

**UNIVERSIDAD NACIONAL DANIEL ALCIDES CARRIÓN**

**FACULTAD DE INGENIERÍA**

**ESCUELA DE FORMACIÓN PROFESIONAL DE INGENIERÍA GEOLÓGICA**



**TESIS**

**Evaluación geotécnica para la construcción de la Presa Ucuscancha I,  
Huancayo - Junín**

**Para optar el título profesional de:**

**ingeniero Geólogo**

**Autor: Bach. Juan Manuel CARLOS QUINTO**

**Asesor: Dr. Reynaldo MEJIA CACERES**

**Cerro de Pasco – Perú – 2022**



**UNIVERSIDAD NACIONAL DANIEL ALCIDES CARRIÓN**

**FACULTAD DE INGENIERÍA**

**ESCUELA DE FORMACIÓN PROFESIONAL DE INGENIERÍA GEOLÓGICA**



**TESIS**

**Evaluación geotécnica para la construcción de la Presa Ucuscancha I,  
Huancayo - Junín**

**Sustentada y aprobada ante los miembros del jurado:**

---

**Dr. Tito Marcial ARIAS ARZAPALO**  
**PRESIDENTE**

---

**Mg. Vidal Victor CALSINA COLQUI**  
**MIEMBRO**

---

**Mg. Eder Guido ROBLES MORALES**  
**MIEMBRO**

## **DEDICATORIA**

A Dios por permitirme un día más de  
vida y guiarme en cada paso que doy;  
con amor, fe y esperanza.

## **AGRADECIMIENTO**

Un enorme agradecimiento y respeto a todas las personas que me incentivaron e hicieron posible la obtención de uno de los objetivos trazados en mi vida, Así mismo a todos los que me apoyaron para lograr realizar este trabajo de una manera desinteresada.

## RESUMEN

El presente trabajo de investigación consiste en el estudio, procesamiento e interpretación de la información geotécnica para el diseño de la Presa Ucuscancha I. La investigación geológica comprende el cartografiado geológico, litoestratigráfica, geomorfológica, estructural y geodinámica. Consistió en (17) calicatas en el área de la presa, cinco (05) perforaciones diamantinas para evaluar las condiciones geotécnicas del subsuelo de la presa.

Se realizó ensayos de densidad en campo en calicatas, donde encontró una densidad seca 1.85 a 2.05 g/cm<sup>3</sup> y humedad de 12 a 14%, pertenecientes a suelos de compacidad medianamente densa a densos, en ensayos de permeabilidad en campo para suelo representativo en la zona de la presa, y ensayos de permeabilidad de tipo de Lefranc en perforaciones diamantinas, en el eje y vaso presenta de permeable a semi permeable de orden de 10<sup>-3</sup> a 10<sup>-5</sup> cm/s. Se realizaron ensayos de mecánica de suelos, siguiendo los criterios del (SUCS). Donde el suelo está conformado por una grava limosa con arena (GM) y grava limosa mal gradada(GP-GM), correspondientes a suelos de alta compresibilidad.

En el diseño se realizó la Ejecución del perfil estratigráfico en el eje de la Presa, como también la Evaluación Geotécnica de la cimentación, se realizaron 3 secciones geotécnicas donde la presa se cimentará sobre depósitos o rocas con buenas características de resistencia, con una permeabilidad 10<sup>-4</sup> y 10<sup>-5</sup> cm/s indicativos a suelos de moderada a poco permeables y de baja compresibilidad. Así como criterios para el diseño de la presa, la evaluación geotécnica de los materiales de canteras para la conformación del terraplén de la presa, análisis de equilibrio límite estático y pseudo-estático, para las condiciones de construcción de la presa a la cota 4309 msnm. Análisis de deformaciones permanente en la presa con el método simplificado de Makdisi & Seed (1987). Análisis de capacidad portante del suelo de fundación, donde los valores más conservadores de capacidad admisible de carga en la roca son de 7.25 kg/cm<sup>2</sup>. Para el suelo se han obtenido la capacidad de carga admisible de 2.48 kg/cm<sup>2</sup>.

**Palabras claves:** presa, calicatas, perforaciones, cimentación, suelo.

## ABSTRACT

The present research work consists of the study, processing and interpretation of the geotechnical information for the design of the Ucuscancha I Dam. The geological investigation includes geological, lithostratigraphic, geomorphological, structural and geodynamic mapping. It consisted of (17) pits in the dam area, five (05) diamond drilling to evaluate the geotechnical conditions of the dam subsoil.

Field density tests were carried out in pits, where a dry density of 1.85 to 2.05 g/cm<sup>3</sup> and humidity of 12 to 14% were found, belonging to medium dense to dense soils, in field permeability tests for representative soil in the dam area, and Lefranc-type permeability tests in diamond drilling, in the axis and vessel it presents from permeable to semi-permeable in the order of 10<sup>-3</sup> to 10<sup>-5</sup> cm/s. Soil mechanics tests were carried out, following the criteria of the (SUCS). Where the soil is made up of silty gravel with sand (GM) and poorly graded silty gravel (GP-GM), corresponding to highly compressible soils.

In the design, the Execution of the stratigraphic profile in the axis of the Dam was carried out, as well as the Geotechnical Evaluation of the foundation, 3 geotechnical sections were carried out where the dam will be founded on deposits or rocks with good resistance characteristics, with a permeability 10<sup>-4</sup> and 10<sup>-5</sup> cm/s indicative of soils with moderate to little permeability and low compressibility. As well as criteria for the design of the dam, the geotechnical evaluation of the quarry materials for the conformation of the dam embankment, static and pseudo-static limit equilibrium analysis, for the construction conditions of the dam at an elevation of 4309 meters above sea level. Analysis of permanent deformations in the dam with the simplified method of Makdisi & Seed (1987). Analysis of the bearing capacity of the foundation soil, where the most conservative values of allowable load capacity in the rock are 7.25 kg/cm<sup>2</sup>. For the floor, the admissible load capacity of 2.48 kg/cm<sup>2</sup> has been obtained.

**Keywords: dam, pits, drilling, foundation, soil.**

## INTRODUCCIÓN

El presente trabajo de investigación: **EVALUACIÓN GEOTÉCNICA PARA LA CONSTRUCCIÓN DE LA PRESA UCUSCANCHA I, HUANCAYO – JUNIN**, se ha estudiado a nivel de Ingeniería de Detalle y Diseño con el propósito de determinar las condiciones geológicas y geotécnicas en nivel de detalle en el eje de la presa, junto con las características de estanqueidad del vaso de presa con fines agrícolas.

