



Diseño hidráulico de presas de gaviones para control de aluviones en la quebrada la comuna del DMQ.

Parra Fuepaz, Luis Ancelmo; Pogo Chafla, Kevin Adrián; Sanipatín Páez, Juan Pablo y
Viteri Ansatuña, Galo David

Departamento de Ciencias de la Tierra y de la Construcción

Carrera de Ingeniería Civil

Trabajo de Integración Curricular, previo a la obtención del título de Ingeniero Civil

Ing. Masabanda Caisaguano Marco Vinicio PhD

14 de agosto del 2022



MIC_LACOMUNA_202250.docx

Scanned on: 16:57 August 23, 2022 UTC



Overall Similarity Score



Results Found



Total Words in Text

Identical Words	511
Words with Minor Changes	186
Paraphrased Words	157
Omitted Words	0



Website | Education | Businesses



Departamento de Ciencias de la Tierra y de la Construcción

Carrera de Ingeniería Civil

Certificación

Certifico que el trabajo de integración curricular: “**Diseño hidráulico de presas de gaviones para control de aluviones en la quebrada la comuna del DMQ**” fue realizado por los señores **Parra Fuelpaz, Luis Ancelmo; Pogo Chafra, Kevin Adrián; Sanipatín Páez, Juan Pablo y Viteri Ansatuña, Galo David**; el mismo que cumple con los requisitos legales, teóricos, científicos, técnicos y metodológicos establecidos por la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE, además fue revisado y analizada en su totalidad por la herramienta de prevención y/o verificación de similitud de contenidos; razón por la cual me permito acreditar y autorizar para que se lo sustente públicamente.

Sangolquí, 14 de agosto de 2022



Firmado electrónicamente por:
MARCO VINICIO
MASABANDA
CAISAGUANO

Ing. Masabanda Caisaguano Marco Vinicio PhD.

C.C: 1802179190



Departamento de Ciencias de la Tierra y de la Construcción

Carrera de Ingeniería Civil

Responsabilidad de Autoría

Nosotros, **Parra Fulpaz, Luis Ancelmo; Pogo Chafla, Kevin Adrián; Sanipatín Páez, Juan Pablo y Viteri Ansatuña, Galo David;** con cédulas de ciudadanía N° 1726305343, 1725944175, 1003082128 y 1717297186, declaramos que el contenido, ideas y criterios del trabajo de integración curricular: **"Diseño hidráulico de presas de gaviones para control de aluviones en la quebrada la comuna del DMQ"** es de nuestra autoría y responsabilidad, cumpliendo con los requisitos legales, teóricos, científicos, técnicos, y metodológicos establecidos por la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE, respetando los derechos intelectuales de terceros y referenciando las citas bibliográficas.

Sangolquí, 14 de agosto de 2022

Parra Fulpaz, Luis Ancelmo

C.C.: 1726305343

Sanipatín Páez, Juan Pablo

C.C.: 1003082128

Pogo Chafla, Kevin Adrián

C.C.: 1725944175

Viteri Ansatuña, Galo David

C.C.: 1717297186



Departamento de Ciencias de la Tierra y de la Construcción

Carrera de Ingeniería Civil

Autorización de publicación

Nosotros, **Parra Fuelpaz, Luis Ancelmo; Pogo Chafla, Kevin Adrián; Sanipatín Páez, Juan Pablo y Viteri Ansatuña, Galo David;** con cédulas de ciudadanía, N° 1726305343, 1725944175, 1003082128, 1717297186, autorizamos a la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE publicar el trabajo de integración curricular: **“Diseño hidráulico de presas de gaviones para control de aluviones en la quebrada la comuna del DMQ”** en el Repositorio Institucional, cuyo contenido, ideas y criterios son de nuestra responsabilidad.

Sangolquí, 14 de agosto de 2022

Parra Fuelpaz, Luis Ancelmo

C.C.: 1726305343

Pogo Chafla, Kevin Adrián

C.C.: 1725944175

Sanipatín Páez, Juan Pablo

C.C.: 1003082128

Viteri Ansatuña, Galo David

C.C.: 1717297186

Dedicatoria

El presente trabajo lo dedico en primer lugar a Dios por permitirme tener salud y vida a lo largo de este camino y ayudarme a realizar uno de mis más grandes sueños, en segundo lugar, a mis padres, Luz y Ancelmo por brindarme día a día su amor y apoyo incondicional además de ser mis pilares fundamentales y de inculcar en mí, grandes valores que serán mi guía y compañeros en este camino que llamamos vida.

De manera muy especial este logro va dedicado con todo mi corazón para mis bellos hijos, Alejandro y Rafael, quienes a lo largo del camino han sido mi mayor motivación para culminar este proceso, y por los cuales luchare esta vida sin descanso, esto va para ustedes y por ustedes.

A mis amigos, Santiago Gabriel, Kevin Adrián, Katherine Anabella y a todos con los que compartimos una etapa muy hermosa de vida estudiantil, quienes fueron mi apoyo y poco a poco se convirtieron en mi familia.

Luis Ancelmo Parra Fuelpaz

Dedico con todo mi corazón el siguiente trabajo a mi familia y personas cercanas que se convirtieron una parte fundamental de mi vida, en especial a mi amada madre, sin ella no lo habría logrado, formándome con buenos valores, hábitos y sentimientos, su amor me demostró que siempre puedo dar mas en cualquier actividad que realice.

A mi hermano Steven y mi Padre que gracias a su apoyo incondicional me encuentro en este momento en el punto más alto de mi vida, además de sus consejos y compañía constante, siempre impulsándome más allá de lo que creí posible.

A mi hermano Miguel siendo el guía y modelo para seguir como profesional, siempre ayudándome y educándome en la carrera que compartimos. A mi hermana Valeria por su comprensión y cariño.

A Jefferson, Romel y Bethy que me han ayudado, guiado y aconsejado durante mi vida estudiantil.

A mi sobrina Nicol y Dánae siendo mi motivación adicional para no rendirme nunca en los estudios y demostrarme que puedo ser un ejemplo de persona ante ellas.

A mis compañeros que iniciaron conmigo: Andrés, Kevin y Luis. En especial a mis amistades más cercanas Erick, Gabriel, Pablo, Luis Ancelmo, Lizeth y Jessy que se convirtieron en mi familia muchas gracias por creer en mi en todos estos años de carrera universitaria, ustedes son mi mano derecha, han estado ahí siempre y más cuando los he necesitado.

Kevin Adrián Pogo Chafla

A mi madre Sandra por ser el pilar más importante en mi vida y haber creído en mí hasta en los peores momentos y enseñarme que el esfuerzo y dedicación con el pasar de los años tendrá su recompensa.

A mi padre Marco por apoyarme incondicionalmente y haberme motivado para dar lo mejor de mí en todo momento.

A mi hermano Cristhoper que, a pesar de la distancia, siempre está presente y me motiva a seguir adelante, los logros del uno siempre se traducirán en una sonrisa para el otro.

A mis seres queridos y amigos, por todo su apoyo durante todo este camino y haber aportado con un granito de arena para que pueda cumplir esta meta.

Juan Pablo Sanipatín Páez

El presente trabajo se lo dedico, a Dios quien ha sido la luz en mi camino.

A mi madre Maryury Ansatuña que con sus enseñanzas y consejos me han dado la fuerza necesaria para seguir siempre adelante.

A mi novia Stephanie Carrión que me ha apoyado en mi camino tanto académico, como personal, en los peores y mejores momentos de mi carrera.

A mis docentes, en especial a mis mentores Ing. Hugo Bonifaz, Ing. Juan Haro, Ing. Marco Masabanda que me han tenido paciencia y con su vasta experiencia tanto profesional como personal han sabido transmitir sus conocimientos, abriendo una brecha para alcanzar este logro académico.

A todas las personas, amigos y amigas que se encuentran en mi vida y los que no están también, que me han acompañado en todo mi trayecto aportando con su granito de arena, nunca me dejaron de lado y estuvieron siempre apoyándome, confiando en mis habilidades y capacidades.

Galo David Viteri Ansatuña

Agradecimiento

Agradezco a Dios y a la vida por darme la oportunidad de poder estudiar en esta bella Universidad que sin duda me llevo muchos recuerdos y conocimientos que ayudaran en mi crecimiento tanto laboral como personal.

Agradezco a mis padres por todo el apoyo incondicional y por creer en mí, aun cuando todo era gris ustedes fueron una luz que guio mi camino, por todo lo que hacen día a día por mi les doy las gracias.

Le doy gracias a todos mis docentes, personas de gran sabiduría quienes se han esforzado por ayudarme a llegar al punto en el que me encuentro, de manera muy especial al Ing. Marco Masabanda, Ph. D, por ser nuestro tutor en la elaboración de este documento.

Y de forma muy especial a todas aquellas personas que estuvieron conmigo cuando más lo necesitaba.

Luis Ancelmo Parra Fuelpaz

Agradezco a Dios por cuidarme todos estos años, guiarme en todo este largo viaje, velando en mis decisiones que llevaron a este momento.

A mis padres y a mi familia, por su amor, apoyo, siendo lo más sagrado que tengo en la vida, por ser mis principales motivadores y los formadores de lo que soy ahora.

Gracias a mis amigos y compañeros por los excelentes momentos que hemos compartido. Aprendiendo continuamente de todos y de nosotros mismos, tanto profesional como personalmente.

Agradeciendo a la prestigiosa Universidad de las Fuerzas Armadas, que con puertas abiertas me recibió como un estudiante de secundaria viéndome crecer y formarme hasta convertirme en Ingeniero Civil de la Republica del Ecuador.

En especial un cariñoso reconocimiento a los que me han demostrado su apoyo.

Kevin Adrián Pogo Chafra

En primer lugar, agradezco a Dios por ser mi guía en este camino y acompañarme todos los días de esta aventura.

A mis padres quienes por sus consejos, cariño y esfuerzo me han permitido lograr una de mis más grandes metas, y enseñarme el ejemplo de perseverancia y valentía para poder sobreponerme a las dificultades.

A nuestro tutor el Ing. Marco Masabanda, Ph.D. por su apoyo y confianza para la culminación de este proyecto, y de manera especial un agradecimiento al Ing. Washington Sandoval, Ph.D. quién con su experiencia y valiosos conocimientos nos ha orientado en el desarrollo de este proyecto.

A mis amigos: Alexander, Nicole, Kevin, Steven, Cristian, Alejandra, Bryan, Israel, Paola; que hicieron de mi estancia universitaria llena de aventuras y anécdotas que quedaran presentes a lo largo de mi vida.

Finalmente quiero agradecer a todas las personas que formaron parte de este sueño y siempre estuvieron ahí para apoyarme, y brindarme su cariño y amistad.

Juan Pablo Sanipatín Páez

Agradezco a Dios que es el que ha puesto buenas y malas personas en mi camino que han dejado una experiencia grata dentro de mi vida para poder crecer como persona.

Galo David Viteri Ansatuña

Índice de contenido

Dedicatoria	6
Agradecimiento	9
Índice de contenido	12
Índice de Tablas	17
Índice de figuras	18
Resumen.....	21
Abstract	22
Capítulo 1	23
Generalidades	23
Introducción	23
Antecedentes.....	24
Justificación e Importancia.....	26
Objetivos Generales y Específicos.....	27
Objetivo General.....	27
Objetivos Específicos.....	27
Capítulo II.....	28
Marco Teórico	28
Presas	28
Clasificación de las presas según los materiales.	28

Gaviones	30
Componentes del gavión	31
Materiales	32
Alambre	32
Mallas	32
Material de relleno	33
Relleno de las canastas	33
Uso de gaviones en la Ingeniería Civil	33
Desviación de cauces de ríos	33
Ventajas del uso de muros de gaviones.....	34
Flexibilidad.....	34
Permeabilidad.....	35
Durabilidad	35
Estética e integración al medio ambiente.....	36
Economía	36
Versatilidad.....	36
Capítulo 3.....	37
Metodología	37
Levantamiento Topográfico.....	37
Implementación de los drones en la topografía.....	38
Área de la cuenca.....	44

Longitud del cauce principal y pendiente	44
Parámetros geomorfológicos	44
Coeficiente de escorrentía medio anual	45
Caudal medio anual	45
Caudal Máximo	46
Tiempo de concentración	46
Intensidad de precipitación	47
Estudio de suelos	47
Diseño de Gaviones	49
Calculo estructural	50
Capítulo 4	52
Resultados	52
Delimitación hidrológica	52
Área de la cuenca hidrológica	52
Perímetro de la cuenca hidrológica	53
Pendiente de la cuenca hidrológica	53
Parámetros geomorfológicos y meteorológicos	54
Revisión bibliográfica	54
Módulo específico de escorrentía	56
Coeficiente específico de escorrentía	56
Caudal medio anual	56

Caudal Máximo.....	57
Tiempo de concentración.....	58
Intensidad	59
Ensayo de refracción sísmica	60
Obtención de los datos base.....	60
Procesamiento de líneas.....	60
Análisis línea 1.....	60
Análisis Línea 2	67
Proceso de Línea dos.....	67
Activo.....	68
Pasivo.....	69
Combinado	71
Análisis Línea 3	72
Activo.....	73
Pasivo.....	75
Combinado	76
Diseño de gaviones	77
Cálculo del colchón de amortiguamiento.....	89
Resumen cálculo presas de gaviones.....	92
Capítulo 5 Conclusiones y Recomendaciones.....	98
Conclusiones	98

Recomendaciones	100
Referencias	101
Apéndices	104

Índice de Tablas

Tabla 1 <i>Datos de precipitación años 2019 y 2020</i>	55
Tabla 2 <i>Resultados morfológicos de la cuenca</i>	56
Tabla 3 <i>Parámetros hidrológicos de la quebrada en estudio</i>	59
Tabla 4 <i>Línea 1 base de la quebrada</i>	60
Tabla 5 <i>Posibles estratos del suelo</i>	62
Tabla 6 <i>Clasificación de perfiles del suelo</i>	65
Tabla 7 <i>Análisis línea dos</i>	67
Tabla 8 <i>Procesamiento línea dos</i>	67
Tabla 9 <i>Posibles estratos del suelo</i>	69
Tabla 10 <i>Análisis línea 3</i>	72
Tabla 11 <i>Posibles estratos del suelo</i>	74
Tabla 12 <i>Volumen total de la presa de gaviones</i>	81
Tabla 13 <i>Centro de gravedad por niveles</i>	82
Tabla 14 <i>Centro de gravedad por niveles de sección crítica</i>	85
Tabla 15 <i>Resultados Presa de Gaviones N° 0+000</i>	92
Tabla 16 <i>Resultados Presa de Gaviones N° 0+460</i>	93
Tabla 17 <i>Resultados Presa de Gaviones N° 0+620</i>	94
Tabla 18 <i>Resultados Presa de Gaviones N° 0+900</i>	95
Tabla 19 <i>Resultados Presa de Gaviones N° 1+100</i>	96
Tabla 20 <i>Resultados Presa de Gaviones N° 1+160</i>	97

Índice de figuras

Figura 1 <i>Presa de gaviones con vertedero de salida</i>	29
Figura 2 <i>Descripción de longitudes que conforman una presa de gaviones</i>	31
Figura 3 <i>Principales Componentes de un muro de gaviones</i>	31
Figura 4 <i>Efectos de las presas de gaviones</i>	35
Figura 5 <i>Área de la cuenca</i>	38
Figura 6 <i>Ortofoto del área en estudio</i>	39
Figura 7 <i>Curvas de nivel del cauce de la quebrada "La Comuna"</i>	40
Figura 8 <i>Secciones transversales del cauce de la quebrada cota 0+000,00</i>	41
Figura 9 <i>Secciones transversales del cauce de la quebrada cota 0+460,00</i>	41
Figura 10 <i>Secciones transversales del cauce de la quebrada cota 0+620,00</i>	42
Figura 11 <i>Secciones transversales del cauce de la quebrada cota 0+900,00</i>	42
Figura 12 <i>Secciones transversales del cauce de la quebrada cota 1+100,00</i>	43
Figura 13 <i>Secciones transversales del cauce de la quebrada cota 1+160,00</i>	43
Figura 14 <i>Perfil Longitudinal</i>	44
Figura 15 <i>Módulos específicos de escorrentía</i>	45
Figura 16 <i>Perfil de la sección crítica unitaria</i>	50
Figura 17 <i>Área de la cuenca quebrada El Tejado</i>	52
Figura 18 <i>Resultados Obtenidos desde ArcGIS de la quebrada El Tejado</i>	54
Figura 19 <i>Distribución temporal de precipitaciones</i>	55
Figura 20 <i>Datos Línea 1</i>	60
Figura 21 <i>Diagrama de Pseudovelocidades régimen activo</i>	61
Figura 22 <i>Modelo Vs30 régimen activo</i>	61
Figura 23 <i>Ondas P</i>	62
Figura 24 <i>Clasificación de perfiles del suelo</i>	62
Figura 25 <i>Tomografía del suelo</i>	63

Figura 26	<i>Diagrama de pseudovelocidades régimen pasivo</i>	63
Figura 27	<i>Modelo Vs30 régimen pasivo</i>	64
Figura 28	<i>Diagrama de pseudovelocidades régimen combinado</i>	64
Figura 29	<i>Modelo Vs30 régimen combinado</i>	65
Figura 30	<i>Modelo Vs30 línea dos régimen activo</i>	68
Figura 31	<i>Ondas P línea dos régimen activo</i>	68
Figura 32	<i>Tomografía del suelo régimen pasivo</i>	69
Figura 33	<i>Diagrama de pseudovelocidades línea dos régimen pasivo</i>	70
Figura 34	<i>Modelo Vs30 línea dos régimen pasivo</i>	70
Figura 35	<i>Diagrama de pseudovelocidades línea dos régimen combinado</i>	71
Figura 36	<i>Modelo Vs30 línea dos régimen combinado</i>	71
Figura 37	<i>Procesamiento línea 3</i>	72
Figura 38	<i>Diagrama de pseudovelocidades línea 3 régimen activo</i>	73
Figura 39	<i>Modelo Vs30 línea tres régimen activo</i>	73
Figura 40	<i>Ondas P línea tres régimen activo</i>	74
Figura 41	<i>Tomografía del suelo régimen pasivo línea tres</i>	75
Figura 42	<i>Diagrama de pseudovelocidades línea 3 régimen pasivo</i>	75
Figura 43	<i>Modelo Vs30 línea tres régimen pasivo</i>	76
Figura 44	<i>Diagrama de pseudovelocidades línea 3 régimen combinado</i>	76
Figura 45	<i>Modelo Vs30 línea tres régimen combinado</i>	77
Figura 46	<i>Espaciamiento entre gaviones</i>	78
Figura 47	<i>Disposición de la presa de gaviones conforme la forme del cauce</i>	80
Figura 48	<i>Distribución de la presa de gaviones</i>	80
Figura 49	<i>Dimensiones de los gaviones vista frontal</i>	81
Figura 50	<i>Dimensiones de los gaviones vista lateral</i>	82
Figura 51	<i>Centro de Gravedad vista Frontal</i>	83

Figura 52 Centro de Gravedad vista Lateral.....	84
Figura 53 Sección crítica unitaria de la presa	84
Figura 54 Longitudes en el Resalto Hidráulico.....	90
Figura 55 Resultado de h_2 , de la sección inferior del vertedero tipo cajón	90
Figura 56 Resultado de h_2 , de la sección superior del vertedero tipo cajón	91

Resumen

El presente proyecto de investigación propone el diseño de presas de gaviones para el control y mitigación de aluviones en la quebrada “La Comuna” del Distrito Metropolitano de Quito, luego del desastre ocurrido en donde por las precipitaciones y el escurrimiento superficial de la cuenca hidrográfica acarreo gran cantidad de flujos detríticos. Para ello se realizó un levantamiento topográfico en la zona de estudio a fin de obtener las curvas de nivel y las secciones transversales de la quebrada, se determinó la condición hidrológica de la cuenca de estudio mediante el software ArcGIS para determinar el área, perímetro y pendiente del cauce del río, y a partir de esta información determinar caudales máximos de diseño y tiempo de concentración mediante datos históricos de precipitación media anual de la estación meteorologica “Rumihurco”. Se realizó ensayos de suelos en el lugar donde se va a implantar las presas de gaviones a fin de obtener la aceleración del suelo, estatigrafía y el tipo de suelo que nos permita tomar una decisión acertada a la hora de elegir las secciones transversales.

Posteriormente se realizó el diseño estructural de las seis presas de gaviones en las secciones del cauce de menor área aproximadamente cada 200 metros a lo largo de toda la quebrada, verificando que no lleguen a fallar por factores como deslizamiento de la base, volcamiento o inestabilidad para lo cual se considero el peso propio de los gaviones sin considerar fuerza sísmica en el diseño, además se realizo un diseño del vertedero en la parte central. Finalmente se realizo el presupuesto de la implementación con el cálculo de número de gaviones por presa y volúmenes.

Palabras clave: presas, gaviones, caudal, quebrada.

Abstract

The present research project proposes the design of gabion dams for the control and mitigation of alluvium in the ravine "La Comuna" of the Metropolitan District of Quito, after the disaster that occurred where, due to rainfall and surface runoff from the hydrographic basin, large amount of debris flows. For this, a topographic survey was carried out in the study area in order to obtain the contour lines and the cross sections of the ravine, the hydrological condition of the study basin was determined using the ArcGIS software to determine the area, perimeter and slope. of the riverbed, and from this information determine maximum design flows and concentration time through historical data of average annual precipitation from the "Rumihurco" meteorological station. Soil tests were carried out in the place where the gabion dams are going to be implanted in order to obtain the acceleration of the soil, statigraphy and the type of soil that allows us to make an accurate decision when choosing the cross sections. Subsequently, the structural design of the six gabion dams was carried out in the sections of the channel with the smallest area approximately every 200 meters along the entire ravine, verifying that they do not fail due to factors such as base sliding, overturning or instability for which the own weight of the gabions was considered without considering seismic force in the design, in addition a design of the spillway was made in the central part. Finally, the implementation budget was made with the calculation of the number of gabions per dam and volumes.

Keywords: dam, gabion, flow, ravine.

