años	299.00	3162.40	3165.10	4.92	2.70	1.30	1.35	5.35
Eje rio Cunas	330	Tr = 100 años	299.00	3162.46	3165.28	4.90	2.82	1.49	1.35	5.66
Eje rio Cunas	320	Tr = 100 años	299.00	3162.52	3165.18	4.92	2.66	1.56	1.35	5.57
Eje rio Cunas	310	Tr = 100 años	299.00	3162.57	3165.34	4.91	2.77	1.53	1.35	5.65
Eje rio Cunas	300	Tr = 100 años	299.00	3162.63	3165.35	4.92	2.72	1.53	1.35	5.60
Eje rio Cunas	290	Tr = 100 años	299.00	3162.69	3165.40	4.91	2.71	1.66	1.35	5.72
Eje rio Cunas	280	Tr = 100 años	299.00	3162.72	3165.47	4.92	2.75	1.63	1.35	5.73
Eje rio Cunas	260	Tr = 100 años	299.00	3162.77	3165.55	4.91	2.78	1.85	1.35	5.98
Eje rio Cunas	240	Tr = 100 años	299.00	3162.88	3165.63	4.91	2.75	1.79	1.35	5.89
Eje rio Cunas	220	Tr = 100 años	299.00	3163.00	3165.71	4.92	2.71	1.76	1.35	5.82
Eje rio Cunas	200	Tr = 100 años	299.00	3163.02	3165.78	4.90	2.76	1.83	1.35	5.94
Eje rio Cunas	180	Tr = 100 años	299.00	3163.09	3165.91	4.92	2.82	1.86	1.35	6.03
Eje rio Cunas	170	Tr = 100 años	299.00	3163.13	3165.98	4.92	2.85	1.74	1.35	5.94
Eje rio Cunas	160	Tr = 100 años	299.00	3163.28	3166.06	4.92	2.78	1.65	1.35	5.78
Eje rio Cunas	140	Tr = 100 años	299.00	3163.54	3166.29	4.92	2.75	1.64	1.35	5.74
Eje rio Cunas	120	Tr = 100 años	299.00	3163.59	3166.34	4.91	2.75	1.82	1.35	5.92
Eje rio Cunas	100	Tr = 100 años	299.00	3163.39	3166.26	4.92	2.87	2.08	1.35	6.30
Eje rio Cunas	80	Tr = 100 años	299.00	3163.82	3166.54	4.91	2.72	1.86	1.35	5.93
Eje rio Cunas	60	Tr = 100 años	299.00	3163.87	3166.77	4.90	2.90	1.99	1.35	6.24
Eje rio Cunas	40	Tr = 100 años	299.00	3163.74	3166.78	4.92	3.04	2.34	1.35	6.73
Eje rio Cunas	30	Tr = 100 años	299.00	3163.25	3166.67	5.01	3.42	2.87	1.35	7.64
Eje rio Cunas	20	Tr = 100 años	299.00	3163.22	3166.86	4.94	3.64	2.97	1.35	7.96
Eje rio Cunas	0	Tr = 100 años	299.00	3164.48	3167.32	4.92	2.84	2.05	1.35	6.24
<b>MINIMO</b>							<b>2.01</b>			<b>4.86</b>
<b>MAXIMO</b>							<b>3.64</b>			<b>7.96</b>
<b>PROMEDIO</b>							<b>2.86</b>			<b>5.83</b>
<b>DESVIACION</b>							<b>0.16</b>			<b>0.49</b>

## 2.7. Conclusiones y Recomendaciones

- El proyecto de tesis consiste en ejecutar obras de defensa ribereña en el rio Cunas, distrito de Chupaca, Provincia de Chupaca para el cual se considera un periodo de retorno de 100 años para el modelamiento hidráulico (caudales) y 500 años para el cálculo de socavación.
- Longitud de intervención 2800 m en sentido del cauce del rio Cunas en el distrito de Chupaca - **I etapa (margén derecha a partir del puente peatonal Muqui – progresiva 0+000 hasta la progresiva 2+800 – altura de caseta de bombeo de desagüe).**
- El proyecto deberá de contemplar una partida para la limpieza y encauce en ambas márgenes del rio con una longitud aproximada de 2,800.00 metros lineales, para el adecuado trabajo de las estructuras de defensa y aplicación del cauce.





➤ Resultados Hidráulicos

**Ancho promedio de río = 25 m**

Velocidad	4.92 m/seg
Borde libre calculado	1.35 m
Tirante	2.86 m
Socavación	1.62 m
Altura de defensa ribereña mínimo recomendado	5.83 m
Pendiente variable según topografía de cauce de río	

Se opta el criterio de borde libre igual a 0.50 m

Altura mínima de muro de defensa ribereña (b = 25 m) 4.98 m

Instalación de colchón reno para efectos de control de socavación, la misma que garantiza la estabilidad del muro contra efectos de socavación.

**Altura mínima de muro final**

**5.00 m**

- La etapa hidráulica corresponde a los dimensionamientos óptimos de las estructuras que el proyecto lo conforma.
- Las dimensiones calculadas en el presente estudio se implementara en los planos respectivos.