Los terrenos de la quebrada Ucuscancha en donde se emplaza la presa se ubican en la zona altoandina que se define como terrenos ubicados por encima de 3800 msnm, que corresponde a más de la mitad del área total de la Cuenca de la Quebrada Ucuscancha, cuyo basamento rocoso está representado únicamente por la secuencia sedimentaria calcárea mesozoica denominada Formación Chambará.

El estudio comprende en conocer el perfil estratigráfico y condiciones geotécnicas del suelo sobre los que se emplazaran las estructuras que conforman el proyecto de construcción de la presa Ucuscancha I y también verificar la estabilidad física de la zona de estudio, así como, determinar la capacidad admisible del suelo de fundación de la presa y obras hidráulicas. Frente a este problema se formula la siguiente pregunta: ¿Cuáles son las condiciones geológicas y geotécnicas de la zona de evaluación que permita la construcción de la presa Ucuscancha I para solucionar la escasez de agua con fines agrícolas?

En base a la pregunta, se plantea los siguientes objetivos: Obtener información litoestratigráfica, geomorfológica, estructural y geodinámica, determinar la capacidad admisible del suelo de fundación de la presa y obras hidráulicas y obtener los parámetros de resistencia, permeabilidad y compresibilidad.

Se desarrolló una metodología y un procedimiento por etapas: primera etapa consiste en buscar y compilar información existente, la segunda etapa en realizar una investigación de campo, la



tercera etapa en la clasificación sistemática e interpretación de los resultados de campo y ensayos de laboratorio.

El contenido del presente trabajo de investigación consta de 4 capítulos. El primer capítulo comprende el planteamiento de los problemas de investigación; en el cual se describe la realidad problemática, se formula el problema, la justificación y se establecen los objetivos de la investigación. En el segundo capítulo, se presenta el marco teórico. En el tercer capítulo, trata de la metodología del estudio. En el cuarto capítulo, se presenta los resultados y discusión de la investigación. Finalmente se presenta las conclusiones, las recomendaciones, la bibliografía y los anexos respectivos.

## ÍNDICE

DEDICATORIA.....	i
AGRADECIMIENTO.....	ii
RESUMEN.....	iii
ABSTRACT .....	iv
INTRODUCCIÓN .....	v

## CAPITULO I

### PROBLEMA DE INVESTIGACION

1.1	Identificación y determinación del problema.....	1
1.2	Delimitación de la investigación .....	2
1.3	Formulación del problema.....	2
1.3.1	Problema general.....	2
1.3.2	Problemas específicos .....	3
1.4	Formulación del problema.....	3
1.4.1	Objetivo general .....	3
1.4.2	Objetivos específicos .....	3
1.5	Justificación de la investigación.....	3
1.6	Limitaciones de la investigación .....	4

## CAPITULO II

### MARCO TEORICO

2.1	Antecedentes de estudio.....	5
2.2	Base teóricos-científicos .....	7
2.2.1	Clasificación geotécnica de suelos.....	7

2.2.2	Bases del diseño de cimentación de suelos.....	8
2.2.3	Riesgo sísmico.....	9
2.2.4	Riesgos geológicos.....	9
2.2.5	Ensayos de mecánicas de suelos.....	9
2.2.6	Ensayos de permeabilidad.....	13
2.2.7	Capacidad portante del terreno.....	14
2.2.8	Presas.....	14
2.3	Definición de términos basicos.....	16
2.4	Formulación de Hipótesis.....	19
2.4.1	Hipótesis general.....	19
2.4.2	Hipótesis específicas.....	19
2.5	Identificación de variables.....	20
2.5.1	Variable independiente.....	20
2.5.2	Variable dependiente.....	20
2.6	Definición operacional de variables e indicadores.....	20

### CAPITULO III

#### METODOLOGIA Y TECNICAS DE INVESTIGACION

3.1	Tipo de investigación.....	21
3.2	Nivel de la investigación.....	21
3.3	Métodos de investigación.....	21
3.4	Diseño de investigación.....	22
3.5	Población y muestra.....	22

3.6	Técnicas e instrumentos de recolección de datos.....	23
3.7	Selección, validación y confiabilidad de los instrumentos de investigación .....	24
3.8	Técnicas de procesamiento y análisis de datos .....	25
3.9	Tratamiento estadístico.....	25
3.10	Orientación ética filosófica y epistémica.....	25

## CAPITULO IV

### RESULTADOS Y DISCUSION

4.1	Descripción de trabajo de campo.....	27
4.1.1	Ubicación y acceso.....	27
4.1.2	Clima, fisiografía e hidrografía.....	28
4.1.3	Geomorfología Regional .....	31
4.1.4	Litología y estratigrafía regional .....	32
4.2	Presentación, análisis e interpretación de resultados.....	40
4.2.1	Geomorfología local.....	40
4.2.2	Litología y estratigrafía local.....	47
4.2.3	Geología estructural, tectónica y neotectónica de la Presa Ucuscancha I.....	53
4.2.4	Investigaciones geotécnicas .....	58
4.2.5	Diseño geotécnico .....	76
4.3	Prueba de hipótesis .....	101
4.3.1	Hipótesis general .....	101
4.3.2	Hipótesis específicas.....	101
4.4	Discusión de resultados .....	102

CONCLUSIONES

RECOMENDACIONES

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

BIBLIOGRAFIA

ANEXOS

## **CAPÍTULO I**

### **PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN**

#### **1.1 Identificación y determinación del problema**

El agua es el líquido muy importante para la vida del ser humano. Según la Organización de Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura estima que para el año 2030 uno de cada cinco países en desarrollo tendrá escasez de agua. Para fines agrícolas, la escasez de agua es una preocupación y como consiguiente un malestar por las pérdidas económicas que puede generar y todo esto nos conlleva a que el agua debe usarse con responsabilidad para mejorar la cantidad y calidad de la producción agrícola, con la aplicación del riego en su momento oportuno y en cantidad apropiada.

Asociado al manejo responsable de los recursos hídricos es necesaria la construcción de presas con la finalidad de almacenar agua para el riego de tierras de cultivo; las presas contribuyen significativamente al aprovechamiento integral de los recursos hídricos, que a su vez impulsa vigorosamente el desarrollo económico y social en las áreas donde se construyen.