Capítulo 1

Generalidades

Introducción

Para la ciencia el estudio de la dinámica de flujos detríticos es relativamente nueva siendo parte de la Hidráulica Fluvial, ya que el estudio de estos puede ayudar a mitigar las pérdidas tanto humanas como económicas que estos desastres naturales llevan consigo, entendiéndose como flujos detríticos a una masa móvil, saturada en agua, compuesta de una mezcla de rocas, sedimentos, agua y gases que se desplaza con gran capacidad destructiva (Michelini, 2005).

Los Aluviones se dan cuando un flujo de barro agitado y saturado por el agua arrastra sedimentos que por acciones de la gravedad se deslizan a lo largo de la pendiente de una ladera, quebrada o cauce. Dada la topografía y las condiciones climáticas los aluviones pueden ser muy peligrosos ya que pueden desplazarse por varios kilómetros desde su origen arrastrando en su paso rocas, ramas, arboles, etc. Aumentando su tamaño además de ir incrementando su velocidad a medida que avanza pendiente abajo, las afectaciones son claras ya que al tener una gran masa y velocidad pueden acarrear todo a su paso llevando consigo automóviles, edificios pequeños y otras obras civiles fabricadas por el hombre, teniendo de este modo pérdidas tanto económicas como humanas, esta última siendo la más importante e irreparable (Iverson, 2002).

Se debe tener en cuenta que el estudio de los aluviones no es algo contemporáneo puesto que este fenómeno no es nuevo en la naturaleza y ha estado presente a lo largo de la historia del hombre, en la actualidad estos han tomado un papel muy importante debido al poder destructivo que se ha visto, esto no quiere

representar que en la actualidad los aluviones han aumentado su poder destructivo caso contrario el hombre a llevado un desarrollo urbano muy acelerado utilizando quebradas y laderas como sitios residenciales provocando la disminución del área utilizada para el paso del agua, lo que conlleva que a una menor sección se tendrá una mayor velocidad provocando que el impacto generado por el desastre natural sea de mayores proporciones (ONEMI, 2020).

Con el objetivo de contrarrestar los daños generados por los aluviones ha creado mecanismos de protección como presas o muros de contención, los cuales tienen como misión frenar o disipar la energía que se genera cuando el agua lleva todo a su paso además de contener el material acarreado por la fuerza del aluvión (Venegas, 2008).

Antecedentes

A lo largo de la historia se han visto grandes catástrofes naturales, es en donde el ser humano ha podido comprender el poder de la naturaleza y a su vez construir obras civiles que ayuden a reducir los impactos provocados por estos fenómenos, es así que en el año de 1897 en Japón se crea la primera ley de protección y construcción de obras de defensa denominada “Sabo Law” la cual implanta tres grandes grupos:

- Prevención de desastres causados por flujo de detritos.
- Prevención de deslizamientos de tierras.
- Prevención de desastres por fallas en laderas con inclinación.

Esta ley fue un gran paso para la mitigación y reducción de riesgos de desastres naturales, lo que genera una significativa reducción de muertes y pérdidas materiales además de una gran capacidad de recuperación económica posterior a los eventos suscitados (Collazos, 2018).

En la actualidad tenemos muchos mecanismos para la mitigación de los desastres naturales heredados y perfeccionados año tras año con la suscitación de

fenómenos naturales pero con el crecimiento acelerado de la población se intensifica aún más el riesgo de una catástrofe ya que al incrementar la población esta tiende a ocupar zonas del territorio que son menos seguras tales como quebradas, zonas aledañas a ríos, bordes de acantilados y zonas de pendientes pronunciadas, es por esto que si en la actualidad tenemos muchos mecanismos aun podemos experimentar grandes catástrofes.

Dentro del territorio ecuatoriano podemos ver que los problemas antes mencionados son muy comunes debido al desarrollo urbano de los últimos años, además de que las catástrofes naturales son año tras año muy severas, por un lado las inundaciones en la zona costera del país cobra numerosas vidas, grandes daños materiales y la proliferación de enfermedades como dengue, malaria, infecciones, etc, por otro lado los eventos aluvionales no son muy frecuentes pero sin embargo el poder destructivo que poseen los caracteriza como uno de los eventos más peligroso de la naturaleza (Michelini, 2005).

Para el Ecuador con su accidentada topografía, lleno de grandes montañas y la ocurrencia de eventos meteorológicos extremos llevan a la generación de aluviones, algunos ejemplos claros de estos desastres naturales son los ocurridos en la ciudad de Quito, como el ocurrido el 25 de febrero de 1975 en la quebrada de Pambachupa, donde el desastre natural fue tan grande que llegó hasta el barrio de la Mariscal, los estudios realizados apuntan que aquel día se removió alrededor de 52000 metros cúbicos de flujos detríticos, otro evento de esta magnitud se llevó a cabo en enero de 1983 en el sector de El Condado dejando como resultado la muerte de 3 personas, en el año de 1997 en el sector de La Comuna se registran dos persona muertas por el aluvión, en el sector del Recreo en el año de 2008 al sur de Quito la quebrada La Clementina se desbordo y todo el flujo viajo por la calle Joaquín Gutiérrez, en 2012 la Ciudadela Ibarra vivió en carne propia el poder destructivo de un aluvión al quedar

varias casas afectadas por el lodo que acumulo hasta 80 centímetros en ciertos lugares, en el sector el Pinar el 22 de marzo del 2019 un gran aluvión arrasó todo en su camino llevando casas, vehículos y personas. Los profesionales expertos en la rama exponen que todos estos eventos son la consecuencia de construir sobre un sistema de quebradas (Pazmiño, 2022).

Justificación e Importancia

En Ecuador, dentro del Distrito Metropolitano de Quito el lunes 31 de enero de 2022, se pudo registrar una gran lluvia en el sector de La Comuna y la Gasca ubicados al noroccidente de la capital de los ecuatorianos, durante 17 horas continuas cayó desde el cielo aproximadamente 75 litros de agua por metro cuadrado generando el desbordamiento de los embalses de retención construidos en las quebradas aledañas a estos lugares, esto representa una cifra extraordinaria que no se veía desde el año 2003 (Hurel, 2022).

El aluvión vivido en Quito la tarde del lunes 31 de enero de 2022 se quedará grabado en la memoria de los vecinos y de la ciudad entera, ya que en este percance fallecieron 27 personas las cuales fueron alcanzadas por la fuerza del desastre natural, muchos de ellos luchaban por sus vidas, pero la fuerza de la naturaleza fue mayor, además se obtuvo un total de 53 personas heridas y daños materiales (Universo, 2022).

En vista de estos acontecimientos y con la finalidad de precautelar la seguridad de las personas que residen en La Comuna y en la Gasca se ha propuesto el diseño de presas de gaviones para la mitigación de daños colaterales cuando se genere un evento extraordinario como el suscitado en La Gasca, para aprovechar los materiales que se generaron dentro del aluvión se ha optado por la utilización de gaviones los cuales estarán compuestos de malla de triple torsión y rellenos con material granular de la

zona, haciendo así más económica su elaboración y facilitando la construcción de los mismos.

Objetivos Generales y Específicos

Objetivo General

Realizar el diseño hidráulico de presas de gaviones para el control de aluviones en la quebrada “La Comuna”, del Distrito Metropolitano de Quito.

Objetivos Específicos

- Elaborar el estudio hidrológico de la cuenca de estudio en el sector de la quebrada “El Tejado”.
- Determinar la condición hidrológica de la cuenca y el cálculo de caudales máximos de diseño.
- Determinar las propiedades del terreno y la profundidad de la roca mediante los ensayos correspondientes en campo.
- Realizar el levantamiento topográfico de la zona en estudio a fin de obtener las curvas de nivel y el perfil del cauce de la quebrada.

Capítulo II

Marco Teórico

Presas

Una presa es una estructura construida con diversos tipos de materiales, que cruza un cauce natural o artificial, para crear un aumento en el nivel del agua o una acumulación y así de esta manera generar una distribución de caudales diferente al original o natural. Según la Comisión Internacional de Grandes Presas (International Commission on Large Dams, ICOLD), una presa es una barrera o edificación colocada sobre un arroyo o río con el propósito de almacenar, controlar, y desviar agua (Sandoval, 2019).

Para clasificar a las presas se consideran varios parámetros característicos, siendo el primero su altura. A esta se la mide desde la cota de la corona hasta la cota de la cimentación. Según (ICOLD, 2007) a una presa se la considera grande si su altura es igual o mayor a 15 m, o de 10 m si el embalse supera un volumen de tres hectómetros cúbicos (3 hm³) (Sandoval, 2019).

Clasificación de las presas según los materiales.

Los materiales con los que se construye una presa pueden ser muy diversos y variados, pero de alguna manera se las ha agrupado por lo que, se las clasifica en función del material con el que está construida la estructura principal de cierre o cortina, de los cuales se destacan los siguientes (Sandoval, 2019).

Presas de hormigón: Por sus propiedades y su alta resistencia a la compresión es uno de los materiales más utilizados en la construcción de presas. La geometría es determinada por el tipo de cimentación o también por la función que cumple (vertedora o no vertedora).

Presas de materiales sueltos: Las presas de tierra son las que primero se comenzaron a construir a nivel mundial, según (CEAA-ESPOL, 2003) la Cultura Valdivia en Ecuador construía montículos de tierra con suelos arcillosos, denominados albarradas, las presas de materiales sueltos utilizan las rocas y el material disponible en el sector que se necesitan construir, por lo que resultan mas factibles económicamente que las de hormigón a pesar de tener un mayor volumen respecto a otros materiales (Sandoval, Diseño de obras Hidrotécnicas, 2019).

Presas de Gaviones: Las presas de gaviones son estructuras permanentes, flexibles y permeables construidas a base de prismas rectangulares de alambre galvanizado denominados gaviones, los cuales se rellenan de piedra con el objeto de formar el cuerpo de la obra que constituye la presa de control (SAGARPA, 2010).

Son efectivos en situaciones donde es importante el control de la erosión, y deben considerarse como parte de los diseños de rellenos de contrapeso y taludes tendidos adyacentes a ríos y quebradas en los que pueden infiltrarse las aguas provenientes de crecidas (Garcia, 1998)

Figura 1

Presa de gaviones con vertedero de salida



Nota. Tomado de (VIACOCONSA, 2014).

La estructura de la presa está formada por una serie de gaviones dispuestos convenientemente y unidos unos a otros por medio de ligaduras de alambre. Los gaviones son una caja en forma de paralelepípedo, construida con malla de alambre de triple torsión galvanizado (SAGARPA, 2010).

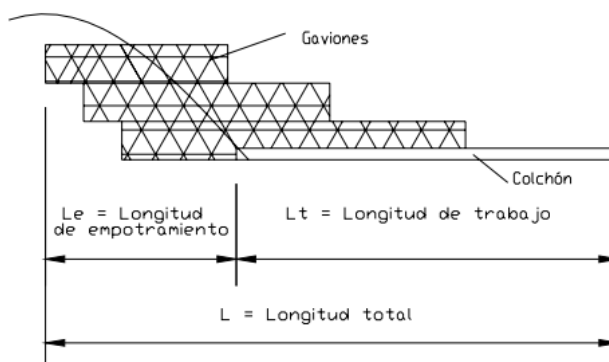
Gaviones

El gavión es esencialmente una caja o canasta de prisma rectangular, hecha de alambre de hierro galvanizado de triple torsión y relleno con material de piedra, que varía en tamaño de 80 a 200 mm, también conocida como piedra rajón. Como las operaciones de armado y relleno de roca no requieren ninguna experiencia, el uso de gaviones permite realizar trabajos que de otro modo requerirían más tiempo que y un operador experto, las ventajas de esta estructura es que presentan una amplia adaptabilidad a diversas condiciones ya que son fáciles de construir, debido a que los gaviones forman una sola estructura maciza tienen mayor resistencia al volteo y deslizamiento y tienen costos relativamente bajos en comparación con otro tipo de presas ya que se puede aprovechar los materiales presentes en la zona (Soto, 2017).

La estructura de la presa está formada por una serie de gaviones dispuestos convenientemente y unidos unos a otros por medio de ligaduras de alambre. Los gaviones son una caja en forma de paralelepípedo, construida con malla de alambre de triple torsión galvanizado.

Figura 2

Descripción de longitudes que conforman una presa de gaviones.



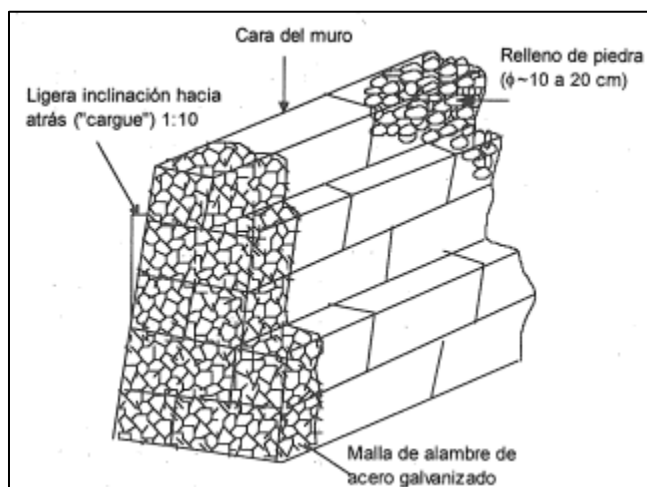
Nota. Tomado de (Maccaferri, 1990)

Componentes del gavión

Según (García, 1998) los muros en gaviones son efectivos en situaciones donde es importante el control de erosión, y deben considerarse como parte de los diseños de bermas y taludes tendidos adyacentes a ríos y corrientes. Los principales componentes de un muro de gaviones se muestran en la siguiente Figura:

Figura 3

Principales Componentes de un muro de gaviones.



Nota. Tomado de (García, 1998).

Materiales

A continuación, se enumeran las principales características de los elementos que conforman los gaviones (Material de Relleno, alambre y mallas).

Alambre

Acero dulce recocido, galvanizado en caliente con zinc puro y exento de escamas, grietas, corrosión u otros defectos. Debido a que el zinc es resistente a la corrosión ante aguas con pH entre 6 y 12.5, en aquellos casos en los que las obras estén en contacto con aguas negras o aguas ácidas, puede contemplarse un revestimiento adicional de asfalto o P.V.C. De igual forma, pueden considerarse recubrimientos en concreto en aquellas zonas del gavión expuestas a aguas negras u otro agente contaminante, y particularmente cuando se requiere protección contra la abrasión producida por corrientes de agua. (Soto, 2017).

Los alambres utilizados en el cosido de los gaviones, los tirantes inferiores y las uniones entre unidades, deben ser del mismo diámetro y calidad que el alambre de la malla. El alambre utilizado en las aristas o bordes del gavión debe tener un diámetro mayor, se recomienda que éste sea un calibre inmediatamente superior al del alambre empleado para la malla. (Soto, 2017).

Mallas

Para las canastas usadas en los gaviones se emplea los siguientes tipos de malla: malla hexagonal de triple torsión, malla hexagonal de doble torsión, malla de eslabonado simple, malla electro soldada.

Es recomendable el uso de mallas hexagonales de triple torsión debido a que permiten tolerar esfuerzos en varias direcciones sin producirse rotura. Asimismo, no se abre completamente la malla en el caso de roturas en alambres individuales, tal como

sucede en las mallas eslabonadas, además de no presentar los inconvenientes de las zonas de soldadura en las mallas electrosoldadas (Soto, 2017).

Material de relleno

La dimensión de cada fragmento de roca debe estar entre 10 y 30 centímetros, y es recomendable evitar la utilización de fragmentos de lutita, arcillolita o pizarra, a menos que éstos cumplan con requisitos de durabilidad y resistencia. El relleno debe efectuarse de manera que los fragmentos más pequeños queden en la parte central del gavión, y los fragmentos más grandes queden dispuestos en contacto con la canasta (Garcia, 1998).

Relleno de las canastas

El relleno de las canastas deberá consistir en fragmentos de roca o cantos rodados, sanos, resistentes y durables, por lo que no se podrá utilizar material descompuesto, fracturado o agrietado. La dimensión máxima de cada fragmento de roca o canto rodado deberá estar entre 10 y 30 centímetros (Garcia, 1998).

Uso de gaviones en la Ingeniería Civil

El uso más común de los gaviones en la ingeniería civil es para estabilizar las costas, las riberas de los ríos o los terraplenes contra la erosión, que es el desgaste de una superficie por fricción. Los muros de gaviones están diseñados para mantener una diferencia a nivel del suelo, formando un grupo importante de elementos de soporte y protección cuando se localiza en lechos de ríos (Soto, 2017).

Desviación de cauces de ríos

Para la protección de alguna obra del curso de una corriente de agua, es conveniente hacer uso de los gaviones para los trabajos preliminares de relleno que desvíen el cauce del río. Estos son construidos en la parte de afuera del río para luego

ser lanzados al fondo, formando así una base sobre la cual se asientan los gaviones rectangulares (Chanquín, 2004).

El gavión en el río acelera el estado de equilibrio del cauce; evita erosiones, transporte de materiales y derrumbamientos de márgenes; además, el gavión controla las crecientes protegiendo valles y poblaciones contra las inundaciones (Chanquín, 2004).

Ventajas del uso de muros de gaviones.

Los muros de gaviones son económicos hasta alturas de 6 metros, se ajustan mejor al medio ambiente, y pueden resultar menos costosos comparados con otras alternativas de contención; se diseñan como muros de gravedad con algunas variaciones dictadas por la experiencia (García, 1998).

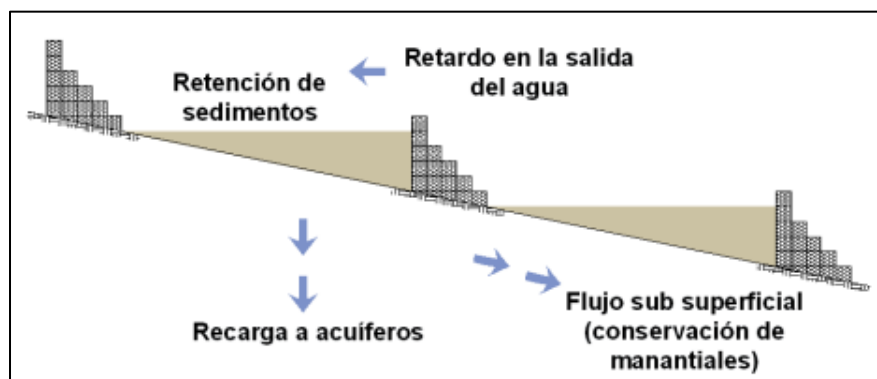
Las principales ventajas de las estructuras de gaviones son su flexibilidad, fuerza y resistencia, su larga vida de servicio, su permeabilidad, sus altas propiedades ecológicas y su economía (Lopez & Oropeza, 2009).

Flexibilidad

Las estructuras en gaviones, debido a su flexibilidad, permiten asentamientos y deformaciones sin perder su eficiencia y función estructural. Esta propiedad es, esencialmente, importante cuando la obra debe soportar grandes empujes del terreno y, a la vez, está fundada sobre suelos inestables o expuestos a grandes erosiones. Al contrario de las estructuras rígidas, el colapso no ocurre de manera repentina, lo que permite acciones de recuperación eficientes (Venegas, 2008).

Figura 4

Efectos de las presas de gaviones



Nota. Tomado de (SAGARPA, 2010)

Permeabilidad

Los gaviones, al estar constituidos por malla y bloques sanos de roca, son estructuras altamente permeables, lo que impide que se generen presiones hidrostáticas. Del mismo modo se constituyen como drenes que permiten la evacuación de las aguas de percolación, optimizando así las secciones de dichas estructuras

Sumado a lo anterior, es recomendable la utilización de geotextil sobre toda el área de contacto suelo-muro, o bien, la colocación de un material granular, como filtro, en la espalda del muro, para evitar que el material fino penetre en el gavión, y obstruya el paso de las aguas. Este material drenante deberá estar constituido por partículas con tamaños comprendidos entre el tamiz de 19 mm (3/4") y el de 75 mm (3"), y el porcentaje pasando el tamiz #200 deberá ser menor o igual al 3%. De esta manera se garantiza que no se generarán presiones hidrostáticas, a largo plazo, para las cuales el muro no ha sido diseñado (Venegas, 2008).

Durabilidad

Debido a la presencia de la malla de acero, el peso propio y el carácter monolítico, las estructuras en gaviones son capaces de resistir esfuerzos de tracción y

empujes generados por el terreno y cargas adyacentes. Los recubrimientos de protección de los alambres utilizados en la fabricación de los gaviones garantizan la vida útil de los mismos (Venegas, 2008).

Estética e integración al medio ambiente

Los muros de gaviones se integran de forma natural a su entorno, no constituyen obstáculos al paso de las aguas y están constituidos por materiales inertes que favorecen el crecimiento de vegetación conservando el ecosistema existente (Venegas, 2008).

Economía

Cuando son comparados con otras técnicas constructivas, los muros de gaviones presentan costos más bajos. La facilidad de armado de los gaviones hace que estos no requieran mano de obra especializada, los bloques de relleno, muchas veces, son extraídos del mismo lugar donde se efectúa la instalación, influyendo a favor de la reducción del costo final de la obra (Venegas, 2008).

Según (Maccaferri, 1990) para alturas iguales, el costo de construir un muro de concreto reforzado es de 1.5 a 2 veces más costoso que el de construir un muro de gaviones.

Versatilidad

Por la naturaleza de los materiales que se emplean en los gaviones, estos permiten su construcción de manera manual o mecanizada en cualquier condición climática, ya sea en presencia de agua o en lugares de difícil acceso. Su construcción es rápida y después de haber sido montados, rellenos y cerrados, están listos para desarrollar su función y de igual manera su reparación es rápida (Venegas, 2008).

Capítulo 3

Metodología

Levantamiento Topográfico

Existen varios métodos de estudio para realizar un levantamiento topográfico; como es conocido son los métodos directos e indirectos el proyecto se desarrolló mediante un método indirecto por medio del uso de dron.

El uso de drones ha llegado a facilitar diversas tareas dentro de la ingeniería en especial dentro de la Ingeniería Civil. Una de las principales ventajas de los drones en la Ingeniería Civil es que los levantamientos topográficos/fotogramétricos pueden realizarse en menor tiempo, con mayor detalle y conservando la precisión. Además, se puede llevar a cabo seguimiento de obra, que permite ver en tiempo real, desde una perspectiva global y aérea, lo que está sucediendo en la obra y sus avances. Este seguimiento de obra puede ser tanto en fotografías como en video. (PLATA, 2020).