Las presas son obras donde el papel de la geotecnia es el más relevante y trascendental, así como la participación de la geología, la ingeniería sísmica, la topografía, la hidrología

y la ingeniería estructural que van a contribuir a entender los principios de análisis y diseño de la seguridad de presas.

En el diseño de una presa se requiere el reconocimiento de los procesos geológicos, la investigación geotécnica del subsuelo, la hidrogeología de toda obra de ingeniería, que son aspectos que requieren un análisis de la situación actual y luego en la construcción de una presa en sus diferentes etapas de construcción. La investigación geotécnica va a determinar las características geológicas y geotécnicas dentro del área de influencia de la zona de estudio, con ésta construcción se podrá solucionar el problema de la escasez de agua con fines agrícolas, mejorando la disponibilidad del agua y la incorporación al riego de nuevas tierras a lo largo del Valle del río Shullcas.

## **1.2 Delimitación de la investigación**

Se delimito el sector en la cuenca de la Quebrada Ucuscancha, en el valle del río Shullcas, distrito de El Tambo, Huancayo, Junín; de acuerdo al estudio Geológicos y Geotécnicos, y su posterior análisis e interpretación, asociados al diseño para la construcción de la presa Ucuscancha.

## **1.3 Formulación del problema**

La construcción de la presa Ucuscancha I, es necesario, por lo que se represaría agua, la cual debe solucionar la escasez de agua con fines agrícolas, mejorando la disponibilidad del agua y la incorporación al riego de nuevas tierras a lo largo del Valle del río Shullcas; así mismo para elevar el nivel económico del área de influencia mediante la producción constante de pastizales para el consumo de sus animales, la producción de productos agrícolas, por lo que se formula:

### **1.3.1 Problema general**

- ¿Cuáles son las condiciones geológicas y geotécnicas de la zona de evaluación que permita la construcción de la presa Ucuscancha I para solucionar la escasez de agua con fines agrícolas?

### **1.3.2 Problemas específicos**

- ¿Cómo influye la información lito estratigráfica, geomorfológica, estructural y geodinámica en el diseño y construcción de la presa?
- ¿Cómo influye la capacidad admisible del suelo de fundación de la presa en el diseño y construcción de la presa?
- ¿Cómo influye los parámetros de resistencia, permeabilidad y compresibilidad en el diseño y construcción de la presa?

## **1.4 Formulación de Objetivos**

### **1.4.1 Objetivo general**

- Determinar las características geológicas y geotécnicas de la zona de evaluación que permita la construcción de la presa Ucuscancha I con fines agrícolas.

### **1.4.2 Objetivos específicos**

- Obtener información litoestratigráfica, geomorfológica, estructural y geodinámica.
- Determinar la capacidad admisible del suelo de fundación de la presa y obras hidráulicas
- Obtener los parámetros de resistencia, permeabilidad y compresibilidad.

## **1.5 Justificación de la investigación**

Se justifica el estudio porque se busca el mejoramiento de la demanda agrícola de 1180 hectáreas, en los distritos de Huancayo y El Tambo; mediante la utilización de un caudal regulado de las aguas provenientes de la descarga de las lagunas Chuspicocha y Lazo Huantay, y su posterior derivación hacia el río Shullcas, mediante la construcción de un sistema de almacenamiento y regulación en el sector de la quebrada Ucuscancha.

El presente trabajo de investigación es de análisis y detalle de ingeniería para el diseño y construcción de presa ya que mediante ésta se podrá solucionar el problema de



la escasez de agua con fines agrícolas, mejorando la disponibilidad del agua y la incorporación al riego de nuevas tierras para impulsar el Desarrollo Sostenible en el Valle del río Shullcas

La introducción de prácticas de cultivo y riego para el uso racional y sostenible de los recursos agua y tierra impulsando el desarrollo socio económico es de alcance que comprende el valle del río Shullcas que correspondiente a los distritos de Huancayo y el Tambo.

#### **1.6 Limitaciones de la investigación**

- El transporte a la zona estudio es pésimo ya que la carretera hasta cierta parte es solamente trocha hasta la Laguna de Lazo Untay al pie de la nevado de Huaytapallana y luego a la zona propiamente dicha no existen vías.
- El estudio está limitado a la zona de estudio.

## **CAPÍTULO II**

### **MARCO TEÓRICO**

#### **2.1 Antecedentes de estudio**

El estudio a nivel del Perfil en el Servicio Nacional de Inversión Pública fue aprobado el 13 de junio del 2013, y se recomendó proseguir con la elaboración del estudio de factibilidad correspondiente. El estudio de factibilidad fue presentado el 09 de enero del 2015 a la OPI de AGRICULTURA, y mediante Informe Técnico N° 348-2015-MINAGRI-OGPP/OPI, del 04 de diciembre del 2015, fue declarado viable.

- ✓ Quisocala S, (2012). En la tesis titulado “Evaluación geológica y geotécnica para la construcción de la presa de tierra en la laguna Palccaccota”, cuyo objetivo fue determinar las características geológicas y geotécnicas para la construcción de la presa de tierra en la laguna Palccaccota. Se llega a la conclusión que las condiciones geológicas y geotécnicas obtenidas son favorables para la construcción de la presa tierra en la laguna Palccaccota, los materiales que lo conformaran son depósitos de material suelto materiales (Qpl-Glf y Qr-al), depósitos recientes(Q-al), formación casa blanca(N-cb), formación Yauri (Qpl-y), grupo Puno (Ppu), que son predominantes en toda la zona de investigación, el material de préstamo que será

conformado la presa de tierra presenta características de un material SM-SC, con IP de 21.81 % la cual contiene alto contenido de finos con una potencia de 160,000m<sup>3</sup>, el material que lo conformara el núcleo tendrá las características de una arcilla inorgánica de baja plasticidad CL, con un IP de 12.07 %, LL de 28.65 %. El material que lo conformará los drenes será una GW, con 70% de rendimiento y una potencia de 40,000 m<sup>3</sup>, con un ángulo de fricción de 32.5°.