Con un dron, es posible llevar a cabo levantamientos topográficos de la misma calidad que aquellos realizados recopilando medidas de alta precisión a través de levantamientos topográficos tradicionales, aunque en una fracción del tiempo. Esto reduce considerablemente el costo de la topografía y del volumen de trabajo sobre el terreno. (PLATA, 2020).

Existen infinidad de usos y verticales que disfrutan de los beneficios de estas herramientas.

Entre ellos:

- Levantamientos topográficos y modelos digitales de terreno precisos.
- Cálculo de volúmenes y movimientos de tierras.
- Gestión y actualizaciones catastrales.

- Cartografía digital.
- Seguimiento y monitorización de obras, inventarios, trabajos de subcontratos.
- Estimación y presupuestado de trabajos de mantenimiento en carreteras.
- Seguimiento y mantenimiento de infraestructuras ferroviarias.
- Generación de mapas de alta resolución de líneas eléctricas.

Como vemos las posibilidades que nos ofrece la tecnología drones en el campo de la topografía son muchas, pero principalmente destacan la inmediatez en la adquisición de datos y la disminución significativa de costes. (PLATA, 2020).

Implementación de los drones en la topografía.

- 1) Se fija la zona de estudio a través de un software (Google Earth) e introducimos en él las coordenadas exactas del área a estudiar.

Figura 5

Área de la cuenca



Nota. Se muestra el trazado de toda la cuenca de la quebrada “La comuna”

- 2) Se inicia el vuelo del dron con todas las especificaciones dadas, es decir, de altura y vuelo.
- 3) Si se necesitan obtener valores históricos, es importante el uso de georreferenciación. Con esto nos referimos al uso de GPS. Con algunos 22 puntos en serie como referencia mediante la topografía tradicional, el dron consigue arrojar datos históricos.
- 4) Luego de que el dron ha realizado su trabajo y aterriza con las imágenes, se hace uso de la fotogrametría mediante un software, para así crear el modelo digital en 3D.

Figura 6

Ortofoto del área en estudio.



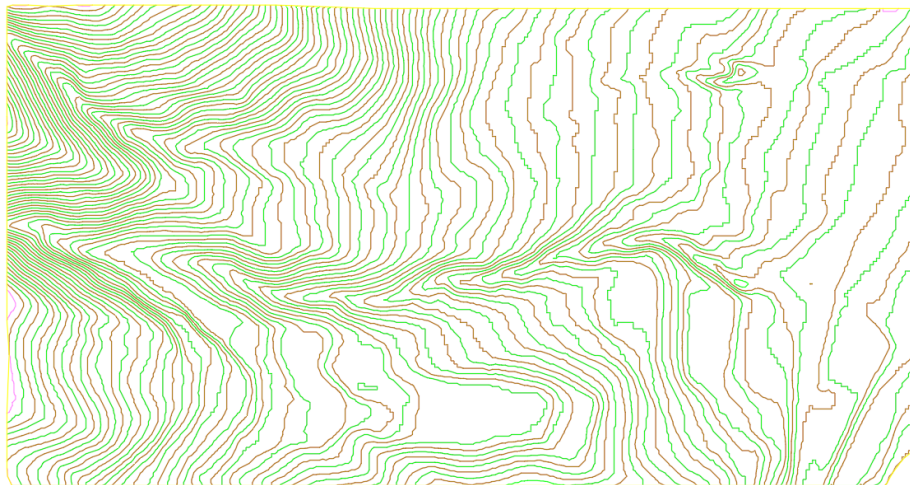
Nota. Resultado final ortofoto con la ayuda del software OpenDroneMap.

Una vez que se obtiene la ortofoto, los puntos de las líneas de vuelo pueden ser exportados a un software de dibujo (AUTOCAD) y de esta manera se comenzó con la definición de curvas de nivel necesarias para encontrar la pendiente en porcentaje del

terreno dato que se utiliza para calcular la velocidad del caudal del proyecto que en este caso se obtuvieron curvas de nivel cada 5 m.

Figura 7

Curvas de nivel del cauce de la quebrada "La Comuna"



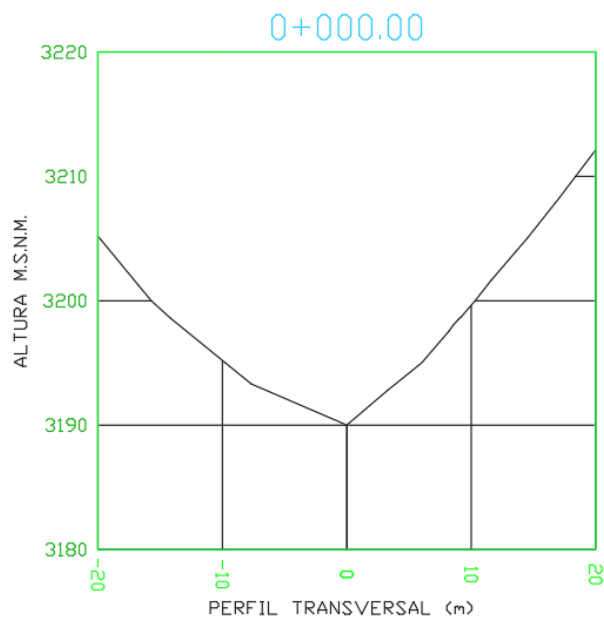
Nota. La figura muestra las curvas de nivel cada 10 metros.

Una vez generada la superficie se realizó el cálculo de la pendiente del terreno y se sacaron los cortes transversales cada 20 metros para encontrar las secciones de menor área donde se colocaron los puntos de cálculo para el diseño de los muros de gaviones.

A continuación, se presenta las 6 secciones transversales del cauce del río donde se realizó la implantación de las presas de gaviones.

Figura 8

Secciones transversales del cauce de la quebrada cota 0+000,00



Nota. Se muestra el cauce de la quebrada donde se realizó la implantación de la presa.

Figura 9

Secciones transversales del cauce de la quebrada cota 0+460,00

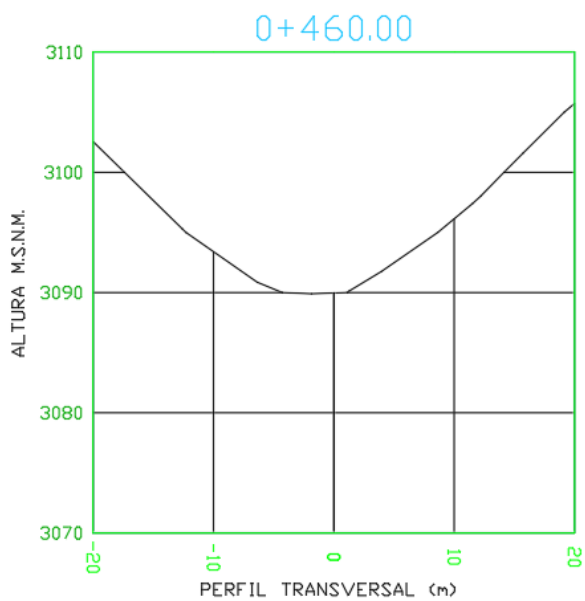
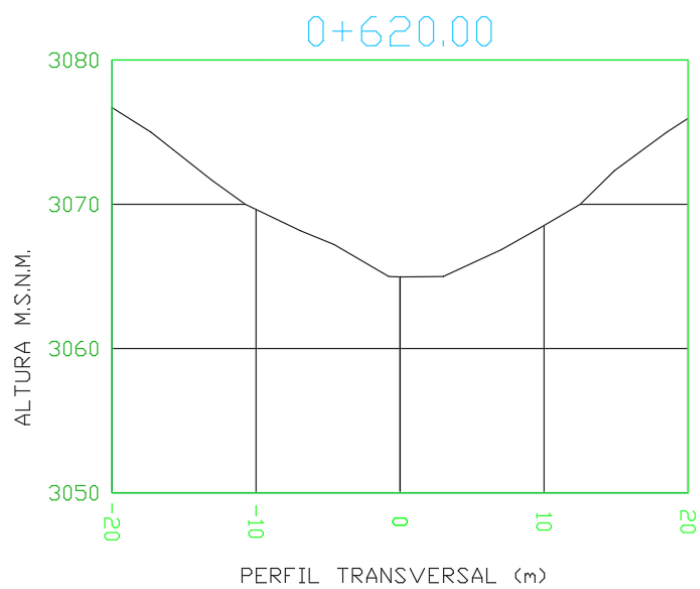


Figura 10

Secciones transversales del cauce de la quebrada cota 0+620,00

**Figura 11**

Secciones transversales del cauce de la quebrada cota 0+900,00

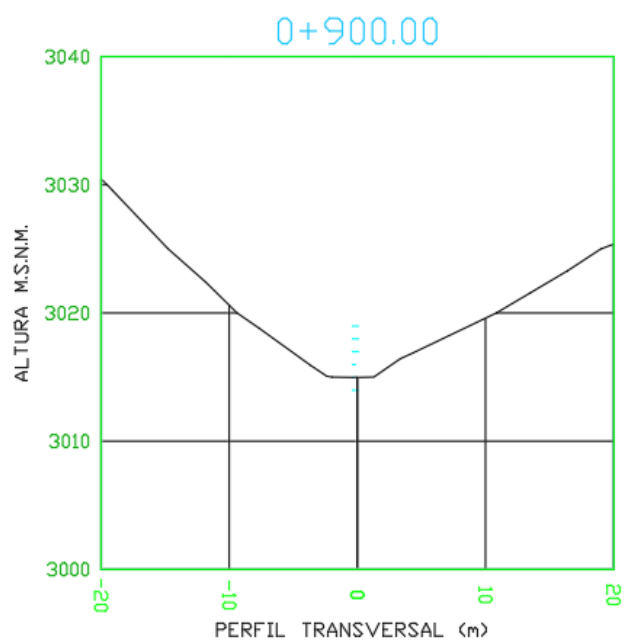
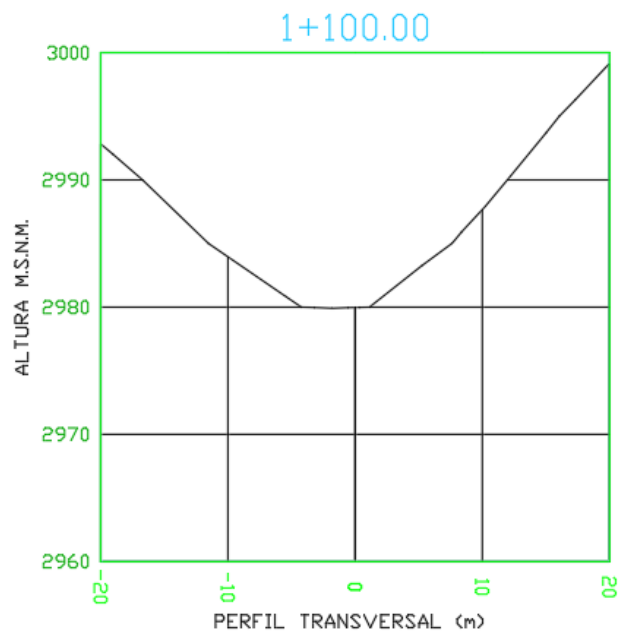


Figura 12

Secciones transversales del cauce de la quebrada cota 1+100,00

**Figura 13**

Secciones transversales del cauce de la quebrada cota 1+160,00

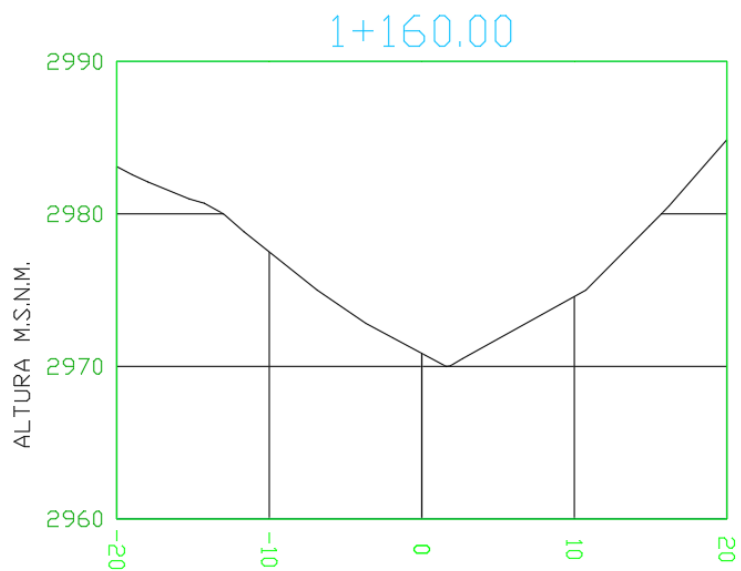
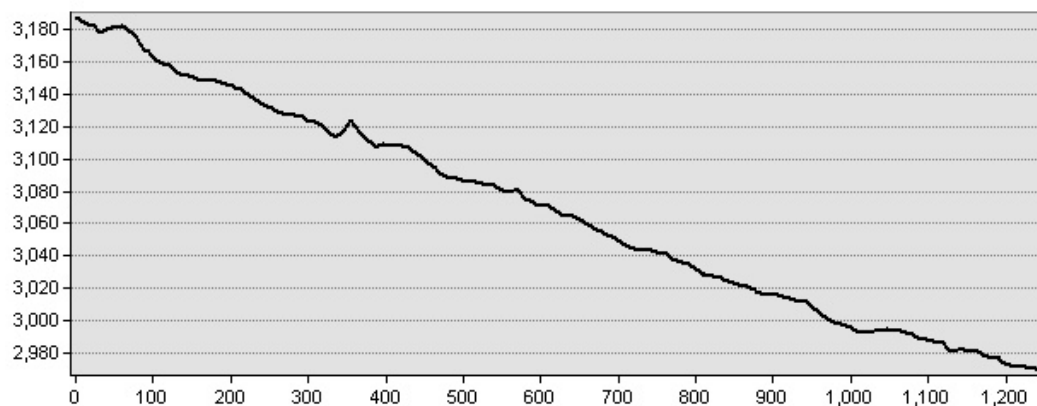


Figura 14*Perfil Longitudinal*

Nota. Perfil obtenido de la topografía realizada en la zona de estudio que va desde la cota 3190 msnm a la cota 2960 msnm.

Área de la cuenca

El cálculo del área de la cuenca en la zona de la quebrada “La Comuna” se realizó mediante la utilización de herramientas del programa ArcGIS, y el uso de la carta topográfica de la ciudad de Quito, escala 1:50000 del IGM (Instituto Geográfico Militar).

Longitud del cauce principal y pendiente

La longitud del cauce principal y la pendiente de la quebrada “El Tejado” se calculó mediante el programa ArcGIS, para después realizar la comparación de la pendiente obtenida con datos de la EPMAPS.

Parámetros geomorfológicos

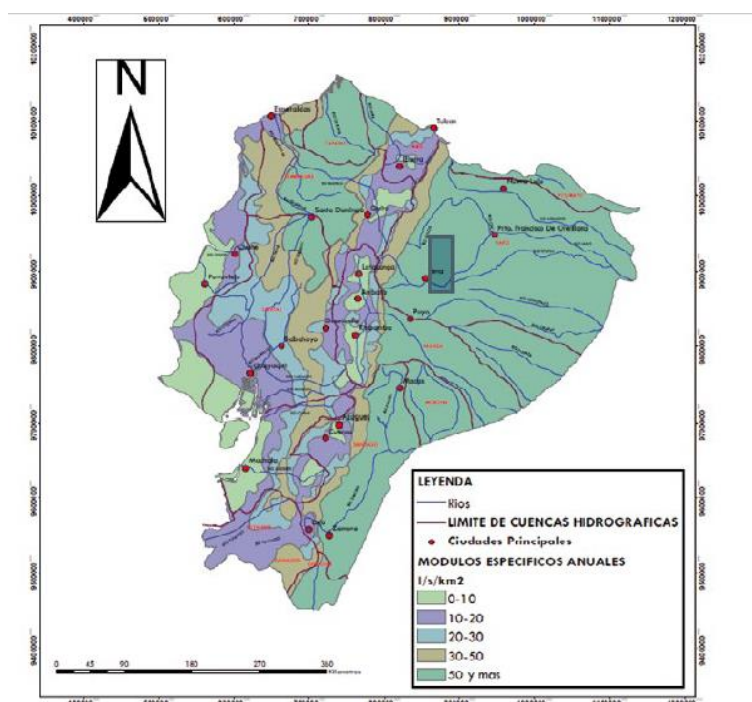
Se usaron los datos hidrológicos históricos de la estación meteorológica Rumihurco del anuario hidrometeorológico de la EPMAPS (Empresa Pública Metropolitana de Agua Potable y Saneamiento de Quito), la más cercana a la zona de estudio, esta estación tiene una base desde el año 2019 con las precipitaciones mensuales en milímetros/hora y de los cuales se sacó un promedio de las precipitaciones anuales para poder obtener el caudal máximo.

Coeficiente de escorrentía medio anual

Para el cálculo del módulo específico de escorrentía para el cálculo del caudal medio anual por el método racional se usó el mapa de los Módulos Específicos de Escorrentía elaborado por (Pourrut, 1995) que nos permite determinar caudales en cuencas con poca información hidrológica.

Figura 15

Módulos específicos de escorrentía



Nota. Tomado de (Pourrut, 1995).

Caudal medio anual

Se calculo mediante la fórmula presentada por (Sandoval & Aguilera, Determinación de caudales en cuencas con poca información, 2014) en el cual el caudal esta definido en función de la precipitación media anual, el área de la cuenca y el coeficiente de escorrentía, el método presentado por el autor plantea ecuaciones que se adaptan a cuencas con poca información hídrica.

$$Q_0 = \frac{31,71 * C * P * A}{10^6}$$

El coeficiente de escorrentía se calculó mediante el módulo específico de escorrentía en l/s/km² (Ver Figura 6), y la precipitación media anual de los registros de la estación hidrometeorológica más cercana.

$$C = \frac{M_0 * 10^6}{31,71 * P}$$

Caudal Máximo

Se asume que el caudal máximo está relacionado con un periodo de retorno en años, como lo indica el estudio de (Sandoval & Aguilera, Determinación de caudales en cuencas con poca información, 2014).

Para el caso de cuencas con un área menor a 45 km². (Sandoval, 2019), sugiere utilizar la ecuación:

$$Q_{m\acute{a}x} = \alpha 1 \frac{P * A}{10^3} (0,5 \ln T - 0,7)$$

Donde el coeficiente $\alpha 1$ puede variar entre 1,6 y 2,0 para cuencas con áreas cercanas a 45 km² en zonas montañosas de alta precipitación.

Tiempo de concentración

Para el cálculo del tiempo mínimo necesario para que el agua de lluvia del cauce recorra la distancia entre el lugar más alejado de la cuenca hasta la salida, se utilizó la ecuación más común en el Ecuador para el cálculo del tiempo de concentración que es la ecuación de Kirpich (1940), donde L es la longitud del cauce en kilómetros y J la pendiente en (m/m).

$$T_c = 0,06635 \frac{L^{0,77}}{J^{0,385}}$$

Además, se realizó la comparación del tiempo de concentración mediante la ecuación que indica (Sandoval, 2019)

$$T_c = 0,28L \frac{n^{0,75}}{k_c Q^{0,25} J^{0,375}}$$

Para el coeficiente de rugosidad n , se utilizó el valor que establece (Chow, 1994) que para ríos de más de 25 metros de ancho el valor de n , varía de 0,033 a 0,045.

De igual manera (Goroshkov, 1979) recomienda tomar el 70% de la velocidad real de un cauce determinada en la sección de análisis, por lo que la fórmula para el coeficiente de velocidad de escorrentía sería.

$$k_c = 0,75(0,5 - 0,023 \ln A)$$

Intensidad de precipitación

Después de haber obtenido el tiempo de concentración se realizó el cálculo de la cantidad de agua que se precipita en un determinado tiempo mediante la siguiente fórmula.

$$I = \frac{615 * Tr^{0,18}}{(D + 5)^{0,685}}$$

En donde D es el tiempo de duración que para este caso sería igual al tiempo de concentración y Tr es el período de retorno que lo elegimos para 25 años

Estudio de suelos

Para el diseño de los muros de gaviones es indispensable definir todas las fuerzas de empujes al que va a estar sometido. Se pueden realizar varios ensayos para definir estos empujes como por ejemplo los ensayos de corte directo, triaxial, refracción sísmica (VS30) o mediante el ensayo de SPT (standar, penetration, test).

Dentro del proyecto se hizo uso del ensayo de ondas P o VS30 más conocido como ensayo de refracción sísmica.

La refracción sísmica es un método geofísico no destructivo para la interpretación de las propiedades de los suelos, y la detección de la profundidad de la roca, mediante el análisis de las variaciones en las velocidades sísmicas. (GEORYS INGENIEROS S.A.C., 2016).

Este ensayo permite obtener los perfiles de ondas P de una zona de investigación, el principio del método consiste en medir el tiempo de llegada de las ondas de compresión (P) de una fuente artificial (caída de peso, pistolas de aire, martillo, explosivo). La longitud de la línea (L) se encuentra relacionada en una proporción de 3 a 4 veces con la profundidad de investigación (h), ($L = 3h$ a $4h$). A medida que la línea de refracción es más larga, la energía necesaria para es mayor, necesiándose en algunos casos explosivos. (GEORYS INGENIEROS S.A.C., 2016).

Los materiales más compactos muestran velocidades altas de ondas P, en comparación con las velocidades bajas en materiales no consolidados. Las mediciones de refracción sísmica se llevan a cabo a lo largo de los perfiles longitudinales de con múltiples sensores alineados (geófonos), con diferentes impactos posicionados en los extremos y parte central del tendido de la línea. (GEORYS INGENIEROS S.A.C., 2016).

A continuación, se detalla el procedimiento que se realizó en el desenlace del ensayo:

- 1) Escoger un área donde sea posible la extensión de la línea de geófonos. Medir la distancia longitudinal con la ayuda de una cinta la cual debe de estar debidamente alineada respecto al primer geófono donde se va a instalar.
- 2) Colocar el equipo de sísmica en la mitad de la línea para que la recepción de datos sea más precisa. El equipo debe de estar sobre una superficie limpia y plana.