- ✓ Riveros F, (2018). En la tesis titulado “Estudio de factibilidad geológico y geotécnico de la presa cachimayo, en el distrito de ascensión, provincia y departamento de Huancavelica”, cuyo objetivo fue evaluar las condiciones geológicas y geotécnicas del sitio de la presa, mediante investigaciones geognósticas, para determinar la ubicación del eje de presa y las condiciones de la cimentación. Se llega a la conclusión que la geología local de la Presa Cachimayo presenta diferentes tipos de depósitos cuaternarios, en el centro del vaso está formado por depósitos de Bofedal compuestos por limos, arcillas y material orgánico, alcanzando un espesor  $\pm 0.50$  m; los depósitos aluviales cercanos a la ribera del río Cachimayo está formado por gravas arenosas, limosas y arcillosas, los depósitos Fluviales cuyos materiales forman parte del cauce del río Cachimayo está conformado por bolones gravas y arenas; los depósitos deluviales ubicados en las laderas del valle, está conformado por gravas sub angulosas limosas y arenas arcillosas; en las partes laterales del valle se tiene depósitos morrénicos compuestos por arenas y gravas limosas presentan bolones y cantos, los depósitos pluviales compuestos por gravas arenas y limos están ubicados en las zonas de deslizamientos y conos de deyección ubicados mayormente al pie de monte, en la parte izquierda del valle afloran rocas volcánicas de andesita y en la parte derecha se tiene rocas sub volcánicas de andesita.
- ✓ Arellano J, (2014). En la tesis titulado “Estudio geotécnico para la construcción de la presa Tinkiccocha – Apurímac”, cuyo objetivo fue analizar y evaluar las

características geológicas y geotécnicas del área, con la finalidad de viabilizar la construcción de la presa Tinkiccocha. Se llega a la conclusión que el cuerpo de la presa estará conformado por material de préstamo (GM-GC), de canteras de las cercanías del lugar, este material se compactará en capas, cabe resaltar que antes de la compactación se conformará el subdrenaje, constituido por material muy permeable (Gravas subangulosas) y que el terreno en el cual se desplantará la presa, es de un material morrénico, y está cubierto por 1.00 m. aproximadamente de suelo bioturbado por raíces, este se removerá para iniciar con la conformación del plinto o base de la presa. La altura a embalsar alcanza la cota de 4093 m.s.n.m.

- ✓ Infante A, (2014). En la tesis titulado “Estudio geotécnico para el diseño de la presa de Relaves Collparacra Minera Milpa, Ancash-Perú”, cuyo objetivo fue es determinar la caracterización geológica-geotécnica del área en el cual se va a cimentar la presa de relaves Collparacra. Se llega a la conclusión que la presa de relaves no se verá afectada por peligros geodinámicos como "huaycos" (flujos de detritos) por no estar presentes en la zona de estudio y la zona de la presa de relaves se caracteriza principalmente por depósitos coluviales existentes, coluvial-aluvial, morrenas y por el material del deslizamiento de un terremoto de 1946 y el lecho rocoso principalmente por calizas, margas arcillitas calcáreas, areniscas, dioritas y granodioritas proximidades a la falla Huacchara.

## **2.2 Base teóricos-científicos**

### **2.2.1 Clasificación geotécnica de suelos**

El suelo se puede definir como una masa de partículas que forman un esqueleto estructural.

Los suelos normalmente son materiales que se pueden encontrar como sedimentos marinos y continentales, o como productos de alteración hidrotermal o superficial. También se presentan como rellenos de discontinuidades estructurales de las rocas duras. En el campo geotécnico existe un interés especial por el estudio de las propiedades y comportamiento mecánico de los suelos en todos sus aspectos, ya que además de su abundancia en las zonas donde se desarrolla la actividad humana, la gran mayoría de los problemas en ingeniería se asocian a este tipo de materiales. (Suelos expansivos, asientos, suelos compresivos, deslizamientos, baja resistencia, etc.).

Los suelos naturales, constituyen un sistema trifásico formado por partículas sólidas y huecos que a su vez pueden estar o no rellenos total o parcialmente de agua o aire (gas o vapor de agua). En el primer de los casos estaremos hablando de suelos saturados y de suelos semisaturados en el segundo.

De todo lo anteriormente descrito se deduce que el contenido de agua de un suelo y su facilidad para eliminarla incidirán directamente en la compactación y en la permeabilidad que nos proporcionan la resistencia y estabilidad del suelo.

### **2.2.2 Bases del diseño de cimentación de suelos**

El arte de cimentar consiste en conocer suficientemente el conjunto indisoluble suelo estructura para ésta:

- a.** No se hunda, como en el caso de la presencia de silos o cuando los depósitos son sometidos a un proceso de carga muy rápido.
- b.** No se dañe o se deforme demasiado. Es necesario determinar cuáles serán las deformaciones admisibles por la estructura.
- c.** No dañe a otros, como es el caso frecuente de construcciones de parkings o de obras de metro muy cercanas a edificaciones.

Los dos primeros casos dan lugar a muchas patologías, pero es cuando se interfiere cuando se producen las consecuencias más graves, pudiendo llegar al colapso de la estructura. Las soluciones a adoptar pueden diferir sustancialmente.

### **2.2.3 Riesgo sísmico**

Este tipo de estudios se realizan para conocer la actividad sísmica de la zona de construcción. Para llevar a cabo este tipo de análisis debe contarse con registros históricos de sismos de los cuales se conozca su magnitud, frecuencia y epicentro. También deben identificarse fallas y el vulcanismo de la zona ya que estos representan la probabilidad de ocurrencia de sismos no registrados. (Lineamientos generales para el diseño de una presa (2005)-UNAM)

### **2.2.4 Riesgos geológicos**

Este tipo de estudios se realizan para conocer la actividad sísmica de la zona de construcción. Para llevar a cabo este tipo de análisis debe contarse con registros históricos de sismos de los cuales se conozca su magnitud, frecuencia y epicentro. También deben identificarse fallas y el vulcanismo de la zona ya que estos representan la probabilidad de ocurrencia de sismos no registrados. (Lineamientos generales para el diseño de una presa (2005)-UNAM)

### **2.2.5 Ensayos de mecánicas de suelos**

Los ensayos de laboratorio plantean el inconveniente de que tenemos que suponer que la muestra que ensayamos es representativa del total del suelo y que se encuentra todo el suelo en el mismo estado.