- 3) Conectar los geófonos a la línea del cable de red y verificar que los sensores estén orientados en un mismo sentido.
- 4) Conectar el cable de red al equipo.
- 5) Encender el equipo PASI con la ayuda de una fuente de poder y verificar si los geófonos están en línea.
- 6) Conectar el transmisor de datos del martillo al equipo.
- 7) Definir el sentido en el que se va a golpear la placa para la recepción de las ondas.
- 8) Finalmente, los datos son procesados con la ayuda del software SeisImager/SW-1D.

Diseño de Gaviones

El diseño de las presas de gaviones tiene por objeto conocer el dimensionamiento más adecuado de los tendidos que forman el cuerpo de la obra y la estabilidad de estos. Se tomarán los siguientes puntos para el diseño de la presa:

- 1) Determinación de secciones transversales donde se quiere llevar a cabo la construcción, los cuales se escalarán como el usuario prefiere.
- 2) Determinación de las curvas de áreas y capacidades teniendo como resultado la cuantificación de los volúmenes de agua y sedimentos.
- 3) Cálculo del escurrimiento máximo de la cuenca, con la finalidad de diseñar la capacidad máxima del vertedor.
- 4) Diseñar el vertedor para la capacidad de descarga máxima del escurrimiento.
- 5) Considerar la cimentación y los empotramientos mínimos requeridos y en ambas márgenes del área de recepción, evitando así las filtraciones que debiliten la seguridad de la obra.

- 6) Diseño de un colchón amortiguador, para evitar el golpe de caída del agua sobre el piso, evitando la socavación y el deterioro del lecho.

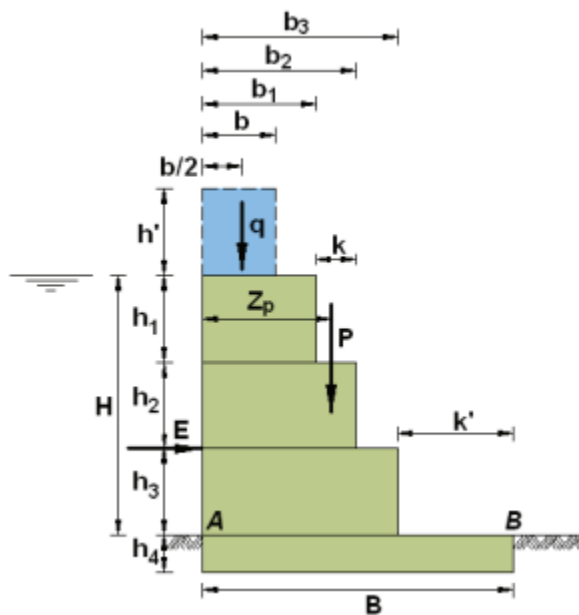
Calculo estructural

El cálculo estructural de una presa de gaviones constituye el análisis de cada fuerza que actúa sobre el muro y sirve para determinar la estabilidad de la obra. (López, Fernández, & Oropeza, 2017).

Se realiza el cálculo en la sección crítica unitaria, Como se muestra en la siguiente figura:

Figura 16

Perfil de la sección crítica unitaria



Nota: Tomado de (López, Fernández, & Oropeza, 2017)

Donde:

H = Altura de la presa (m)

h' = Altura de la lamina vertinente (m)

h_1, h_2, \dots, h_n = Altura de los gaviones (m)

h_4 = Altura de la cimentación (m)

B = Base de la presa (m)

b = Ancho de la corona de la presa (m)

k = longitud constante del escalón (m)

k' = Longitud del colchon amortiguador (m)

b_1, b_2, \dots, b_n = Ancho de los gaviones (m)

q = Peso de la almina vertiente (kg)

E = Empuje hidrostático del agua (kg)

P = Peso total de la sección crítica unitaria (kg)

Para el inicio del cálculo estructural se usará los siguientes pasos y las debidas comprobaciones de los empujes y deslizamientos.

- Cálculo del peso de la lámina vertiente (q)
- Cálculo del peso de la sección crítica unitaria (P)
- Cálculo del empuje hidrostático del agua (E)
- Cálculo de la condición del núcleo central
- Cálculo de la condición de no deslizamiento
- Cálculo de la condición de no volteamiento

Lo anterior indica que la presa de gaviones está bien diseñada y cumple con las condiciones de estabilidad que requiere la obra. (López, Fernández, & Oropeza, 2017).

Capítulo 4

Resultados

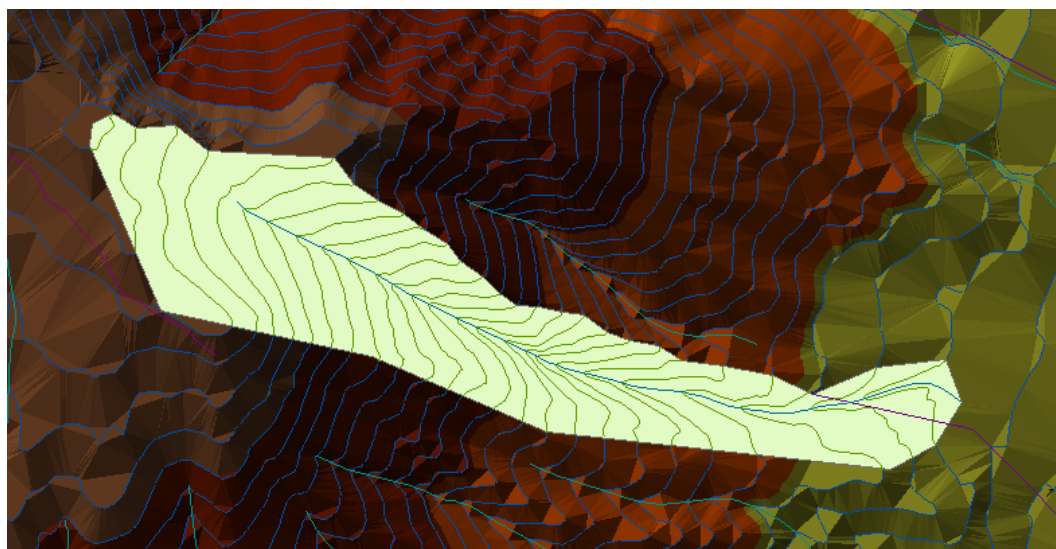
Delimitación hidrológica

Área de la cuenca hidrológica

Con la ayuda del programa ArcGIS se ha podido determinar el área de la cuenca hidrográfica, esta área se definirá como la totalidad de la superficie de drenaje proyectada sobre un plano horizontal el mismo que contribuye directamente con el flujo de escorrentía dirigido directa o indirectamente al cauce natural, este parámetro esta expresado en km² y corresponde a la superficie que contribuye con la recolección de aguas dirigido a un mismo cauce (Cardona, 2015).

Figura 17

Área de la cuenca quebrada El Tejado



Nota: Obtención de la cuenca mediante el programa ArcGIS

La cuenca de la quebrada El Tejado ocupa un área de 1.06 kilómetros cuadrados, este dato se obtuvo de forma semiautomática con la ayuda de la herramienta de ArcGIS.

El dato del área de la cuenca hidrográfica es de suma importancia ya que siguiendo el criterio de la magnitud del caudal este está directamente relacionado con el área ya que el caudal crece cuando mayor es el área de aportación (Aguero, 2018).

Perímetro de la cuenca hidrológica

Cuando nos refiramos al perímetro de la cuenca estaremos hablando a la longitud del contorno o divisoria de aguas del área de la cuenca hidrológica, en otras palabras, es la distancia que debe haber si recorremos la cuenca por todos los filos que envuelve a la cuenca hidrológica. (Aguero, 2018)

Al referirnos de las divisorias de aguas estaremos hablando de una línea imaginaria que delimita a la cuenca hidrográfica que nos muestra el límite entre nuestra cuenca y las cuencas vecinas debemos recordar que cuando el agua de lluvia se precipita a cada lado de la divisoria se desembocara en ríos o quebradas diferentes (Aguero, 2018).

La cuenca de la quebrada El Tejado ocupa un perímetro de 6.48 kilómetros, este dato se obtuvo de forma semiautomática con la ayuda de la herramienta de ArcGIS.

Pendiente de la cuenca hidrológica

La pendiente de la cuenca hidrológica está estrechamente relacionada con la infiltración, el escurrimiento superficial, la humedad del suelo y la contribución del agua subterránea a los cauces, la velocidad de escurrimiento es directamente proporcional a la pendiente de la cuenca ya que a mayor pendiente la velocidad ira aumentando, causando la erosión y la contribución de sedimentos a la quebrada o a los ríos (Aguero, 2018).

La cuenca de la quebrada El Tejado tiene una pendiente de terreno de 0.4156 (m/m), este dato se obtuvo de forma semiautomática con la ayuda de la herramienta de ArcGIS.

Figura 18

Resultados Obtenidos desde ArcGIS de la quebrada El Tejado

OBJECTID*	Shape*	Id	gridcode	area	perimetro	pcp
1	Polygon	1	30	1,066009	6,482341	0,415628

Nota: En la imagen se puede observar el área, perímetro y pendiente del cauce de la quebrada El Tejado.

Parámetros geomorfológicos y meteorológicos

Revisión bibliográfica

El análisis de las precipitaciones es un parámetro de gran importancia para el cálculo de los caudales de aportación, además afecta directamente a la erosión y el transporte de sedimentos dentro de la cuenca. Para el cálculo se usó los datos históricos de la precipitación anual de la estación meteorológica Rumihurco como se muestra detallado en la tabla:

Tabla 1

Datos de precipitación años 2019 y 2020

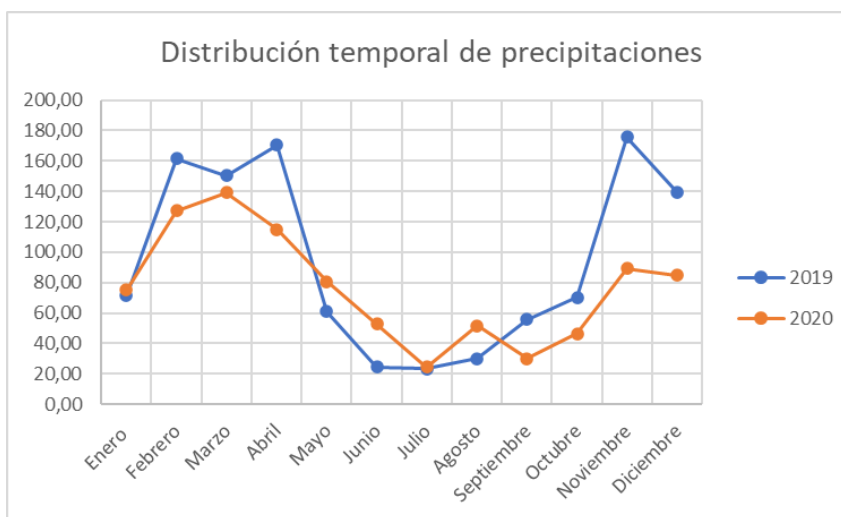
Precipitación histórica mensual 2019 y 2020 (mm)		
Estación Rumihurco		
Mes	Precipitación 2019 (mm)	Precipitación 2020 (mm)
Enero	71,20	75,20
Febrero	161,30	127,20
Marzo	150,30	139,20
Abril	170,40	115,10
Mayo	61,00	80,70
Junio	24,60	52,80
Julio	23,30	24,50
Agosto	3,00	51,70
Septiembre	55,90	30,20
Octubre	70,20	46,50
Noviembre	175,80	89,40
Diciembre	139,00	84,60
Anual	1106,00	917,10

Nota: Tomado de (EMAPS, 2020).

Se presenta a continuación la variación de los datos de precipitación

Figura 19

Distribución temporal de precipitaciones



Nota: En el histograma se puede observar la variación de las precipitaciones mensuales

Tabla 2*Resultados morfológicos de la cuenca*

Parámetros morfológicos		
N°	Parámetro	Valor
1	Área (Km ²)	1,06
2	Perímetro (km)	6,48
3	Longitud de la quebrada (km)	1,20
4	Pendiente (m/m)	0,415626
5	Cota máxima (m)	3190
6	Cota mínima (m)	2960

Módulo específico de escorrentía

De acuerdo a lo que menciona (Pourrut, 1995) en su mapa de módulos específicos anuales en Ecuador, la región de estudio tendrá un valor de:

$$Mo = 15 \text{ l/s / km}^2$$

$$Mo = 0,015 \text{ m}^3/\text{s / km}^2$$

Coefficiente específico de escorrentía

Para el cálculo del caudal medio anual se necesita obtener el coeficiente específico de escorrentía para la Quebrada "El Tejado" por lo que se utiliza la fórmula de (Sandoval & Aguilera, 2014) y el promedio del registro histórico de las precipitaciones anuales en la estación de Rumihurco.

$$C = \frac{Mo * 10^6}{31,71 * P}$$

$$C = \frac{0,015 * 10^6}{31,71 * 1011,5}$$

$$C = 0,467636$$

Caudal medio anual

Se utilizó la ecuación presentada por (Sandoval & Aguilera, 2014) para el cálculo del caudal medio anual:

$$Q_o = \frac{31,71 * C * P * A}{10^6}$$

$$Q_o = \frac{31,71 * 0,467636 * 1011,5 * 1,06}{10^6}$$

$$Q_o = 0,0159 \frac{m^3}{s}$$

$$Q_o = 15,90 \frac{l}{s}$$

Al ser una cuenca de un área tan pequeña, se obtiene un caudal medio anual mínimo.

Caudal Máximo

Se refiere a un caso óptimo del proyecto hidráulico a desarrollarse, pues este permite determinar un caudal de diseño, esperando un evento de grandes magnitudes en el caso más extremo.

El caudal máximo está relacionado con un determinado periodo de retorno en años, para el presente estudio se ha utilizado 25 años.

En este caso el área de la cuenca es de 1,60 km² por lo tanto se utilizó la fórmula para cuencas menores a 45 km² que sugiere (Sandoval & Aguilera, 2014).

$$Q_{m\acute{a}x} = \alpha 1 \frac{P * A}{10^3} (0,5 \ln T - 0,7)$$

El coeficiente $\alpha 1$ puede variar entre 1,6 y 2,0, pero (Sandoval & Aguilera, 2014) sugiere tomar 1,8 en zonas montañosas de alta precipitación.

$$Q_{m\acute{a}x} = 1,8 \frac{1011,5 * 1,06}{10^3} (0,5 \ln (25) - 0,7)$$

$$Q_{m\acute{a}x} = 1,755 \frac{m^3}{s}$$

Tiempo de concentración

Para el cálculo del tiempo que tarda el agua en recorrer la distancia entre el lugar más alejado de la cuenca hasta la salida, se utilizó la ecuación propuesta por Kirpich (1940) en donde:

$$T_c = 0,06635 \frac{L^{0,77}}{J^{0,385}}$$

$$T_c = 0,06635 \frac{1,20^{0,77}}{0,41562^{0,385}}$$

$$T_c = 0,10649 \text{ horas}$$

$$T_c = 383,3676 \text{ segundos}$$

Además, se realizó la comparación del tiempo de concentración mediante la ecuación que indica (Sandoval, 2019)

$$T_c = 0,28L \frac{n^{0,75}}{k_c Q^{0,25} J^{0,375}}$$

En donde para el cálculo del coeficiente de rugosidad se utiliza la ecuación

$$n = 0,21J^{0,33}$$

$$n = 0,21(0,41562)^{0,33}$$

$$n = 0,15717$$

De igual manera (Goroshkov, 1979), propone la siguiente fórmula para el coeficiente de velocidad de escorrentía

$$k_c = 0,75(0,5 - 0,023 \ln A)$$

$$k_c = 0,75(0,5 - 0,023 \ln (1,06))$$

$$k_c = 0,3740$$

Entonces el tiempo de concentración según (Sandoval, 2019) sería:

$$T_c = 0,28(1,20) \frac{0,15717^{0,75}}{0,3740 * 1,755^{0,25} * 0,41562^{0,375}}$$

$$T_c = 0,5677 \text{ horas}$$

Se calcula la velocidad usando el menor tiempo de concentración porque es una obra hidráulica con un tiempo de retorno bajo a 25 años.

$$V = \frac{L}{Tc}$$

$$V = \frac{1,20 * 1000}{383,3676}$$

$$V = 3,13 \frac{m}{s}$$

Intensidad

Se realiza el cálculo de la cantidad de agua que se precipita en un determinado tiempo mediante la siguiente fórmula a 25 años de periodo de retorno.

$$I = \frac{615 * Tr^{0,18}}{(D + 5)^{0,685}}$$

$$I = \frac{615 * 25^{0,18}}{((0,5677 * 60) + 5)^{0,685}}$$

$$I = 101,0048 \frac{mm}{hora}$$

Se presenta una tabla resumen con todos los resultados hidrológicos calculados:

Tabla 3

Parámetros hidrológicos de la quebrada en estudio

Parámetros hidrológicos		
N°	Parámetro	Valor
1	Módulo específico de escorrentía (l/s/Km ²)	15,00
2	Coefficiente específico de escorrentía	0,467636
3	Caudal medio anual (l/s)	15,90
4	Caudal máximo (m ³ /s)	1,755
5	Tiempo de concentración Kirpich (horas)	0,10649
6	Coefficiente de velocidad de escorrentía	0,374
7	Tiempo de concentración Sandoval (horas)	0,5677
8	Velocidad (m/s)	3,13
9	Intensidad de precipitación (mm/hora)	101,0048

Ensayo de refracción sísmica

Obtención de los datos base

Tabla 4

Línea 1 base de la quebrada

# Golpes	Distancia entre geófonos (m)
0	0
1	2,50
2	5,00
3	7,50
4	10,00
5	12,50
6	15,00
7	17,50
8	20,00
9	22,50
10	25,00
11	27,50

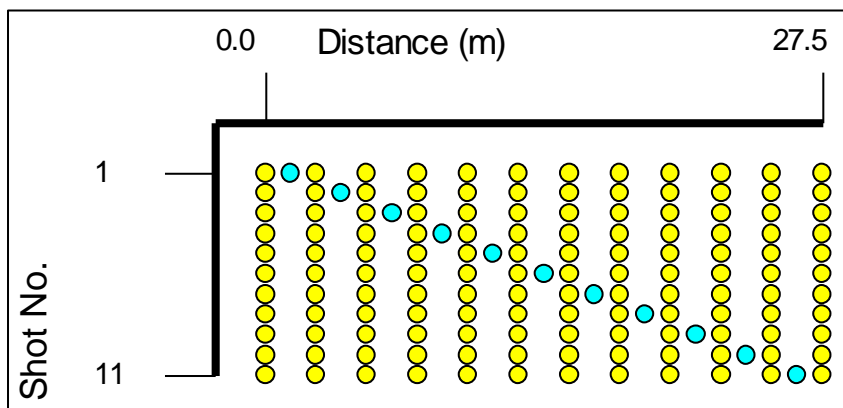
Nota: En el comienzo de la quebrada se realizo una línea de manera longitudinal

Procesamiento de líneas

Análisis línea 1

Figura 20

Datos Línea 1



Nota: Datos ingresados de la línea 1

Activo

Figura 21

Diagrama de Pseudovelocidades régimen activo

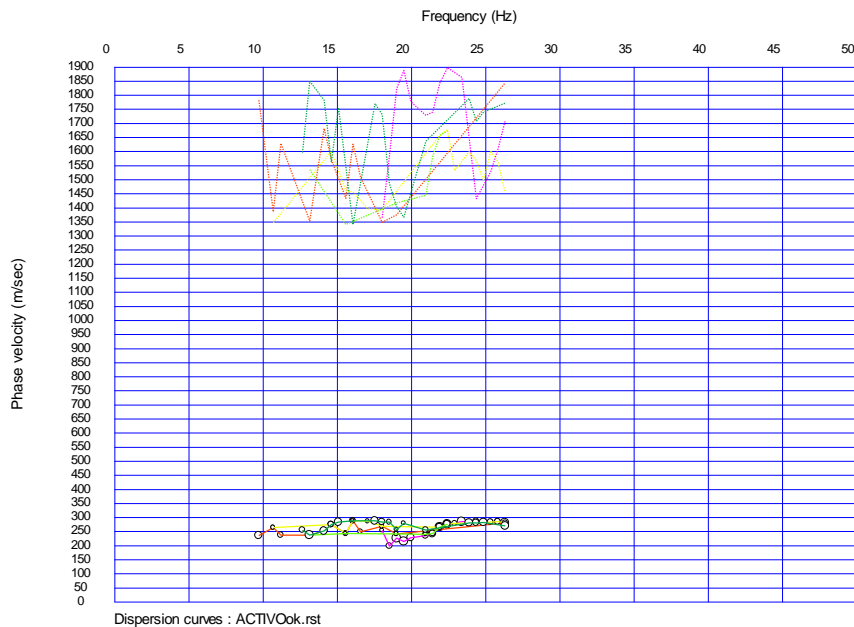
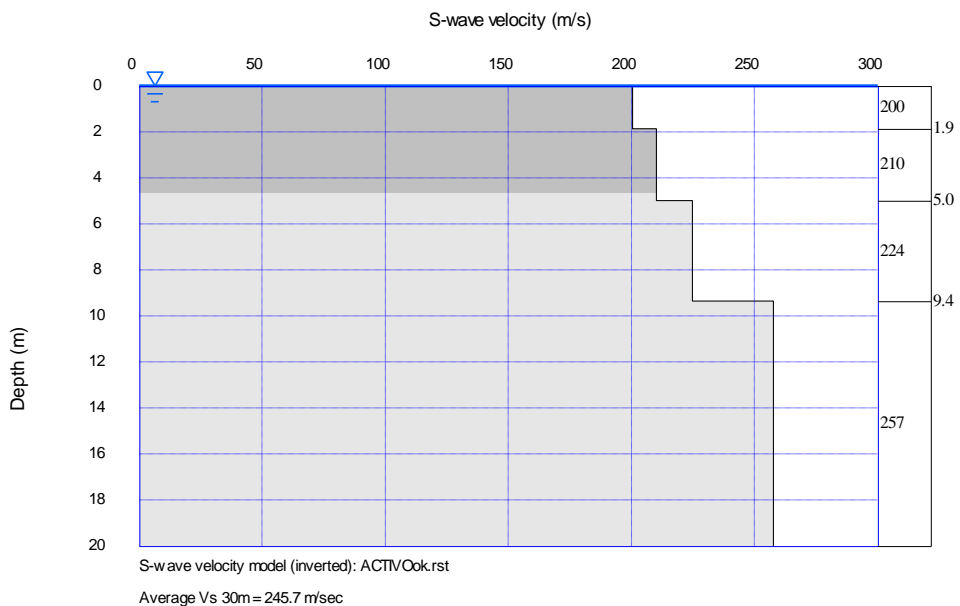
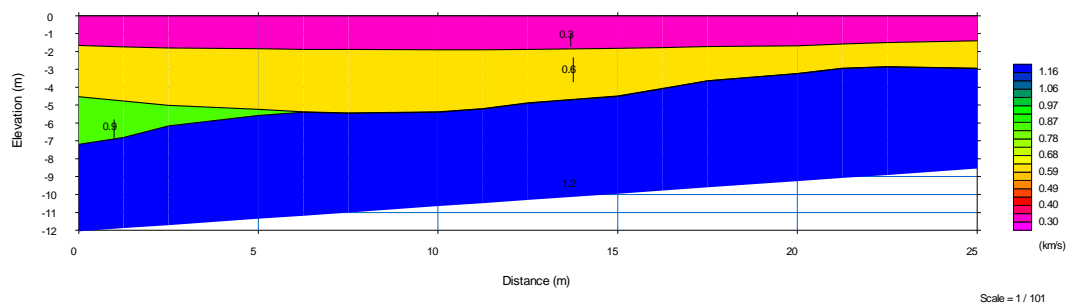


Figura 22

Modelo Vs30 régimen activo



Nota: El dato obtenido de Vs30 es de 245,7 m/s

Figura 23*Ondas P*

Se compara con los datos de la tabla del libro Ingeniería Geológica (Vallejo, 2022) en el diagrama de velocidades se tienen los siguientes estratos:

Figura 24*Clasificación de perfiles del suelo*

CNA, 1993		ASTM-D5777	
Velocidad Vp [m/s]	Descripción	Velocidad Vp [m/s]	Descripción
170 – 450	Suelos arenosos	240 - 610	Suelo intemperizado
300 – 650	Suelos con finos	460 - 915	Grava o arena seca
500 – 900	Suelos gruesos	1830 - 1220	Arena saturada
800 – 1,400	Depósitos de Talud	910 - 2750	Arcilla saturada
1,450 – 1,550	Materiales saturados	1430 - 1665	Agua
1,400 – 2,000	Roca blanda	1460 - 1525	Agua de mar
1,800 – 2,500	Roca muy fracturada	1830 - 3960	Arenisca
2,000 – 3,000	Roca fracturada	2750 - 4270	Esquisto, arcilla esquistosa
3,000 – 5,000	Roca intacta	1830 - 3960	Tiza
4,500 – 6,500	Granito sano	2134 - 6100	Caliza
6,000 – 7,500	Rocas Metamórficas	4575 - 5800	Granito
5,500 – 8,000	Caliza intacta	3050 - 7000	Roca metamórfica

Nota: Obtenido de (Vallejo, 2022)

Tabla 5*Posibles estratos del suelo*

Tipo de suelos	Velocidad (KM/s)	Distancia Vertical (m)
Suelos finos	0,3	0,0 - 1,5
Suelos Gruesos	0,6	1,8 - 5,0
Depósitos de talud	1,2	5,0 – 12,0

Pasivo

Figura 25

Tomografía del suelo

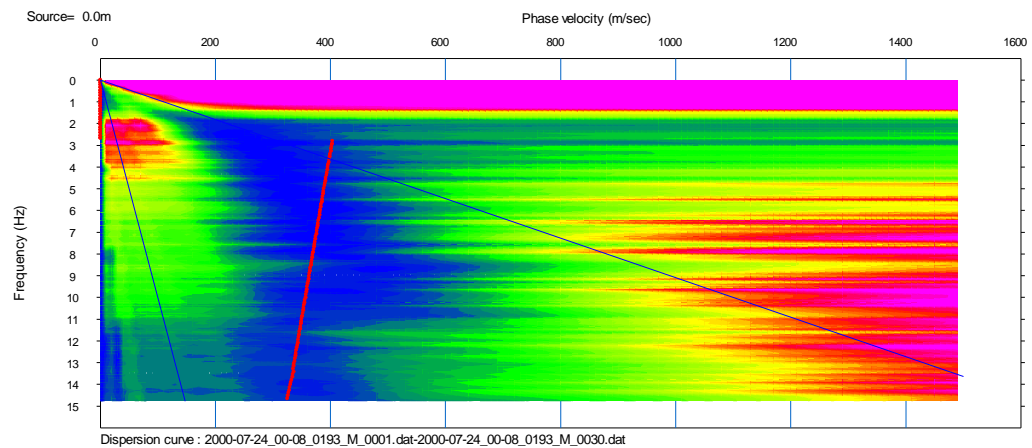


Figura 26

Diagrama de pseudovelocidades régimen pasivo

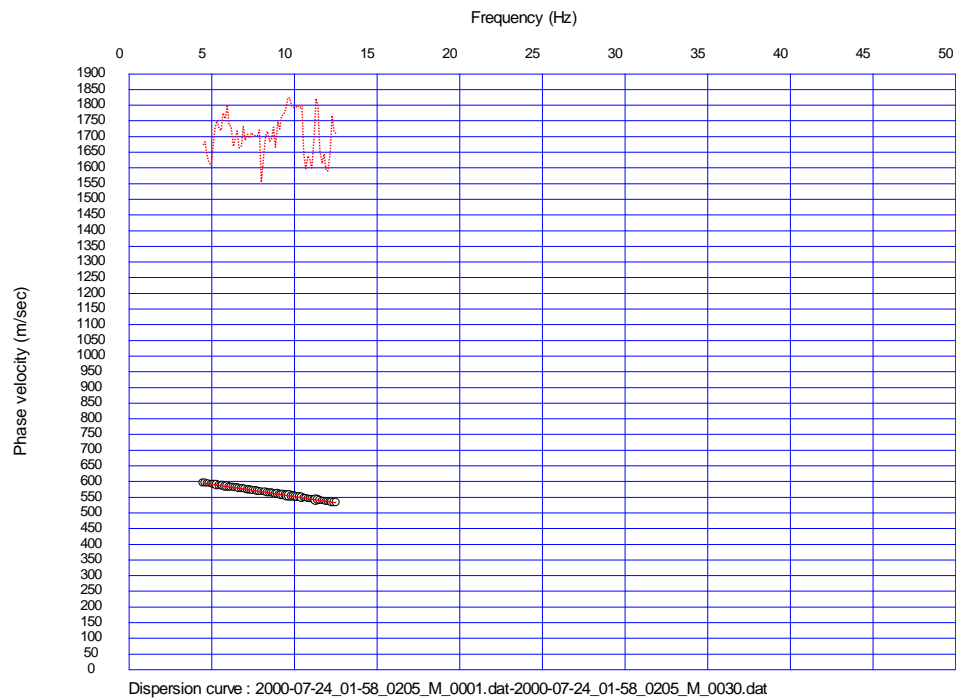
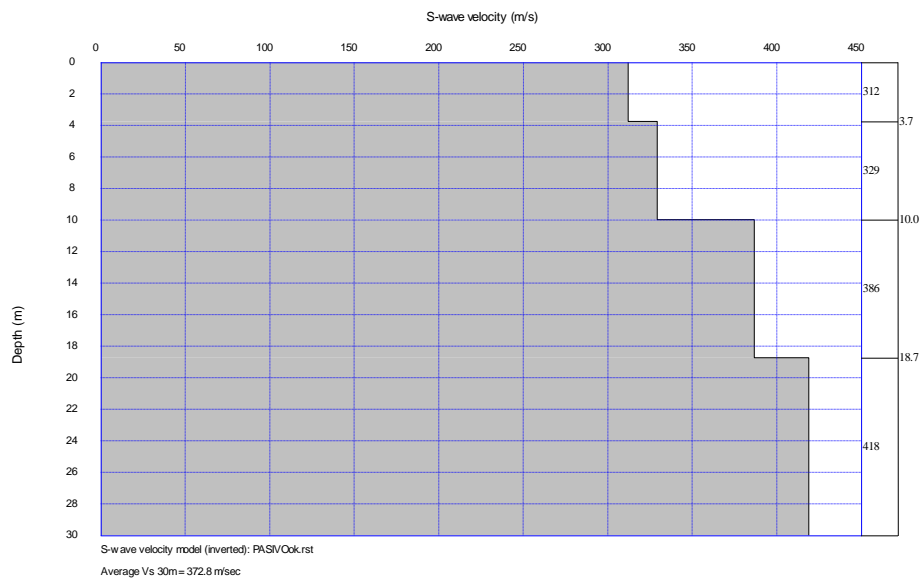


Figura 27

Modelo Vs30 régimen pasivo



Nota: El dato obtenido de Vs30 es de 372,8 m/s

Combinado

Figura 28

Diagrama de pseudovelocidades régimen combinado

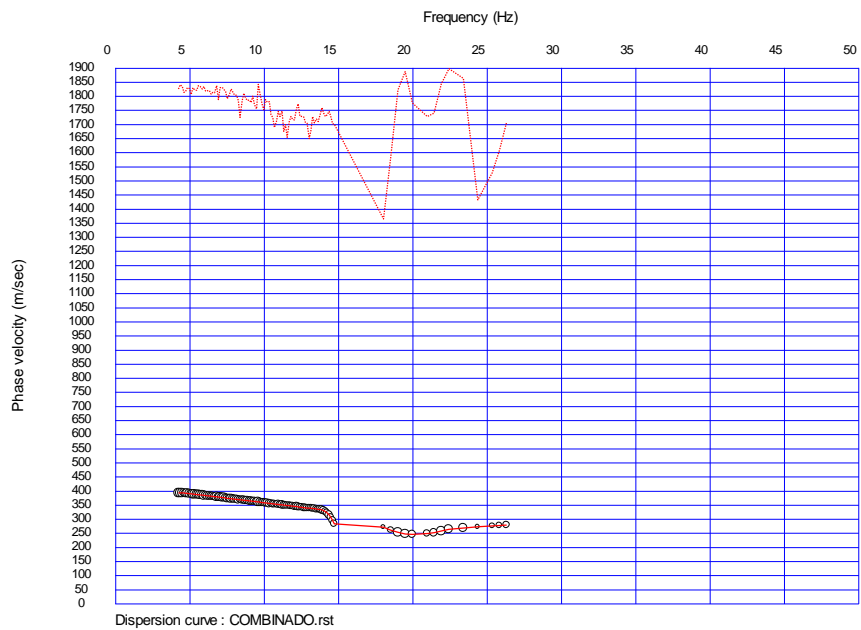
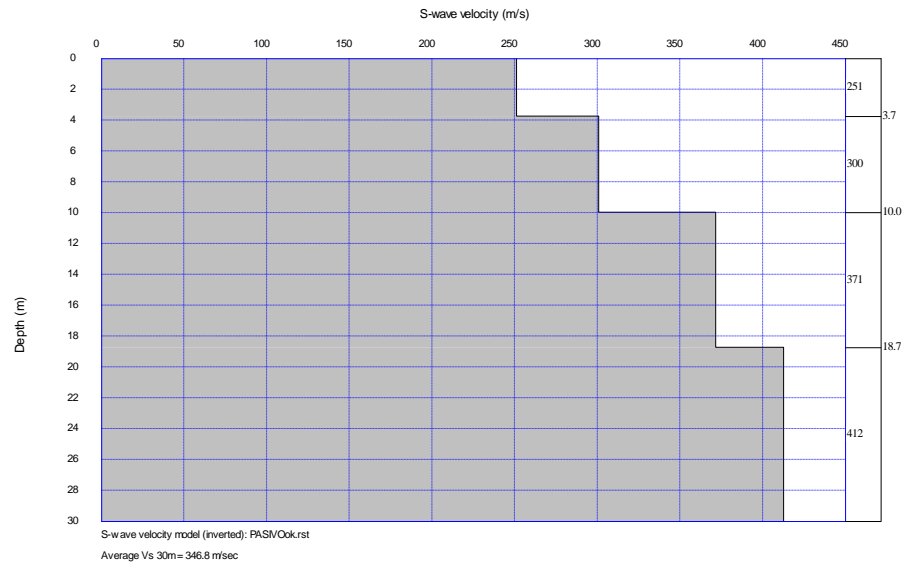


Figura 29*Modelo Vs30 régimen combinado*

Nota: El dato obtenido de Vs30 es de 346,8 m/s

Luego del análisis se concluye que es un suelo tipo D, para la decisión se comparó el resultado con la tabla 6.

Tabla 6

Clasificación de perfiles del suelo.

Tipo de perfil	Descripción	Definición
A	Perfil de roca competente	$V_s \geq 1500$ m/s
B	Perfil de roca de rigidez media	1500 m/s $> V_s \geq 760$ m/s
C	Perfiles de suelos muy densos o roca blanda, que cumplan con el criterio de velocidad de la onda de cortante, o	760 m/s $> V_s \geq 360$ m/s
	Perfiles de suelos muy densos o roca blanda, que cumplan con cualquiera de los dos criterios	$N \geq 50,0$ $S_u \geq 100$ kPa
D	Perfiles de suelos rígidos que cumplan con el criterio de velocidad de la onda de cortante, o	360 m/s $> V_s \geq 180$ m/s
	Perfiles de suelos rígidos que cumplan cualquiera de las dos condiciones	$50 > N \geq 15,0$ 100 kPa $> S_u \geq 50$ kPa
E	Perfil que cumpla el criterio de velocidad de la onda de cortante, o	$V_s < 180$ m/s
	Perfil que contiene un espesor total H mayor de 3 m de arcillas blandas	$IP > 20$ $w \geq 40\%$ $S_u < 50$ kPa
F	Los perfiles de suelo tipo F requieren una evaluación realizada explícitamente en el sitio por un ingeniero en geotecnia. Se contemplan las siguientes subclases:	
	F1—Suelos susceptibles a la falla o colapso causado por la excitación sísmica, tales como; suelos licuables, arcillas sensitivas, suelos dispersivos o débilmente cementados, etc.	
	F2—Turba y arcillas orgánicas y muy orgánicas (H >3m para turba o arcillas orgánicas y muy orgánicas).	
	F3—Arcillas de muy alta plasticidad (H >7.5 m con índice de Plasticidad IP >75)	
	F4—Perfiles de gran espesor de arcillas de rigidez mediana a blanda (H >30m)	
	F5—Suelos con contrastes de impedancia α ocurriendo dentro de los primeros 30 m superiores del perfil de subsuelo, incluyendo contactos entre suelos blandos y roca, con variaciones bruscas de velocidades de ondas de corte.	
	F6—Rellenos colocados sin control ingenieril.	

Nota: Obtenido de (CONSTRUCCIÓN, 2007).

Análisis Línea 2

Tabla 7

Análisis línea dos

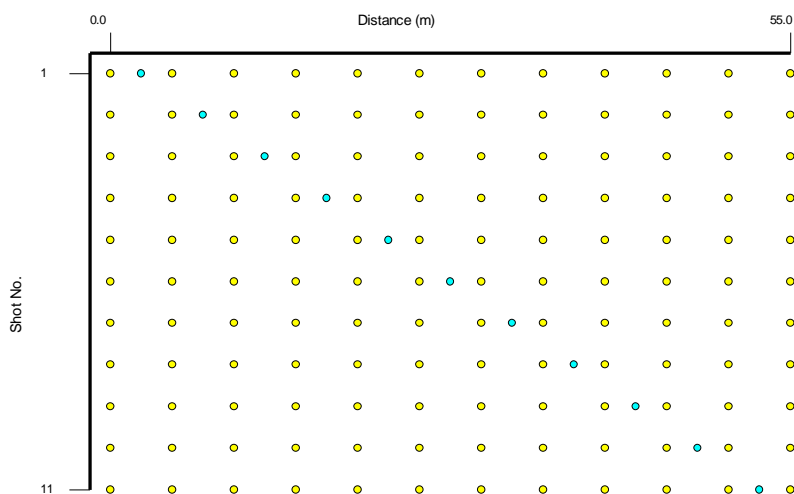
# Golpes	Distancia entre geófonos (m)
0	0
1	5,00
2	10,00
3	15,00
4	20,00
5	25,00
6	30,00
7	35,00
8	40,00
9	45,00
10	50,00
11	55,00

Nota: Datos ingresados del ensayo realizado en campo.

Proceso de Línea dos

Tabla 8

Procesamiento línea dos

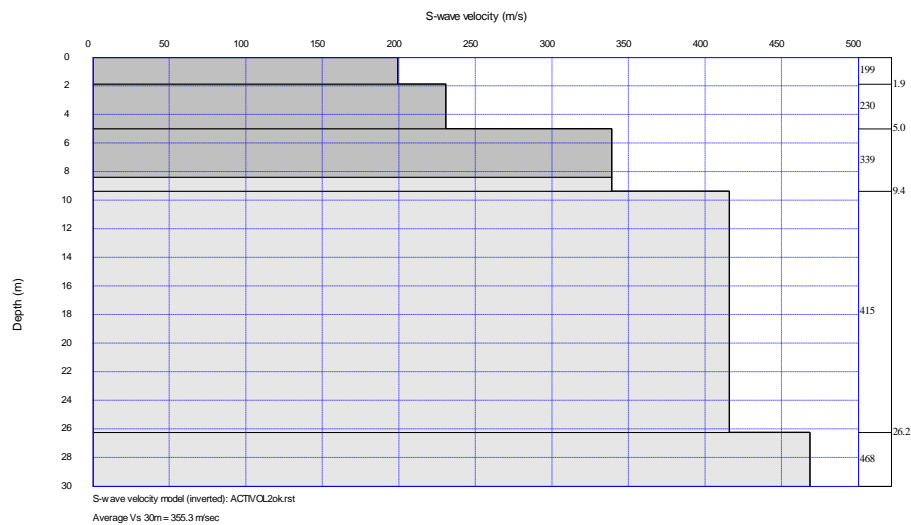


Nota: Se observa la distancia de la ubicación de los geófonos al trazar la línea dos.

Activo

Figura 30

Modelo Vs30 línea dos régimen activo



Nota: El dato obtenido de Vs30 es de 356,3 m/s

Figura 31

Ondas P línea dos régimen activo

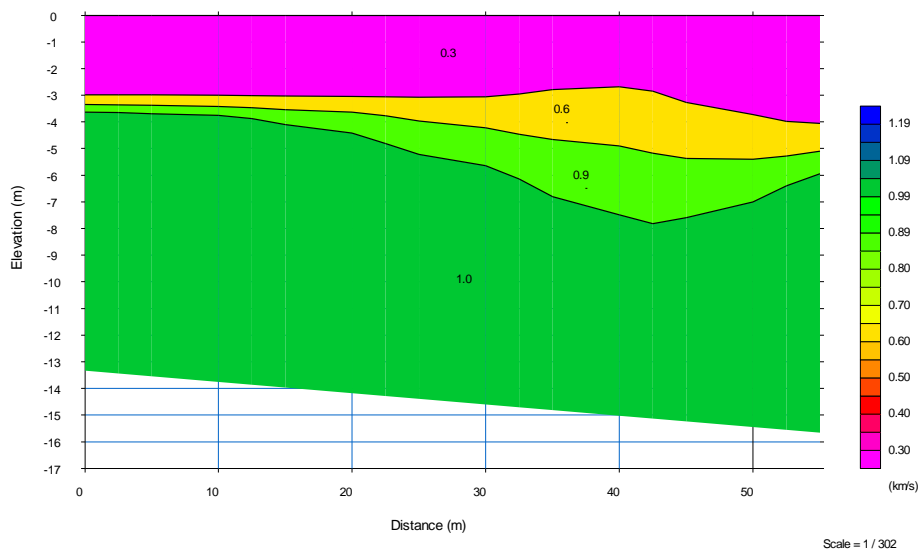
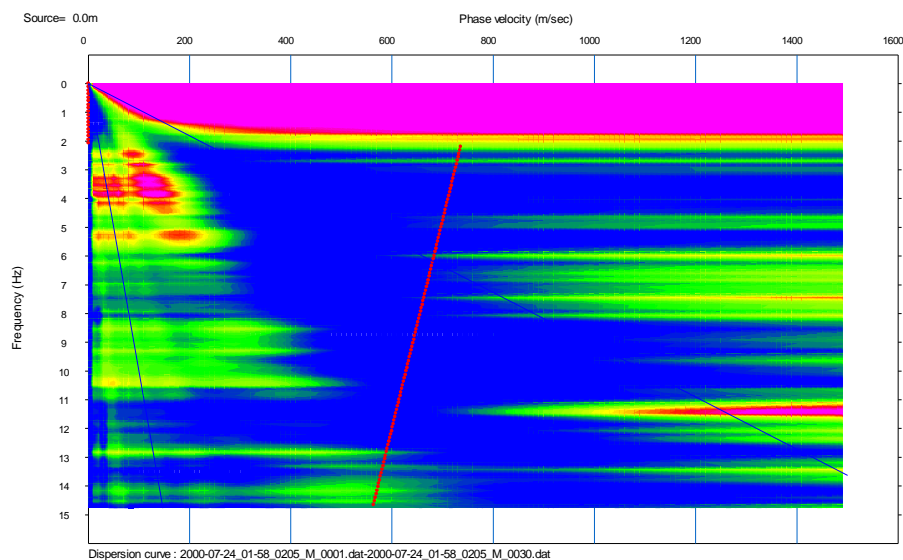


Tabla 9*Posibles estratos del suelo*

Tipo de suelos	Velocidad (KM/s)	Distancia Vertical (m)
Suelos finos	0,3	0,0 - 3,0
Suelos con finos	0,6	3,0 - 4,0
Suelos Gruesos	0,9	5,0 - 12,0
Depósitos de talud	1,0	5,0 - 13,0

Pasivo**Figura 32***Tomografía del suelo régimen pasivo*

Nota: Modelo obtenido del suelo para determinar las variaciones de resistividad.