Los ensayos de laboratorio más comunes con el propósito de conseguir los objetivos indicados que se realizan en el reconocimiento geotécnico de un terreno donde se va a ubicar las estructuras hidráulicas son los siguientes:

**Ensayos de Identificación:**

✓	Guía de muestreo de suelos y rocas	MTC E101-2000	
✓	Análisis Granulométrico por tamizado	ASTM-D-422	MTC E107-2000
✓	Límite Líquido	ASTM-D-423	MTC E110-2000
✓	Límite Plástico	ASTM-D-424	MTC E111-2000
✓	Contenido de Humedad	ASTM-D-2216	MTC E108-2000
✓	Ensayo de Proctor Modificado	ASTM-D-1557	MTC E115-2000
✓	Clasificación ASSTHO Y SUCS	ASTM-D-2487	

Los ensayos de identificación son aquellos que van a permitir caracterizar el suelo y su comportamiento en términos generales.

**Análisis granulométrico de suelos por tamizado:**

Según se indica en la norma (ASTM-D-422 MTC E107-200) este ensayo tiene por objeto determinar los diferentes tamaños de las partículas de un suelo y obtener la cantidad expresada en tanto por ciento de éstas que pasan por los tamices de la serie empleada en el ensayo hasta el 0.08 mm (tamiz N° 200 ASTM).

En cuanto a la cantidad de muestra necesaria para efectuar este ensayo la norma establece la cantidad mínima de muestra a ensayar para que sea representativa en función del tamaño máximo de partícula de la misma estando comprendida entre 0.5 y 5 Kg.

Mediante este ensayo se va a obtener la curva granulométrica del material ensayado para lo cual se procede a pasar la muestra previamente cuarteada por una serie de tamices con una luz de malla que puede ir desde los 100 hasta los 0.08 mm.

Tras el correspondiente vibrado que puede ser manual o automático se pesa la cantidad de material retenido en cada uno de los tamices calculándose así su tanto por ciento. Por último, se dibuja la curva acumulada de lo que pasa por cada tamiz considerado, dando lugar a la curva granulométrica.

Para las partículas que pasan por el tamiz de luz 0.08 mm, lo que se suele denominar “finos” o “pasa”, no tiene sentido usar tamices con luces inferiores debido a que hace falta mucho tiempo para separar las partículas y a las dificultades de fabricación y mantenimiento de tamices tan finos.

### **Límites de Consistencia**

Se trata en realidad de dos ensayos de laboratorio, el de “Determinación del Límite Líquido de un suelo por el método del aparato de Casagrande ASTM-D-423 MTC E110-2000” y el de “Determinación del Límite Plástico de un suelo ASTM-D-424 MTC E111-2000. Mediante estos dos ensayos se determinarán las propiedades plásticas del terreno permitiendo conocer su Límite Líquido, Límite Plástico y Índice de Plasticidad. Estos ensayos se solicitan al laboratorio como uno solo bajo el nombre de “Límites de Consistencia” llevándose a cabo la realización de los dos.

### **Humedad natural**

La realización de este ensayo viene regulada por la norma ASTM-D-2216 MTC E1082000 “Determinación de la humedad de un suelo mediante secado en estufa”, según la cual tiene por objeto la determinación de la humedad de un suelo mediante secado en una estufa.

### **Sistema de Clasificación Unificada de Suelos (SUCS):**

Esta es la clasificación utilizada para agrupar los suelos en todos los trabajos geotécnicos y se basa en la granulometría del material y en su plasticidad. Es decir que, para clasificar cualquier suelo, según esta clasificación necesitaremos haber efectuado



los ensayos de Análisis Granulométrico y Límites de Consistencia para la clasificación del tipo suelo que se está ensayando.

La primera división que se realiza es la siguiente:

**Suelos de Grano Grueso:** cuando pasa menos del 50 % en peso por el tamiz 200 (0.074 mm).

**Suelos de Grano Fino:** cuando pasa más del 50 % en peso por el tamiz 200.

**Suelos de Estructura Orgánica:** identificables por el olor, el color negruzco y el tacto esponjoso. Son suelos altamente compresibles (Pt).

Los suelos de grano grueso se dividen en:

**Gravas (G):** cuando pasa menos del 50 % en peso por el tamiz N° 4 (5 mm).

**Arenas (S):** cuando pasa más del 50 % en peso por el tamiz N° 4.

Además, las gravas y las arenas se pueden subdividir en más clases en función del contenido de finos.

Cuando el porcentaje en peso que pasa por el tamiz 200 es superior al 12 % serán gravas o arenas con finos, designándose con la segunda letra M o C (a continuación de G o S) en función de la plasticidad de estos finos. Si su representación en la carta de Casagrande se sitúa por encima de la línea A o su índice de plasticidad es mayor que 7 serán GC o SC. Mientras que si cae por debajo de la línea A o bien su índice de plasticidad es menor que 4 serán GM o SM.

En el caso de que el porcentaje en peso de muestra que pasa por el tamiz 200 este será comprendido entre 5 y 12, se requiere doble símbolo sin posibilidad de definir entre uno u otro para su clasificación.

Para clasificar los suelos de grano fino se representan los resultados de la determinación de los Límites de Consistencia (Límite Líquido e Índice de Plasticidad) en la carta de plasticidades de Casagrande. En dicho diagrama la muestra queda representada como un punto dentro de una de las zonas del diagrama. Estas zonas están

identificadas por dos letras indicando la primera de ellas el tipo de material de que se trata:

**M:** corresponde a limo inorgánico.

**C:** corresponde a arcillas inorgánicas.

**O:** corresponde a limos o arcillas de gran contenido orgánico.

La segunda letra hace referencia a su plasticidad de la siguiente manera:

**L:** indica baja plasticidad cuando el límite líquido de la muestra es inferior a 50.

**H:** indica alta plasticidad, cuando el límite líquido de la muestra es superior a 50.

Observando la carta de plasticidades de Casagrande, se puede observar una zona de indefinición entre los valores de índice de plasticidad 4 y 7, en los cuales se deja la nomenclatura doble CL-ML sin posibilidad de resolución

## **2.2.6 Ensayos de permeabilidad**

### **Ensayo de Lefranc**

El ensayo consiste en medir el caudal inyectado o bien la subida o bajada del nivel de agua que se produce en el taladro a lo largo de un tiempo determinado de observación. Dependiendo del método, el caudal debe regularse con precisión del 3 %, las medidas 1 a 2 mm y el tiempo con un segundo. Las medidas iniciales no son representativas y no deben considerarse. Las lecturas más continuas, durante el proceso de inyección y saturación de agua, son los más representativos en suelos y roca muy fracturada. El ensayo Lefranc se utiliza para medir la permeabilidad de suelos y roca fracturada, bajo débil gradiente y en régimen permanente. También se puede efectuarse en régimen transitorio, siendo su interpretación diferente.

### **Ensayo de Lugeon**

El ensayo Lugeon consiste en inyectar agua a una determinada presión manométrica y de obturación en un determinado taladro de perforación diamantina en roca dura;

resultado del proceso de saturación a presión se llega a conseguir la conductividad del macizo rocoso; para fines de construcción de obras de ingeniería, como presas, embalses, centrales hidroeléctricas, casas de máquinas, entre otros la estabilidad de talud de corte en roca. Otros consideran este ensayo como la fracturación hidráulica en roca. El ensayo Lugeon puede realizarse a medida que se perfora o una vez finalizada la perforación. Generalmente el primer modo es mejor y solo necesita el empleo de un obturador, pero es un procedimiento lento y más costoso que puede alargar en exceso la investigación. En caso de llevarlo a cabo una vez concluida la perforación, se suelen efectuar de forma ascendente comenzando por el tramo más profundo del sondeo de perforación.

### **2.2.7 Capacidad portante del terreno**

Si sobre una cimentación se va aplicando una carga creciente con el tiempo, vertical y centrada, se observa un aumento del asiento de la cimentación en el terreno que puede ser representada en una gráfica. Mientras las cargas sobre el cimienta son pequeñas, el asiento crece de manera proporcional a la carga presentando un comportamiento elástico. Si seguimos aumentando la carga la curva de asiento-carga se hace asintótica de tal manera que el terreno ya no admite más carga, pero el terreno sigue deformándose, se dice entonces que se ha alcanzado la presión de hundimiento, que en cada suelo depende de su resistencia al esfuerzo de corte, dimensiones de la cimentación, profundidad, etc.

### **2.2.8 Presas**

En ingeniería se denomina presa o represa a una barrera artificial fabricada con piedra, hormigón o materiales sueltos que se construye habitualmente en una cerrada o desfiladero sobre un río o una laguna. Tiene la finalidad de embalsar el agua en el cauce fluvial para su posterior aprovechamiento en abastecimiento o regadío para la agricultura

para elevar su nivel con el objetivo de derivarla a canalizaciones de riego para laminación de avenidas (evitar inundaciones aguas abajo de la presa) o para la producción de energía mecánica al transformar la energía potencial del almacenamiento en energía cinética.

Una presa tiene los siguientes componentes:

- **El embalse:** es el volumen de agua que queda retenido por la presa.
- **El vaso:** es la parte del valle que inundándose contiene el agua embalsada.
- **La cerrada o boquilla:** es el punto concreto del terreno donde se construye la presa.
- **Pantalla o cortina:** propiamente dicha cuyas funciones básicas son, por un lado, garantizar la estabilidad de toda la construcción soportando un empuje hidrostático del agua y por otro no permitir la filtración del agua. A su vez en la presa se distingue:
  - **Los paramentos, caras o taludes:** son las dos superficies más o menos verticales principales que limitan el cuerpo de la presa el interior o de aguas arriba.
  - **La coronación:** es la superficie que delimita la presa superiormente.
  - **Los estribos o empotramientos:** son los laterales del muro que están en contacto con la cerrada contra la que se apoya.
  - **La cimentación:** es la parte de la estructura de la presa a través de la cual se transmiten las cargas al terreno tanto las producidas por la presión hidrostática.
  - **El aliviadero o vertedero hidráulico:** es la estructura hidráulica por la que rebosa el agua excede cuando la presa ya está llena.
  - **Las compuertas:** son los dispositivos mecánicos destinados a regular el caudal de agua a través de la presa.
  - **El desagüe de fondo:** permite mantener el denominado caudal ecológico aguas abajo de la presa y vaciar la presa en caso de ser necesario.
  - **Las tomas:** son también estructuras hidráulicas, pero de menor cantidad y son utilizadas para extraer agua de la presa para un cierto uso.

### 2.3 Definición de términos básicos

➤ **Calicatas**

Exploración que se hace en cimentaciones de edificios, muros, firmes de carreteras, etc., para determinar los materiales empleados.

➤ **Carga admisible**

Carga que induce la máxima fatiga admisible en una sección crítica de un miembro estructural.

➤ **Cohesión**

Es la atracción entre partículas, originada por las fuerzas moleculares y las películas de agua. Por lo tanto, la cohesión de un suelo variará si cambia su contenido de humedad. La cohesión se mide  $\text{kg/cm}^2$ . Los suelos arcillosos tienen cohesión alta de  $0,25 \text{ kg/cm}^2$  a  $1.5 \text{ kg/cm}^2$  o más. Los suelos limosos tienen muy poca y en las arenas la cohesión es prácticamente nula.

➤ **Coefficiente sísmico**

Coefficiente que se emplea para ajustar el cálculo de la sobrecarga sísmica horizontal en la base del edificio, a la relación entre el período de vibración de la estructura y el del terreno en el que se asienta.

➤ **Coefficiente de seguridad**

El coeficiente de seguridad (también conocido como factor de seguridad) es el cociente entre el valor calculado de la capacidad máxima de un sistema y el valor del requerimiento esperado real a que se verá sometido. Por este motivo es un número mayor que uno que indica la capacidad en exceso que tiene el sistema por sobre sus requerimientos.

➤ **Ensayos de laboratorio**

Son pruebas realizadas para la determinación de las características geotécnicas de un terreno, como parte de las técnicas de reconocimiento de un reconocimiento

geotécnico. Estos ensayos se ejecutan sobre las muestras previamente obtenidas en el terreno y, dependiendo del tipo de ensayo, se exigen distintas calidades de muestra.

➤ **Ensayos lefranc**

Prueba de permeabilidad para suelos.

➤ **Geotecnia**

Ciencia que estudia los procesos geodinámicas externos y las aplicaciones de los métodos ingenieriles para su control, con el objetivo de que los efectos destructivos de estos procesos sean mínimos.