Figura 33

Diagrama de pseudovelocidades línea dos régimen pasivo

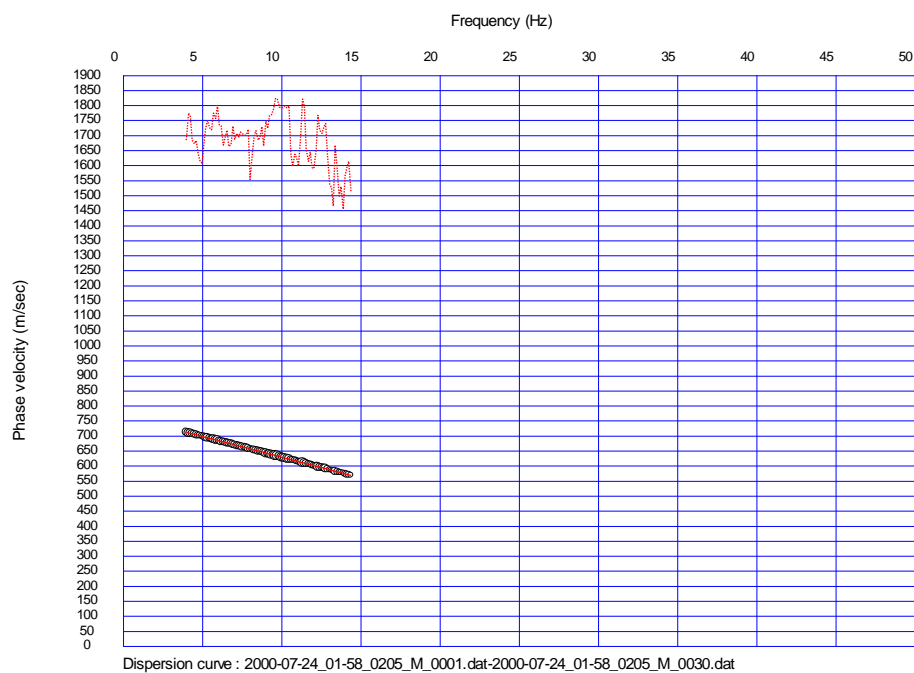
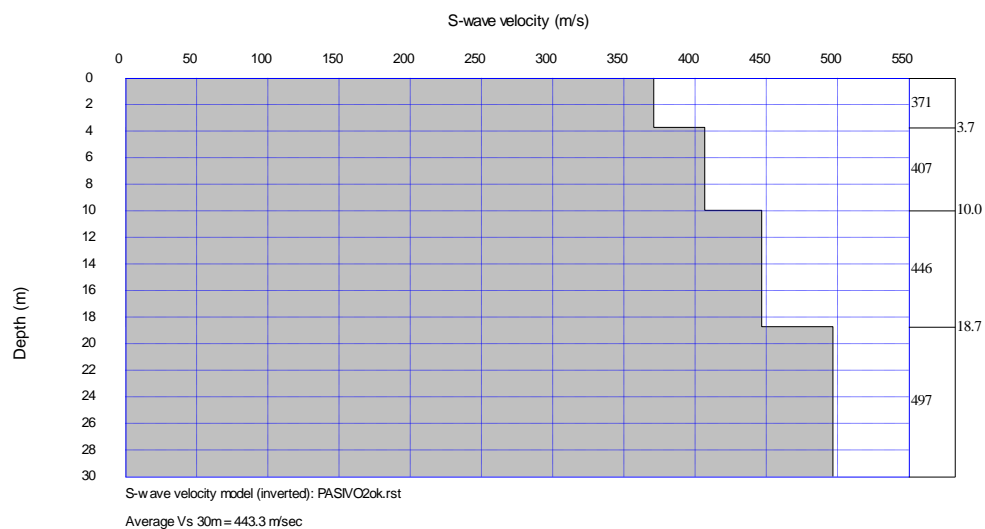


Figura 34

Modelo Vs30 línea dos régimen pasivo



Nota: El dato obtenido de Vs30 es de 443,3 m/s

Combinado

Figura 35

Diagrama de pseudovelocidades línea dos régimen combinado

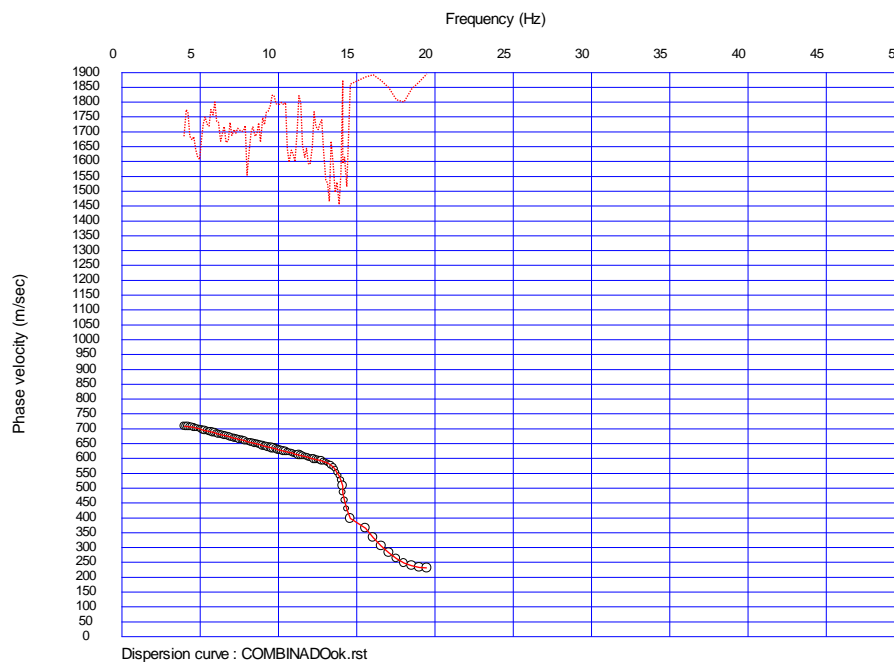
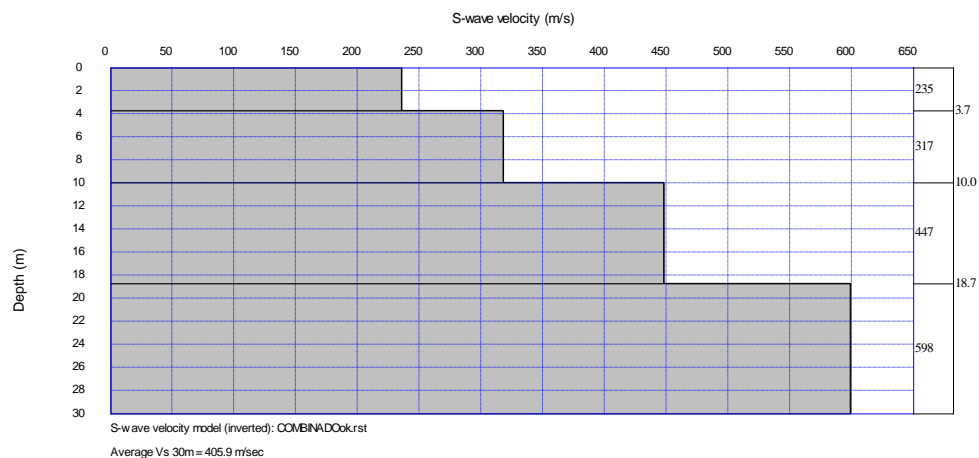


Figura 36

Modelo Vs30 línea dos régimen combinado



Nota: El dato obtenido de Vs30 es de 405,90 m/s

Luego del análisis se concluye que es un suelo tipo C, para la decisión se comparó el resultado con la tabla 6.

Análisis Línea 3

Tabla 10

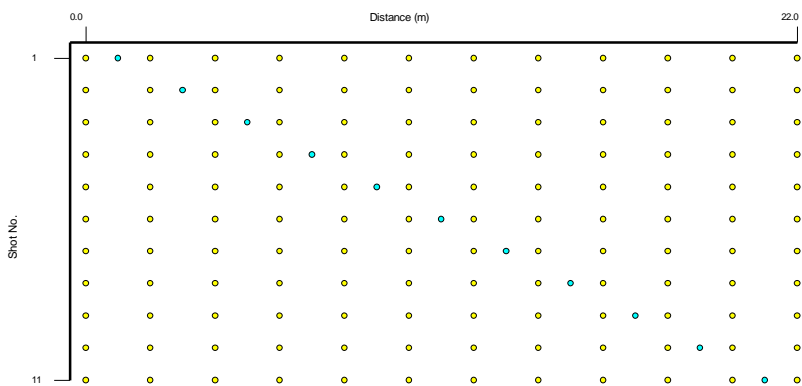
Análisis línea 3

# Golpes	Distancia entre geófonos (m)
0	0
1	2,00
2	4,00
3	6,00
4	8,00
5	10,00
6	12,00
7	14,00
8	16,00
9	18,00
10	20,00
11	22,00

Nota: Datos ingresados del ensayo realizado en campo. Proceso de línea

Figura 37

Procesamiento línea 3



Nota: Se observa la distancia de la ubicación de los geófonos al trazar la línea tres.

Activo

Figura 38

Diagrama de pseudovelocidades línea 3 régimen activo

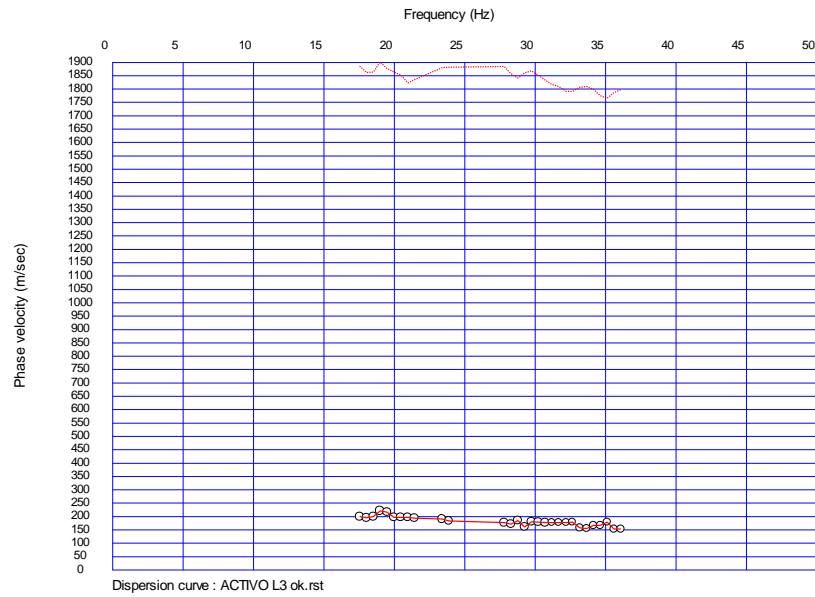
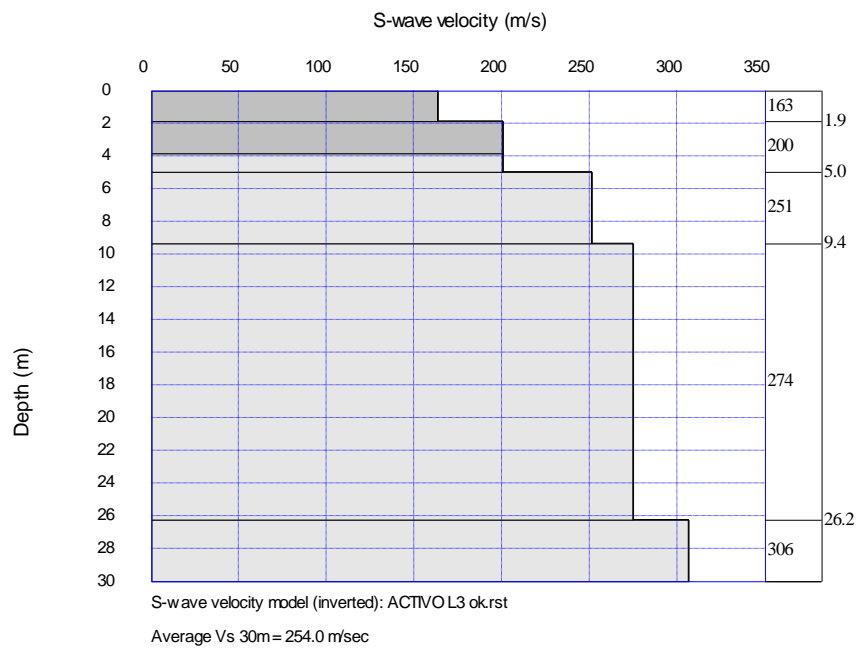


Figura 39

Modelo Vs30 línea tres régimen activo



Nota: El dato obtenido de Vs30 es de 254,00 m/s

Figura 40

Ondas P línea tres régimen activo

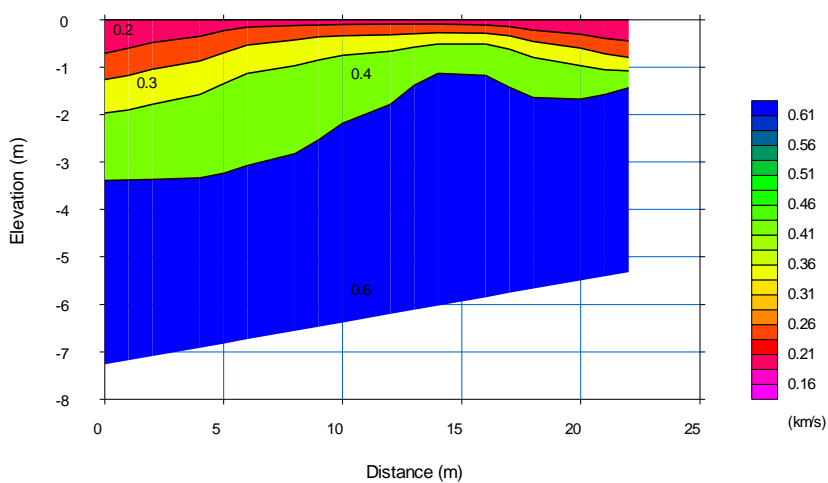


Tabla 11

Posibles estratos del suelo

Tipo de suelos	Velocidad (KM/s)	Distancia Vertical (m)
Suelos arenosos	0,2 – 0,26	0,0 – 1,0
Suelos con finos	0,3 – 0,4	1,50 – 2,0
Suelos Gruesos	0,6	3,5 – 7,2

Pasivo

Figura 41

Tomografía del suelo régimen pasivo línea tres

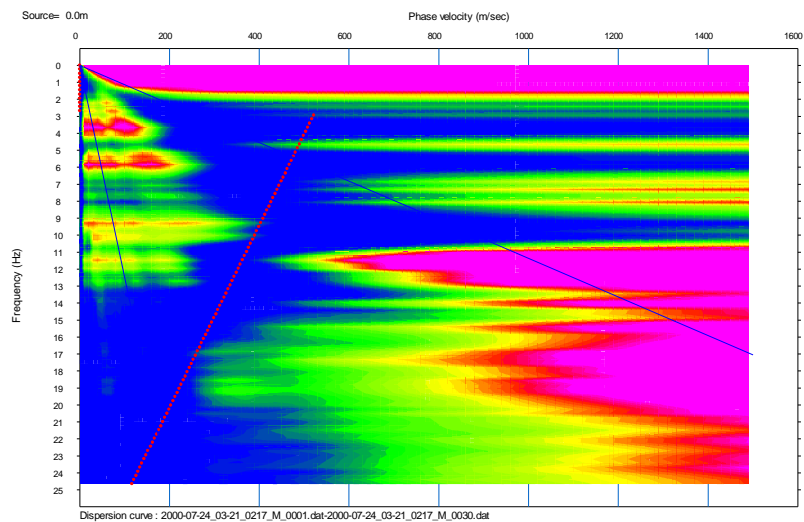


Figura 42

Diagrama de pseudovelocidades línea 3 régimen pasivo

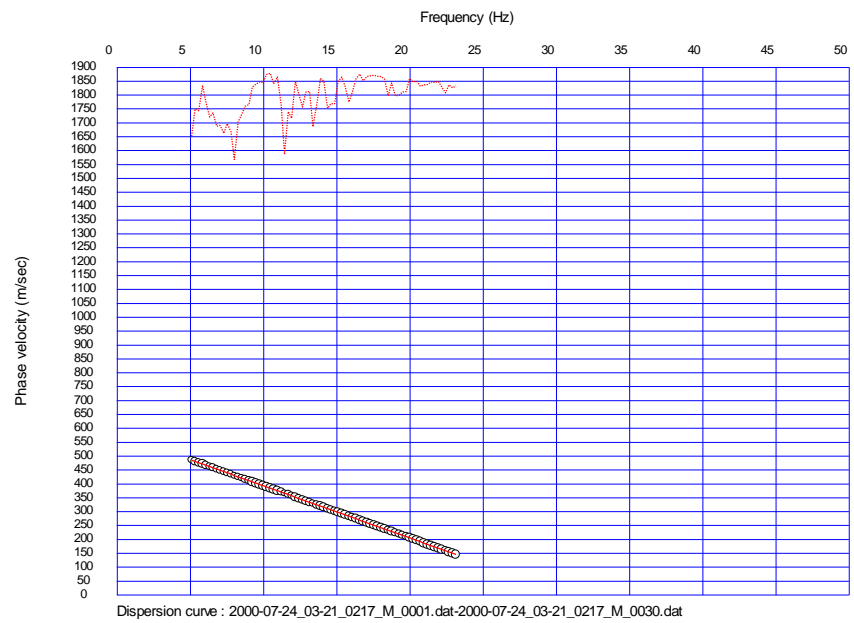
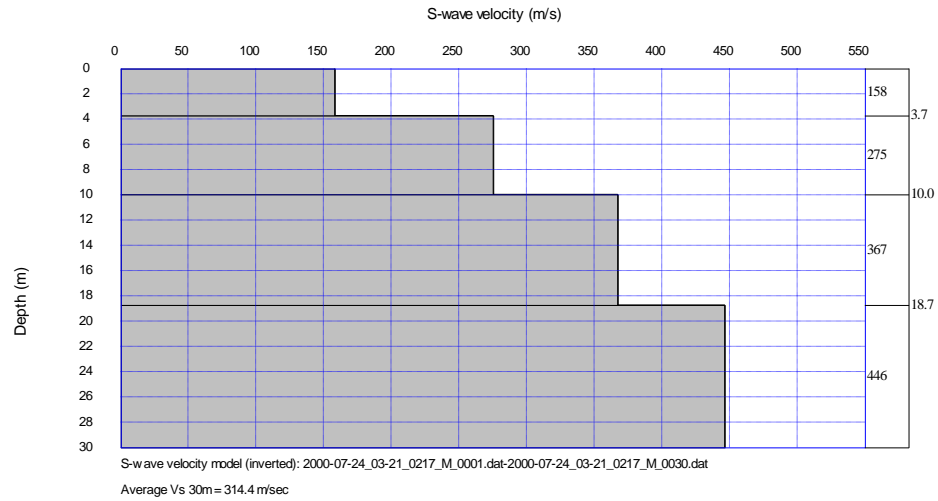


Figura 43

Modelo Vs30 línea tres régimen pasivo.



Nota: El dato obtenido de Vs30 es de 314,40 m/s

Combinado

Figura 44

Diagrama de pseudovelocidades línea 3 régimen combinado

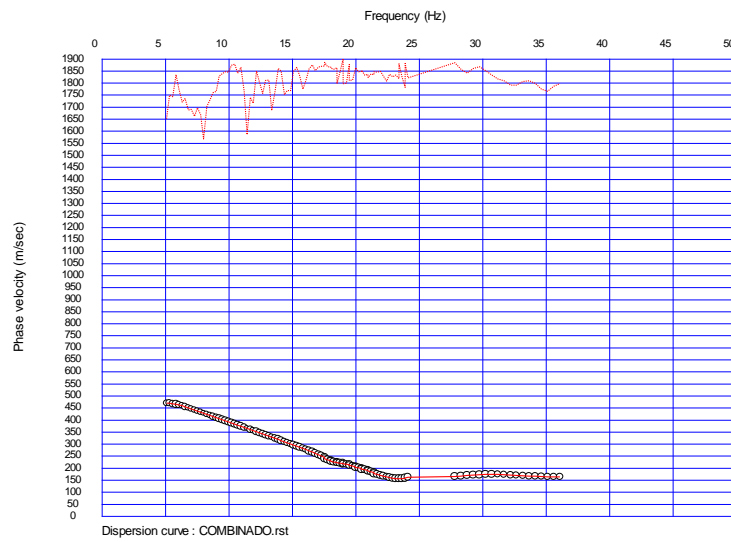
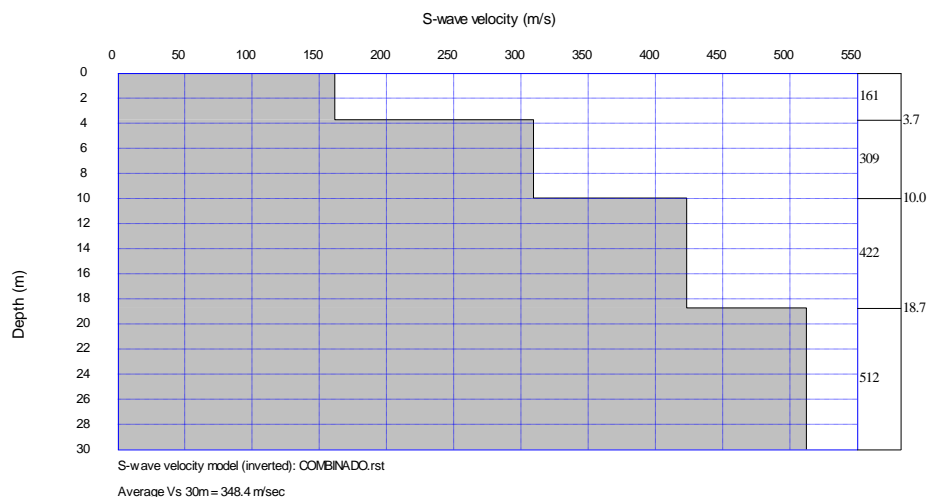


Figura 45

Modelo Vs30 línea tres régimen combinado.



Nota: El dato obtenido de Vs30 es de 348,40 m

Luego del análisis se concluye que es un suelo tipo D, para la decisión se comparó el resultado con la tabla 6.

Diseño de gaviones

Para el diseño de las presas de gaviones se eligió las secciones transversales del cauce del río con la menor área lo que nos dio a lo largo de los 1200 metros de longitud, un total de 6 presas de gaviones.