➤ **Fricción interna**

Es la resistencia al deslizamiento causado por la fricción que hay entre las superficies de contacto de las partículas y de su densidad. Como los suelos granulares tienen superficies de contacto mayores y sus partículas, especialmente si son angulares presentan una buena trabazón tendrán fricciones internas altas. En cambio, los suelos finos las tendrán bajas puesto que no tienen partículas angulares ni uniformes. La fricción interna de un suelo está definida por el ángulo cuya tangente es la relación entre la fuerza que resiste el deslizamiento a lo largo de un plano y la fuerza normal "p" aplicada a dicho plano. Los valores de este ángulo llamada "ángulo de fricción interna" varían prácticamente de 0° para arcillas plásticas cuya consistencia este próxima a su límite líquido hasta 45° o más para gravas y arenas secas compactas y de partículas angulares. Generalmente el ángulo "f" para arenas es alrededor de 30°.

➤ **Macizo rocoso**

Es el medio in-situ que contiene diferentes tipos de discontinuidades como diaclasas, estratos, fallas y otros rasgos estructurales.

➤ **Mecánica de Rocas**

Es la disciplina que se ocupa del estudio teórico y práctico del comportamiento mecánico de las rocas y de los macizos rocosos y de sus propiedades geomecánicas.

➤ **Muestra**

Material de suelo o roca tomada con propósito de estudio en un laboratorio de mecánica de suelos.

➤ **Perforación diamantina**

Es aquella perforación que se hace utilizando una broca diamantada para perforar la roca obteniendo un testigo de la misma, el cual es extraído, registrado y colocado en cajas porta-testigos para debida protección y almacenamiento dentro del almacén de testigos.

➤ **Permeabilidad de un suelo**

Es la capacidad del mismo para permitir el flujo de un fluido, líquido o gas, a través suyo. En el campo de la Geotecnia se estudia el flujo de agua.

➤ **Perfil estratigráfico**

Es el que se realiza a partir de datos de perforaciones, de datos de prospección geofísica, o bien de cortes naturales o artificiales del terreno que muestran las rocas que conforman la columna estratigráfica, mediante los cuales se puede reconstruir la estratigrafía del subsuelo, acorde con la profundidad que demanda el proyecto.

➤ **Presa**

Es una estructura construida en el cauce de un río u otro cuerpo de agua, que tiene como objeto embalsar o derivar el agua.

➤ **Propiedades físicas y mecánicas**

Las propiedades físicas de los materiales son las que describen el estado que guarda las partículas del suelo, que definen su apariencia. Las mecánicas son las que describen el comportamiento de los suelos bajo esfuerzos inducidos y cambios del medio ambiente.

➤ **Prueba de cono**

Método de exploración de suelos, que consiste en el hincado de un penetrómetro con la punta cónica. El número de golpes para el avance de la perforación en determinada profundidad, permite calcular la resistencia al esfuerzo cortante del suelo.

➤ **Sifón**

Obra que permite que una conducción pase por un punto inferior a sus dos extremos.

➤ **Suelo**

Se puede definir como una masa de partículas que forman un esqueleto estructural.

➤ **Vaso**

Es la parte del valle que, inundándose, contiene el agua embalsada

## **2.4 Formulación de Hipótesis**

### **2.4.1 Hipótesis general**

Los resultados de las investigaciones geológicas y geotécnicas realizadas en la zona de evaluación son favorables para la construcción de la presa.

### **2.4.2 Hipótesis específicas**

- Adquiriendo la información litoestratigráfica, geomorfológica, estructural y geodinámica se logra el diseño adecuado y construcción de la presa.
- Al evaluar la capacidad admisible del suelo de fundación de la presa, permite el diseño y construcción de la presa.
- Si se evalúa los parámetros de resistencia, permeabilidad y compresibilidad, permite el diseño y construcción de la presa.



## **2.5 Identificación de variables**

Se identificaron las siguientes variables:

### **2.5.1 Variable independiente**

- Evaluación geotécnica.

### **2.5.2 Variable dependiente**

- Diseño del tipo presa

## **2.6 Definición operacional de variables e indicadores**

La evaluación geológica y geotécnica se describe como sigue:

- Etapa de recolección de información en gabinete.
- Etapa de planificación de tareas, mapeo geológico, calicatas perforaciones, toma de muestras de roca y suelo representativas para ensayos de laboratorio.
- Procesos y procedimientos técnicos para desarrollar la investigación.
- Elaboración de matriz de consistencia.
- Etapa de recolección de información en campo
- Guías de observación, hojas de registros de datos de perforación y muestreo, usando técnicas de sondeos, excavaciones, testificación, muestreo y ensayos.
- Análisis e interpretación del estado actual en el cual se va cimentar la presa en base a las calicatas y perforaciones diamantinas, con la información recolectada.

## **CAPÍTULO III**

### **METODOLOGÍA Y TÉCNICAS DE INVESTIGACIÓN**

#### **3.1 Tipo de investigación**

El tipo de investigación empleado en el desarrollo del presente estudio de acuerdo al problema planteado, es una investigación descriptiva y analítica aplicada a problemas de reconocimiento geotécnico y se encuentra vinculada con la investigación geotécnica básica.

#### **3.2 Nivel de la investigación**

Según el alcance del objetivo general y objetivos específicos se define para el presente proyecto un nivel de investigación descriptiva y analítica.

#### **3.3 Métodos de investigación**

El método a emplear es el científico como método general, como método específico el descriptivo, el que nos ayudará buscar la información de los hechos o fenómenos de la realidad, recopilando los datos sobre las variables a investigar mediante técnicas e instrumentos adecuados, la metodología empleada se describe a continuación:

- a) Revisión de los Registros de las calicatas y las perforaciones diamantinos y pruebas de permeabilidad.
- b) Revisión y evaluación de los ensayos de laboratorios realizados.
- c) Evaluación de la información de campo.
- d) Interpretación de datos de campo y laboratorio.
- e) Análisis de estabilidad.
- f) Informe de Geotecnia

### 3.4 Diseño de investigación

El diseño de investigación que se utiliza en la investigación será el diseño No Experimental Transaccional Descriptivo, ya que mediante del análisis geotécnico de muestras y adquiriendo éstas características, se deducirá los parámetros geotécnicos que se emplearán en el diseño y construcción de la presa en el año 2017.

Se emplea el diseño descriptivo simple:



Donde:

M = muestra que representa los datos geológicos y geotécnicos.