Guiándonos por el proceso metodológico se procede a calcular de manera estructural los gaviones de la primera sección 0+000:

1. Espaciamiento entre presas

Para el cálculo del espaciamiento entre presas se calcula con la siguiente fórmula:

$$E = \frac{H}{-P_s} * 100$$

Donde:

E= Espaciamiento entre dos presas consecutivas (m)

H= Altura efectiva de la presa (m)

Ps= Pendiente de compensación (%)

Nota: La pendiente de compensación (Ps) toma valores entre $1\% < P_s < 3\%$, específicamente para arenas gruesas con grava la pendiente de compensación es el 2%, para sedimentos finos limosos-arcillosos es del 0,5% y para sedimentos con textura medias del 1%.

Reemplazando datos tenemos:

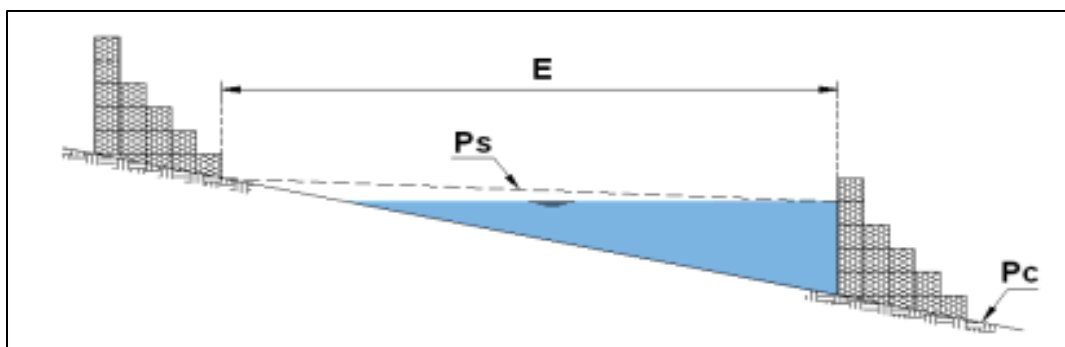
$$E = \frac{H}{-P_s} * 100$$

$$E = \frac{7}{-(-2)} * 100$$

$$E = 350 \text{ m}$$

Figura 46

Espaciamiento entre gaviones



Nota: Tomado de (Martínez, 2010).

2. Caudal Máximo de Diseño

Para el caudal máximo de diseño se ha realizado un estudio hidrológico por lo cual se tomará dicho valor.

$$Q_{max} = 1,76 \frac{m^3}{s}$$

3. Diseño del Vertedero

El diseño se lo llevara a cabo con la siguiente fórmula:

Donde:

$$Hd = \left[\frac{Q_{m\acute{a}x}}{Cv * L} \right]^{\frac{2}{3}}$$

Q_{max} = Caudal máximo (m^3/s)

Cv = Coeficiente del vertedero (Adimensional)

L = Longitud del vertedero (m)

Reemplazando datos tenemos:

$$Hd = \left[\frac{Q_{m\acute{a}x}}{Cv * L} \right]^{\frac{2}{3}}$$

$$Hd = \left[\frac{1,75}{1,45 * 2} \right]^{\frac{2}{3}}$$

$$Hd = 0,72 \text{ m}$$

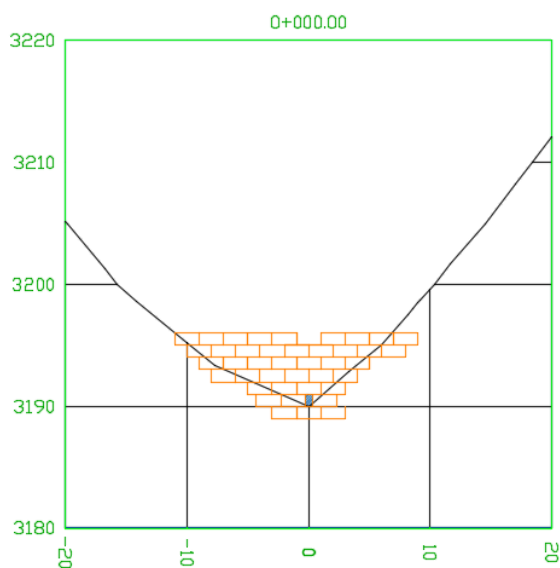
Como forma de seguridad se opta por tomar la altura del vertedero de 1 m.

4. Diseño De La Colocaci3n De Los Gaviones

La disposici3n de los gaviones se presenta en funci3n de la forma del cauce como lo podemos ver en la figura 47.

Figura 47

Disposición de la presa de gaviones conforme la forme del cauce

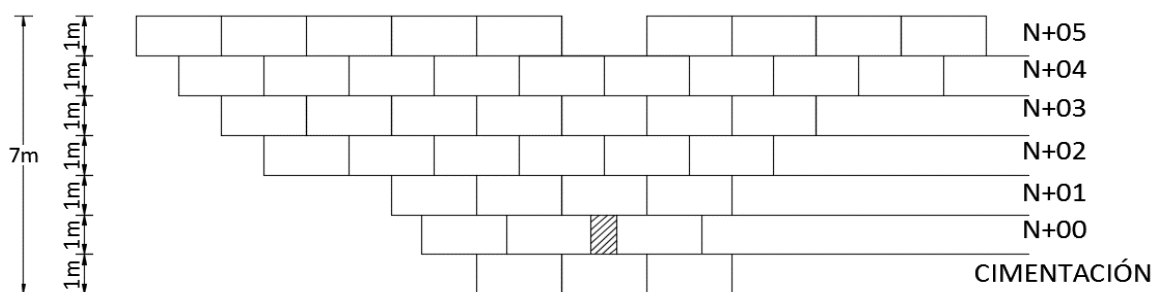


Nota: Forma del cauce y acoplamiento de los gaviones

La altura de la presa será de 7 metros de altura distribuida de la siguiente manera:

Figura 48

Distribución de la presa de gaviones



Nota: Distribución de los gaviones y su respectiva altura

Un punto muy importante es conocer el volumen de cada uno de los gaviones y así el volumen total de la presa, los cálculos se presentan en la siguiente tabla

Tabla 12

Volumen total de la presa de gaviones

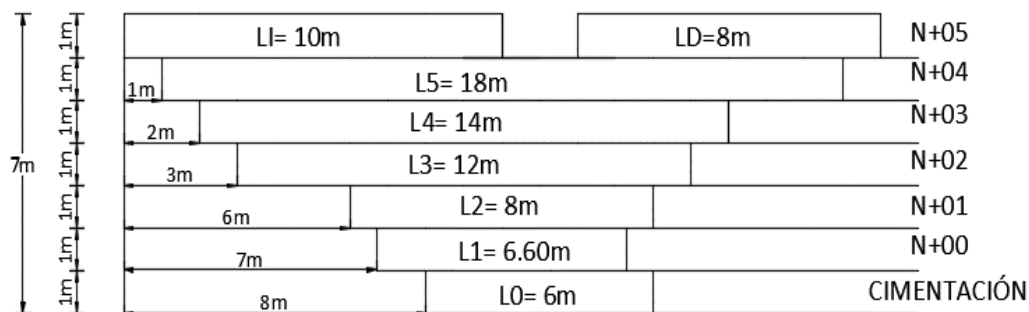
NIVEL	Número de Gaviones	Tamaño de Gavión	Vol. Unit. m^3	Vol. Tot. m^3
Cimentación	21	2,00X1,00X1,00	2	42
N+00	18	2,00X1,00X1,00	2	36
N+01	20	2,00X1,00X1,00	2	40
N+02	24	2,00X1,00X1,00	2	48
N+03	21	2,00X1,00X1,00	2	42
N+04	18	2,00X1,00X1,00	2	36
N+05 D	4	2,00+1,00+1,00	2	8
N+05 I	5	2,00X1,00X1,00	2	10
TOTAL	131			262

5. Determinación del Centro de Gravedad de la Obra

Para hallar los centros de gravedad es necesario conocer las distancias de los gaviones y ubicar un centro de coordenadas las cuales se ubicarán al lado izquierdo donde se ubicará el origen de las coordenadas tanto para el plano Y-Z como para el plano X-Y

Figura 49

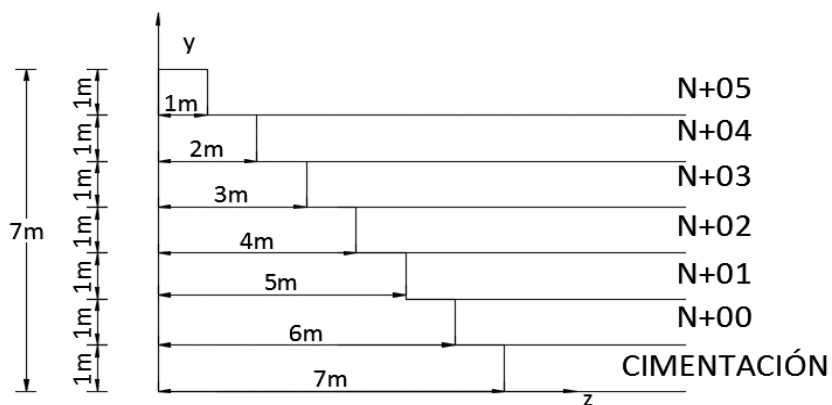
Dimensiones de los gaviones vista frontal



Nota: Las dimensiones varían de acuerdo al nivel de los gaviones

Figura 50

Dimensiones de los gaviones vista lateral



Nota: Las dimensiones varían de acuerdo al nivel de los gaviones

Las dimensiones presentadas en la Figura 18 y Figura 19 son muy necesarias ya que de ellas depende determinar el centro de gravedad de cada nivel y en conjunto se podrá determinar el centro de gravedad de la presa en total.

Tabla 13

Centro de gravedad por niveles

TENDIDO	V m^3	Xm m	Ym m	Zm m	V*Xm m^4	V*Ym m^4	V*Zm m^4
L0	42	11	0,5	3,5	462	21	147
L1	36	10,3	1,5	3	370,8	54	108
L2	40	10	2,5	2,5	400	100	100
L3	48	9	3,5	2	432	168	96
L4	42	9	4,5	1,5	378	189	63
L5	36	10	5,5	1	360	198	36
LD	8	16	6,5	0,5	128	52	4
LI	10	5	6,5	0,5	50	65	5
TOTALES	262				2580,8	847	559

Las coordenadas del centroide se calculan de la siguiente forma:

Sentido X:

$$X_c = \frac{\sum V * X}{V}$$

$$X_c = \frac{2580,8 \text{ m}^4}{262 \text{ m}^3}$$

$$X_c = 9,85 \text{ m}$$

Sentido Y:

$$Y_c = \frac{\sum V * Y}{V}$$

$$Y_c = \frac{847 \text{ m}^4}{262 \text{ m}^3}$$

$$Y_c = 3,23 \text{ m}$$

Sentido Z:

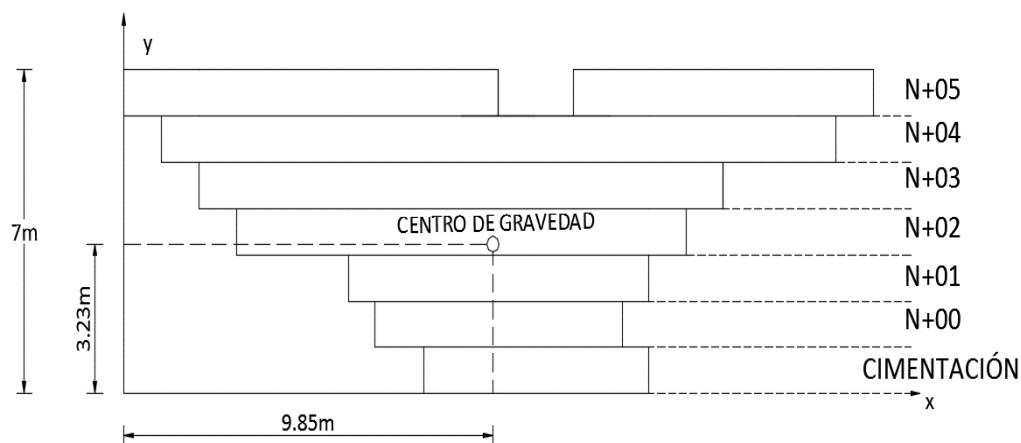
$$Z_c = \frac{\sum V * Z}{V}$$

$$Z_c = \frac{559 \text{ m}^4}{262 \text{ m}^3}$$

$$Z_c = 2,13 \text{ m}$$

Figura 51

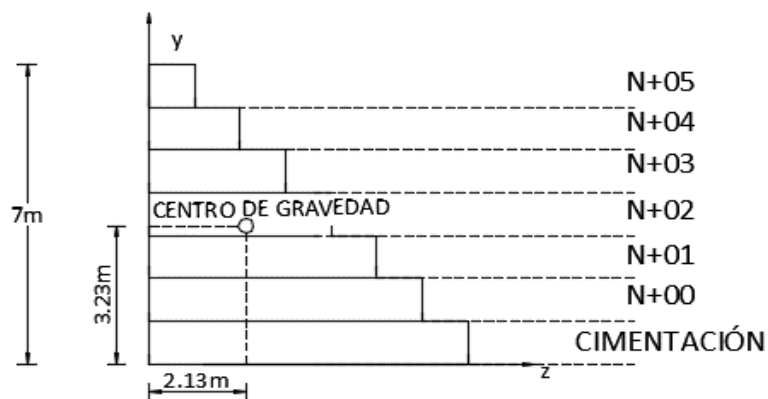
Centro de Gravedad vista Frontal



Nota: Se presenta la distancia en el eje X como en el eje Y.

Figura 52

Centro de Gravedad vista Lateral



Nota: Se presenta la distancia en el eje Y como en el eje Z.

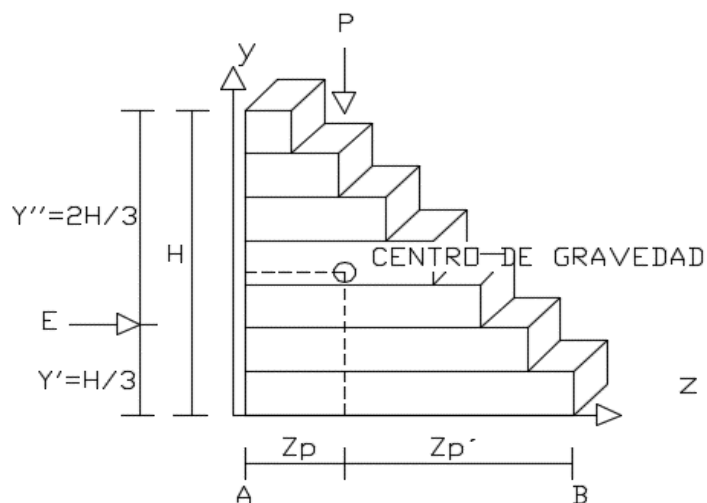
En función del centro de gravedad se determina la sección crítica y a partir de esta sección se calcula la estabilidad de la obra de toda la estructura.

6. Cálculo de la Línea de Acción del Peso de la Obra

Se determina las fuerzas que actúan sobre la sección crítica unitaria de la presa.

Figura 53

Sección crítica unitaria de la presa



Nota: Se presentan las fuerzas que actúan en la sección crítica

Donde:

P= Peso de la sección crítica unitaria

E= Empuje Hidrostático sobre el paramento de mojado

H= Altura de la presa

Z_p= Distancia de posición de P respecto al punto A

Z_{p'}= Distancia de posición de P respecto al punto B

Determinamos la línea de acción del peso (P) de la sección crítica unitaria como se muestra en la siguiente tabla:

Tabla 14

Centro de gravedad por niveles de sección crítica

TENDIDO	V <i>m</i> ³	Y_{mcu} <i>m</i>	Z_{mcu} <i>m</i>	V*Y_{mcu} <i>m</i> ⁴	V*Z_{mcu} <i>m</i> ⁴
L0	7	0,5	3,5	3,5	24,5
L1	6	1,5	3	9	18
L2	5	2,5	2,5	12,5	12,5
L3	4	3,5	2	14	8
L4	3	4,5	1,5	13,5	4,5
L5	2	5,5	1	11	2
TOTALES	27			63,5	69,5

La línea de acción se calcula con la siguiente fórmula:

$$Z_p = \frac{\sum V * Y_{mcu}}{V}$$

$$Z_p = \frac{63,5 \text{ m}^4}{27 \text{ m}^3}$$

$$Z_p = 2,35 \text{ m}$$

Para el cálculo de Z_{p'} debemos restar la longitud total de la base de la presa

$$Z_{p'} = 7 - 2,35 \text{ m}$$

$$Z_{p'} = 4,65 \text{ m}$$

7. Cálculo del peso de la lámina de agua vertiente (q)

Para determinar el peso de la lámina vertiente se considera un ancho de la sección crítica unitaria de $a=1$ m, aplicamos la siguiente fórmula:

$$q = h' * b * a * w$$

Donde:

q= Peso de la lámina de agua máxima vertiente (t/m)

h'=Altura máxima del vertedor (m)

b= Ancho de corona de la presa (m)

a=ancho de la sección crítica unitaria ($a=1$ m)

w= Peso específico del agua con sedimentos (t/m^3) = $1,2 t/m^3$

reemplazando los datos tenemos:

$$q = h' * b * a * w$$

$$q = 1m * 2m * 1m * 1,2 t/m^3$$

$$q = 2,40 t$$

8. Cálculo de la superficie de mojado (S)

La determinamos con la siguiente ecuación:

$$S = H * a$$

Donde:

S= Superficie de mojado

H= Altura de la presa

a= Ancho de la sección crítica unitaria

Reemplazando los datos tenemos:

$$S = H * a$$

$$S = 6m * 1m$$

$$S = 6m^2$$

9. Cálculo del centro de gravedad de la superficie de mojado (H')

La determinamos con la siguiente ecuación:

$$H' = H/2$$

Donde:

H'= Centro de gravedad de la superficie mojada

H= Altura de la presa

Reemplazando los datos tenemos:

$$H' = H/2$$

$$H' = 6m/2$$

$$H' = 3 m$$

10. Cálculo del empuje hidrostático (E)

La determinamos con la siguiente ecuación:

$$E = S * H' * w$$

$$E = \frac{1}{2} * w * H^2$$

Donde:

E= Empuje hidrostático

S= Superficie de mojado

H'= Centro de gravedad de la superficie de mojado

H= Altura de la presa

w= Peso específico del agua con sedimentos

Reemplazando los datos tenemos:

$$E = S * H' * w$$

$$E = 6 m^2 * 3 m * 1,2 t/m^3$$

$$E = 21,60 t$$

$$E = \frac{1}{2} * w * H^2$$

$$E = \frac{1}{2} * 1,2 \text{ t/m}^3 * (6 \text{ m})^2$$

$$E = 21,60 \text{ t}$$

11. Cálculo del peso de la sección unitaria aguas arriba (P)

La determinamos con la siguiente ecuación:

$$P = V_{SCU} * \gamma_0$$

Donde:

P= Peso de la sección crítica unitaria

V_{SCU} = Volumen de la sección crítica unitaria

γ_0 = Peso específico aparente

Reemplazando los datos tenemos:

$$P = V_{SCU} * \gamma_0$$

$$P = 27 \text{ m}^3 * 1,20 \text{ t/m}^3$$

$$P = 32,40 \text{ t}$$

12. Cálculo de la condición de seguridad al deslizamiento (FSD)

La determinamos con la siguiente ecuación:

$$FSD = (q + P) * \mu \geq E$$

Donde:

FSD= Condición de seguridad al deslizamiento

q= Peso de la lámina de agua máxima vertiente

μ = Coeficiente de rozamiento correspondiente a piedra sobre piedra

P= Peso de la sección crítica unitaria

E= Empuje hidrostático

Reemplazando los datos tenemos:

$$FSD = (q + P) * \mu \geq E$$

$$FSD = (2,40 t + 32,40 t) * 0,75$$

$$FSD = 26,10 t$$

$$26,10 t \geq 21,60$$

\therefore Cumple

13. Cálculo de la condición de seguridad al volteo (FSV)

La determinamos con la siguiente ecuación:

$$FSV = \frac{MP_B}{ME_B} = \frac{P * Zp'}{E * Y'} \geq 1$$

Donde:

FSV= Condición de seguridad al volteo

MP= Momento de (P) respecto al punto de apoyo (B)

ME= Momento de (E) respecto al punto de apoyo (B)

Reemplazando los datos tenemos:

$$FSV = \frac{MP_B}{ME_B} = \frac{P * Zp'}{E * Y'} \geq 1$$

$$FSV = \frac{32,40 t * 4,65 m}{21,60 t * 2 m}$$

$$FSV = 3,49 t$$

$$3,49 \geq 1$$

\therefore Cumple

Cálculo del colchón de amortiguamiento

La longitud del colchón se calcula por medio de la ecuación de Pavlovsky, siendo la longitud lp , se puede tomar igual a la longitud del remolino:

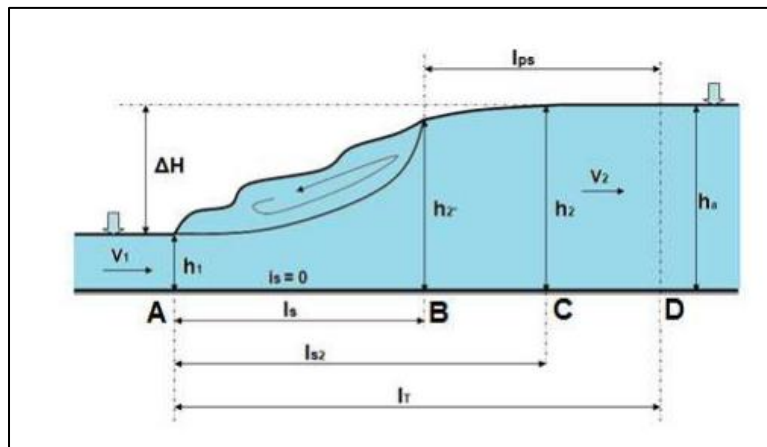
$$lp = (0,8 a 1,0) ls$$

El USBR recomienda tomar igual a la longitud ls_2 en la siguiente ecuación:

$$l_{s2} = 6,1 h_2$$

Figura 54

Longitudes en el Resalto Hidráulico

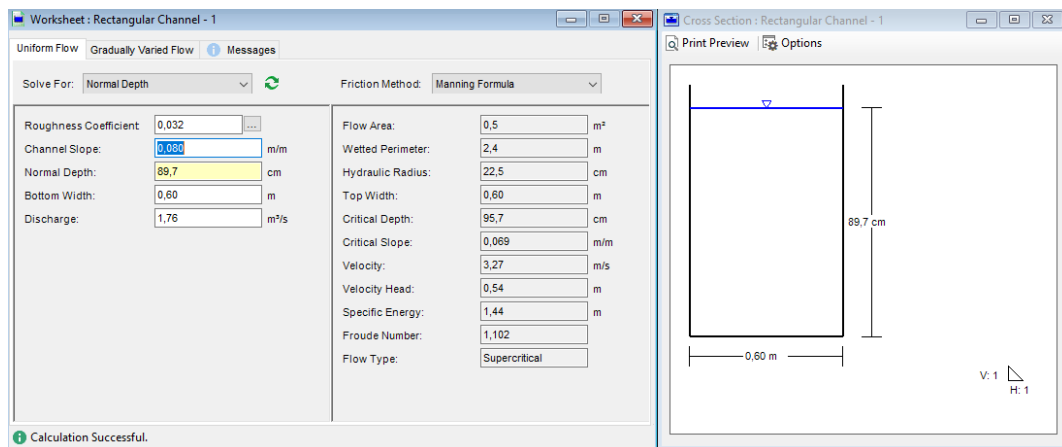


Nota: Tomado de (Sandoval, 2013)

Por lo cual con ayuda del programa Flowmaster, se puede calcular la longitud h_2 tanto del vertedero como de la sección inferior, usando el caudal de $1,73 \frac{m^3}{s}$ por lo cual obtenemos:

Figura 55

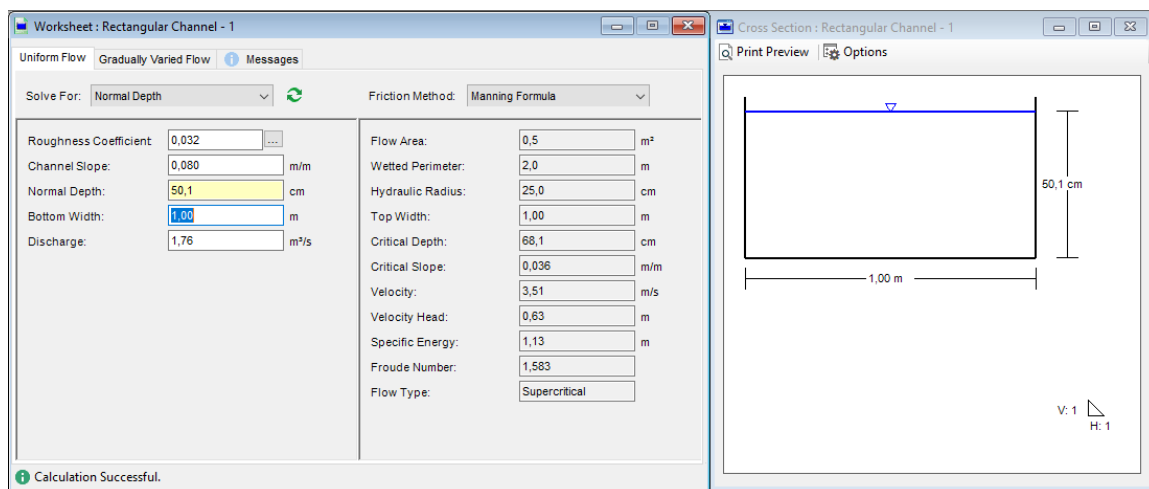
Resultado de h_2 , de la sección inferior del vertedero tipo cajón



Nota: El resultado se encuentra dentro de la altura de los gaviones de 1 metro.

Figura 56

Resultado de h_2 , de la sección superior del vertedero tipo cajón



Nota: El resultado se encuentra dentro de la altura de los gaviones de 1 metro.

Analizados ya las dos secciones se opta por la longitud h_2 del vertedero tipo cajon (inferior), la longitud l_{s_2} se obtendra de la siguiente manera:

$$l_{s_2} = 6,1 h_2$$

$$l_{s_2} = 6,1 (0,897) [m]$$

$$l_{s_2} = 5,477 [m]$$

Determinamos el valor de l_p :

$$l_p = (0,8 \text{ a } 1,0) l_s$$

$$l_p = 1 * (5,477)[m]$$

$$l_p = 5,477 [m]$$

$$l_p = 5,50 [m]$$

Resumen cálculo presas de gaviones

Se detalla los resultados de los cálculos de los parámetros de las presas de gaviones restantes ubicadas en N° 0+000, N° 0+460, N° 0+620, N° 0+900, N° 1+100, N° 1+160, la metodología usada es la misma por lo que se presenta las tablas resumen:

Tabla 15

Resultados Presa de Gaviones N° 0+000

PRESA DE GAVIONES N° 0+000			
	Detalle	Unidades	Resultados
1	Espaciamiento entre presas	m	250,00
2	Caudal máximo de diseño	m ³ /s	1,76
3	Diseño del vertedero	m	0,72
4	Número de gaviones	U	131
5	Tamaño de gavión	-	2,00x1,00x1,00
6	Volumen total	m ³	262
7	Coordenada centroide (Xc)	m	9,85
8	Coordenada centroide (Yc)	m	3,22
9	Coordenada centroide (Zc)	m	2,14
10	Distancia de posición de P respecto al punto A (Zp)	m	2,35
11	Distancia de posición de P respecto al punto B (Zp')	m	4,65
12	Peso de la lámina de agua vertiente (q)	t	2,40
13	Superficie de mojado S (m ²)	m ²	6,00
14	Centro de gravedad de la superficie de mojado (H')	m	3,00
15	Empuje hidrostático (E)	t	21,60
16	Peso de la sección unitaria aguas arriba (P)	t	32,40
17	Factor de seguridad al deslizamiento (FSD) Cumple	t	26,10
18	Factor de seguridad al volteamiento (FSV) Cumple	t	3,49

Nota: Se presentan los resultados del cálculo de la presa N° 0+000

Tabla 16*Resultados Presa de Gaviones N° 0+460*

PRESA DE GAVIONES N° 0+460			
	Detalle	Unidades	Resultados
1	Espaciamiento entre presas	m	350,00
2	Caudal máximo de diseño	m ³ /s	1,76
3	Diseño del vertedero	m	0,72
4	Número de gaviones	U	179
5	Tamaño de gavión	-	2,00x1,00x1,00
6	Volumen total	m ³	358
7	Coordenada centroide (Xc)	m	13,04
8	Coordenada centroide (Yc)	m	3,22
9	Coordenada centroide (Zc)	m	2,14
10	Distancia de posición de P respecto al punto A (Zp)	m	2,35
11	Distancia de posición de P respecto al punto B (Zp')	m	4,65
12	Peso de la lámina de agua vertiente (q)	t	2,40
13	Superficie de mojado S (m ²)	m ²	6,00
14	Centro de gravedad de la superficie de mojado (H')	m	3,00
15	Empuje hidrostático (E)	t	21,60
16	Peso de la sección unitaria aguas arriba (P)	t	32,40
17	Factor de seguridad al deslizamiento (FSD) Cumple	t	26,10
18	Factor de seguridad al volteamiento (FSV) Cumple	t	3,49

Nota: Se presentan los resultados del cálculo de la presa N° 0+460

Tabla 17*Resultados Presa de Gaviones N° 0+620*

PRESA DE GAVIONES N° 0+620			
	Detalle	Unidades	Resultados
1	Espaciamiento entre presas	m	350,00
2	Caudal máximo de diseño	m ³ /s	1,76
3	Diseño del vertedero	m	0,72
4	Número de gaviones	U	186,00
5	Tamaño de gavión	-	2,00x1,00x1,00
6	Volumen total	m ³	372,00
7	Coordenada centroide (Xc)	m	13,89
8	Coordenada centroide (Yc)	m	3,33
9	Coordenada centroide (Zc)	m	2,09
10	Distancia de posición de P respecto al punto A (Zp)	m	2,35
11	Distancia de posición de P respecto al punto B (Zp')	m	4,65
12	Peso de la lámina de agua vertiente (q)	t	2,40
13	Superficie de mojado S (m ²)	m ²	6,00
14	Centro de gravedad de la superficie de mojado (H')	m	3,00
15	Empuje hidrostático (E)	t	21,60
16	Peso de la sección unitaria aguas arriba (P)	t	32,40
17	Factor de seguridad al deslizamiento (FSD) Cumple	t	26,10
18	Factor de seguridad al volteamiento (FSV) Cumple	t	3,49

Nota: Se presentan los resultados del cálculo de la presa N° 0+620

Tabla 18*Resultados Presa de Gaviones N° 0+900*

PRESA DE GAVIONES N° 0+900			
	Detalle	Unidades	Resultados
1	Espaciamiento entre presas	m	350,00
2	Caudal máximo de diseño	m ³ /s	1,76
3	Diseño del vertedero	m	0,72
4	Número de gaviones	U	162,00
5	Tamaño de gavión	-	2,00x1,00x1,00
6	Volumen total	m ³	324,00
7	Coordenada centroide (Xc)	m	11,21
8	Coordenada centroide (Yc)	m	3,30
9	Coordenada centroide (Zc)	m	2,10
10	Distancia de posición de P respecto al punto A (Zp)	m	2,35
11	Distancia de posición de P respecto al punto B (Zp')	m	4,65
12	Peso de la lámina de agua vertiente (q)	t	2,40
13	Superficie de mojado S (m ²)	m ²	6,00
14	Centro de gravedad de la superficie de mojado (H')	m	3,00
15	Empuje hidrostático (E)	t	21,60
16	Peso de la sección unitaria aguas arriba (P)	t	32,40
17	Factor de seguridad al deslizamiento (FSD) Cumple	t	26,10
18	Factor de seguridad al volteamiento (FSV) Cumple	t	3,49

Nota: Se presentan los resultados del cálculo de la presa N° 0+900

Tabla 19*Resultados Presa de Gaviones N° 1+100*

PRESA DE GAVIONES N° 1+100			
	Detalle	Unidades	Resultados
1	Espaciamiento entre presas	m	350,00
2	Caudal máximo de diseño	m ³ /s	1,76
3	Diseño del vertedero	m	0,72
4	Número de gaviones	U	168,00
5	Tamaño de gavión	-	2,00x1,00x1,00
6	Volumen total	m ³	336,00
7	Coordenada centroide (Xc)	m	12,65
8	Coordenada centroide (Yc)	m	3,30
9	Coordenada centroide (Zc)	m	2,10
10	Distancia de posición de P respecto al punto A (Zp)	m	2,35
11	Distancia de posición de P respecto al punto B (Zp')	m	4,65
12	Peso de la lámina de agua vertiente (q)	t	2,40
13	Superficie de mojado S (m ²)	m ²	6,00
14	Centro de gravedad de la superficie de mojado (H')	m	3,00
15	Empuje hidrostático (E)	t	21,60
16	Peso de la sección unitaria aguas arriba (P)	t	32,40
17	Factor de seguridad al deslizamiento (FSD) Cumple	t	26,10
18	Factor de seguridad al volteamiento (FSV) Cumple	t	3,49

Nota: Se presentan los resultados del cálculo de la presa N° 1+100

Tabla 20*Resultados Presa de Gaviones N° 1+160*

PRESA DE GAVIONES N° 1+160			
	Detalle	Unidades	Resultados
1	Espaciamiento entre presas	m	350,00
2	Caudal máximo de diseño	m ³ /s	1,76
3	Diseño del vertedero	m	0,72
4	Número de gaviones	U	159,00
5	Tamaño de gavión	-	2,00x1,00x1,00
6	Volumen total	m ³	318,00
7	Coordenada centroide (Xc)	m	11,00
8	Coordenada centroide (Yc)	m	3,25
9	Coordenada centroide (Zc)	m	2,12
10	Distancia de posición de P respecto al punto A (Zp)	m	2,35
11	Distancia de posición de P respecto al punto B (Zp')	m	4,65
12	Peso de la lámina de agua vertiente (q)	t	2,40
13	Superficie de mojado S (m ²)	m ²	6,00
14	Centro de gravedad de la superficie de mojado (H')	m	3,00
15	Empuje hidrostático (E)	t	21,60
16	Peso de la sección unitaria aguas arriba (P)	t	32,40
17	Factor de seguridad al deslizamiento (FSD) Cumple	t	26,10
18	Factor de seguridad al volteamiento (FSV) Cumple	t	3,49

Nota: Se presentan los resultados del cálculo de la presa N° 1+160

Capítulo 5

Conclusiones y Recomendaciones

Conclusiones

- La última ocurrencia de un desastre natural similar en la zona de estudio fue en el año 1995, por lo que se consideró un periodo de retorno de 25 años con el cual se llevó a cabo el cálculo del caudal máximo de diseño, esperando un evento de grandes magnitudes en el caso más extremo.
- Mediante los datos históricos de la estación meteorológica “Rumihurco”, se estableció que la precipitación media anual de la cuenca es de 1011,55 mm/año, se determinó el tiempo de concentración con la fórmula de Kirpich en 0,1049 horas.
- Se utilizó el software ArcGIS para obtener los parámetros morfométricos de la zona de estudio, la longitud de la quebrada es de 1,20 kilómetros y su pendiente es de 0,4156%. Se determinó que el área de la cuenca es de 1,06 km² de superficie y una forma oval redonda.
- El caudal medio anual es relativamente bajo, pero el evento ocurrido el 31 de enero de 2022 nos demostró que el caudal puede aumentar significativamente por las precipitaciones ocurridas, dando como resultado la generación de un evento extraordinario como el aluvión ocurrido.
- Debido a la falta de información hidrométrica los caudales máximos y medio anual se obtuvieron con el método de Sandoval y Aguilera, dando valores de 15,90 l/s y 1,756 m³/s respectivamente.
- Antes de realizar el diseño de las presas de gaviones es importante llevar a cabo un estudio de suelos para obtener la aceleración de suelo, estratigrafía y el tipo de suelo que nos permita tomar una buena decisión a la hora del diseño de la cimentación de la presa.

- Para evitar que los gaviones puedan llegar a fallar por factores como: deslizamiento de la base, volcamiento, o inestabilidad se ha considerado el peso propio de los gaviones para cumplir con las condiciones de seguridad.
- Las presas de gaviones son una solución confiable y eficaz para estabilizar y proteger taludes debido a su fácil construcción, además de ser una obra permeable que permitiendo que no se generen presiones hidrostáticas haciendo de estas obras duraderas y económicas.
- A pesar de tener a la mano las herramientas tecnológicas, lo hace que el tiempo de trabajo sea optimizado en el campo de estudio siempre es importante concatenar los datos de campo de los ensayos no destructivos con los ensayos destructivos para obtener datos precisos en nuestros cálculos.
- La capacitación recibida por parte de los docentes para poder manipular correctamente los equipos hizo que se reduzca el rango de error dentro del análisis de datos del ensayo de sísmica de refracción.
- Dentro del estudio se tiene una clasificación de suelo TIPO D, TIPO C, TIPO D en cada una de las líneas ensayadas lo que nos da como resultado un SUELO TIPO D, que según la NEC (Norma Ecuatoriana de la Construcción), es un tipo de suelo que está compuesto por perfiles de suelos rígidos que cumplen con el criterio de velocidad de onda cortante, lo que lo hace óptimo para la construcción del proyecto.

Recomendaciones

- Para mejorar la precisión de las secciones transversales del cauce de la quebrada se recomienda obtener cartas topográficas de menor escala para generar curvas de nivel cada 5 metros.
- En vista de construcciones cercanas al cauce de la quebrada, se recomienda realizar el ensayo de sísmica de refracción lo más alejado posible para evitar interferencias con las ondas de corte.
- Para evitar otro evento como el ocurrido en enero del 2022, se recomienda no construir cerca del cauce de la quebrada como lo indica la normativa vigente
- Llevar a cabo un análisis de riesgo de pérdidas tanto humanas como económicas para de esta forma determinar un factor de seguridad que permita mitigar los daños ocurridos por el aluvión.
- Realizar un plan de mantenimiento de las obras hidráulicas para evitar futuras catástrofes.
- Seleccionar las secciones transversales de menor área para la implantación de las presas de gaviones debido a que si el área de la sección es menor el uso de material se verá disminuido y a su vez esto influye positivamente en el presupuesto final de la obra hidráulica.
- Inspeccionar el terreno para poder extender las líneas de la sísmica, una mayor extensión en los puntos de ensayo da mejores resultados que líneas cortas.
- Para la obtención de resultados precisos se recomienda seguir al pie de la letra las normas de uso de los equipos y verificar que todos los puntos de conexión estén correctamente alineados y conectados.

Referencias

- Aguero, J. N. (2018). *Delimitación Hidrográfica*. La Rioja: Ediciones INTA. Obtenido de Caracterización de la cuenca del Río Anzulón.
- Cardona, B. L. (2015). *Conceptos básicos de Morfometría de Cuencas Hidrográficas*. Guatemala: Universidad de San Carlos de Guatemala.
- CEAA-ESPOL. (2003). *Manejo del agua en las costas del Ecuador*. Obtenido de <http://www.albarradas.espol.edu.ec/>
- Chanquín, E. (2004). *Diversas aplicaciones de gaviones para la protección y estabilización de taludes*. Guatemala: Universidad de San Carlos de Guatemala.
- Chow, V. (1994). *Hidráulica de canales abiertos*. Bogotá: Mc GrawHill.
- Collazos, M. M. (2 de Abril de 2018). *Sobre riesgos*. Obtenido de Tecnología para Mitigación de Riesgos de desastres con sedimentos usada en Japón: <http://www.sobrieriesgos.com/tecnologia-para-mitigacion-de-riesgo-de-desastres-con-sedimentos-usada-en-japon/>
- CONSTRUCCIÓN, N. E. (2007). CARGAS SÍSMICAS DISEÑO SISMO RESISTENTE. MIDUVI.
- EMAPS. (2020). *Anuario Meteorológico*. Quito: Fondo para la protección del agua.
- Garcia, M. (1998). *Manual de Estabilidad de Taludes*. Bogotá: Escuela Colombiana de Ingeniería.
- GEORYS INGENIEROS S.A.C. (Marzo de 2016). Obtenido de <https://georys.com/wp-content/uploads/2020/05/Presentacion-Refraccion.pdf>
- Goroshkov, I. (1979). *Cálculos hidrológicos*. Moscú, Rusia: Hidrometereológica.
- Hurel, L. (5 de Febrero de 2022). *France 24*. Obtenido de La Gasca y su desastre: <https://www.france24.com/es/am%C3%A9rica-latina/20220204-ecuador-aluvion-quito-lluvias-remocion>

- ICOLD. (2007). *Las presas en el agua y en el mundo*. París: CIGB-ICOLD.
- Iverson, R. M. (2002). *Física de los flujos de Aluviones*. Vaoncouver: U.S. Geological Survey.
- Lopez, M., & Oropeza, M. (2009). *Presas de Gaviones*. Montecillos, Estado de México: Especialidad de Hidrociencias del Colegio de Postgraduados.
- López, R., Fernández, D., & Oropeza, J. (2017). *Presas de Gaviones*. Mexico: SAGARPA.
- Maccaferri. (1990). *Estructuras Flexibles en gaviones*. Brasil.
- Martínez, R. L. (2010). *Presas de Gaviones*. Sagarpa.
- Michelini, S. R. (2005). *Estudio experimental de obras de protección contra aluviones*. Santiago de Chile: Universidad de Chile.
- Morales, A., & Edwin, T. (2016). *Ubicación y diseño de una obra de regulación de caudales sobre el río Quijos*. Sangolquí.
- ONEMI. (2020). *Aluviones*. Obtenido de <http://repositoriodigital.onemi.gov.cl/bitstream/handle/2012/1715/ALUVIONES.pdf?sequence=7&isAllowed=y>
- Pazmiño, L. B. (1 de Febrero de 2022). *Medio Ambiente*. Obtenido de Quito, una ciudad que ha convivido con aluviones desde 1975: <https://gk.city/2022/02/01/aluviones-quito-1975/>
- Piñar, R. (2008). *Proyecto de construcción de un muro de gaviones de 960 m3*. Costa Rica: Instituto Tecnológico de Costa Rica.
- PLATA, M. P. (2020). *repository.ucc*. Obtenido de https://repository.ucc.edu.co/bitstream/20.500.12494/32568/2/2020_Utilizacion_Drones_Levantamiento.pdf

- Pourrut, P. (1995). *El Agua en el Ecuador. Clima, precipitaciones, escorrentía*. Quito, Ecuador: Corporación Editora Nacional.
- SAGARPA. (2010). *Presas de Gaviones*. México: Sagarpa.
- Sandoval, W. (2013). *Principios de la Hidráulica 2*. Sangolquí: ESPE.
- Sandoval, W. (2019). *Diseño de obras Hidrotécnicas*. Quito: EDIESPE.
- Sandoval, W., & Aguilera, E. (2014). *Determinación de caudales en cuencas con poca información*. Quito, Ecuador.
- Soto, J. (2017). *Presupuesto para muro en gavión a gravedad para protección de la rivera del río Magdalena en el corregimiento de puerto Bogotá*. Bogota : Proyecto de Grado .
- Universo, E. (6 de Febrero de 2022). *El Universo*. Obtenido de El aluvión fundió a La Comuna y a la Gasca: <https://www.eluniverso.com/noticias/ecuador/el-aluvion-fundio-a-la-comuna-y-a-la-gasca-dos-barrios-con-realidades-y-origenes-distintos-lluvia-desaparecidos-fallecidos-escombris-lodo-historia-barrios-de-quito-nota/>
- Vallejo, L. I. (2022). *Ingeniería Geológica*. PEARSON.
- Venegas, R. P. (Junio de 2008). *Construccion de muro de gaviones*. Obtenido de Muro de Gaviones: <https://repositoriotec.tec.ac.cr/bitstream/handle/2238/6034/construccion-de-muro-de-gaviones.pdf?sequence=1&isAllowed=y#:~:text=Los%20muros%20de%20gaviones%20son,con%20bloques%20sanos%20de%20roca.>
- VIACOCONSA. (2014). *Presas de Gaviones*. Obtenido de <http://www.viacoconsa.com/proyecto/44.html>

Apéndices