O = observación o información

### 3.5 Población y muestra

#### Población

La población está representada por el total de los datos geológicos y geotécnicos tomados del suelo y el macizo rocoso que comprenden el área total del proyecto.

#### Muestra

La muestra representa parte de los datos geológicos y geotécnicos obtenidas de las trincheras y calicatas realizadas en el campo. En la toma de muestra de las trincheras y calicatas se empleó el método no probabilístico.

La exploración consistió en la ejecución de diecisiete (17) excavaciones a cielo abierto (calicatas) en el área de la presa, considerando siete (07) en el eje de la presa y diez (10) en el área del vaso.

La exploración consistió en la ejecución de veinte seis (26) excavaciones a cielo abierto (calicatas) en las estructuras complementarias para la presa, considerando cuatro (04) en la bocatoma, cinco (05) en el tramo alto de la margen derecha del canal, dos (02) en el partidor, uno (01) en el sifón, cuatro (04) en el tramo bajo de la margen derecha del canal, cuatro (04) en la margen izquierda y seis (06) en el canal Hualahoyo.

La exploración consistió en la ejecución de cinco (05) perforaciones diamantinas (SU-1 al SU-5), con la finalidad de evaluar las condiciones geotécnicas del subsuelo en el área de emplazamiento de la Presa.

Para obtener la densidad de los materiales que conforman el talud, se realizaron los ensayos de densidad de campo por el método de cono de arena en tres (03) calicatas, obteniendo una cantidad total de tres (03) densidades.

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

Las investigaciones geotécnicas del eje de la presa Ucuscancha I fueron realizadas mediante calicatas, trincheras, perforaciones diamantinas. También, se realizaron calicatas en el vaso de la presa, en las obras hidráulicas (bocatoma, sifón, aliviadero, descarga de fondo, partidor y canales de derivación)

#### **Técnicas:**

- ✓ Sondeos y Penetraciones.
- ✓ Excavaciones.

- ✓ Testificación.
- ✓ Muestreo.
- ✓ Ensayos.

**Instrumentos:**

En el presente estudio de investigación en el emplazamiento de la Presa Ucuscancha I, se ha utilizado los siguientes equipos e instrumentos:

- ✓ Brújula Brunton.
- ✓ Wincha (flexómetro).
- ✓ Martillo de geólogo.
- ✓ Sistema de posicionamiento global (GPS).
- ✓ Estación total, con sus accesorios, para levantamiento de topografía.
- ✓ Equipos de laboratorio mecánica de suelos y roca como son: tamices estándares, horno, balanza electrónica, equipo de densidades de campo, entre otros formatos y registros.
- ✓ El equipo utilizado retroexcavadora
- ✓ Equipo de perforación diamantina
- ✓ Guía de análisis documental.
- ✓ Guía de observación

**3.7 Selección, validación y confiabilidad de los instrumentos de investigación**

La selección de toda la información necesaria para la investigación en cada una de las calicatas y trincheras se realizó el registro mediante la norma ASTM D-2488 y siguiendo criterios del Sistema Unificado de clasificación de suelos (SUCS), y la validación de resultados está a cargo del laboratorio Geotécnico EyP de ingeniería SRL, de profesionales Geólogos, geotécnicos quienes dan validez a la información recolectada,

en tanto ello garantice la confiabilidad de toda información como instrumento que derivara a lograr el objetivo.

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

El estudio comprendió varios aspectos siendo los principales:

La preparación de una adecuada estrategia de trabajo de campo; observaciones detalladas de campo; interpretación y evaluación de las características geológicas y geotécnicas de suelos y rocas. Con el uso de planos geológicos, secciones geológicas finalizándose con el informe y elaboración de la presente tesis.

Para el análisis de la estabilidad de la presa se requiere identificar el tipo de suelo y sus parámetros resistentes, por lo tanto, se realizarán ensayos estándar y especiales a las muestras representativas extraídas de las calicatas. Estos ensayos tienen la finalidad de identificar y clasificar las muestras de suelo disturbadas, siguiendo los criterios del Sistema Unificado de Clasificación de Suelos (SUCS), y para obtener sus propiedades físicas y para obtener parámetros de resistencia.

Las muestras representativas fueron extraídas y enviadas a ensayar en el Laboratorio Geotécnico de E y P de Ingeniería S.R.L.

### **3.9 Tratamiento estadístico**

La información recolectada es compilada en base de datos (Excel) con la finalidad de realizar evaluaciones que ayuden en la consecución del objetivo de la presente investigación.

### **3.10 Orientación ética filosófica y epistémica**

La evaluación geotécnica dentro del proceso en la construcción de la presa Ucuscancha I, es muy importante, es por ello que basado en las mejores prácticas de las

investigaciones desarrolladas para determinar la información litoestadigráfica, geomorfológica, estructural y geodinámica, obtener parámetros de resistencia, permeabilidad y compresibilidad, como también la capacidad admisible del suelo de fundación de la presa, son desarrollados siguiendo normas y procedimientos establecidos.

## **CAPÍTULO IV**

### **RESULTADOS Y DISCUSIÓN**

#### **4.1 Descripción de trabajo de campo**

##### **4.1.1 Ubicación y acceso**

El proyecto se ubica en el Distrito del Tambo, Provincia de Huancayo, Región de Junín. (Ver Anexo 1)

Geográficamente esta zona se encuentra localizada por las siguientes coordenadas UTM:

8 688 000 N-474 000 E; 8 664 500 N-474 000 E

8 688 000 N-498 000 E; 8 664 500 N-498 000 E

El acceso desde Lima hasta la zona de estudio se realiza por vía terrestre, a través de la Carretera Central Lima - Huancayo de 450 km de longitud y a través de la Carretera Cañete – Yauyos – Chupaca – Huancayo.

Desde la ciudad de Huancayo, se accede por vía asfaltada, por la margen izquierda del río Shullcas hacia los sectores de la Bocatoma Chamisería y después a pie hacia los sectores de las líneas de conducción o canales que se encuentran en la margen derecha del río Shullcas.



Para acceder a los sectores de la presa Ucuscancha I y el Vaso de Embalse se accede hasta la localidad de Acopalca. Desde allí se continua por una trocha carrozable que conduce hacia la Laguna Lazo Huntay al pié del nevado Huaytapallana.

#### **4.1.2 Clima, fisiografía e hidrografía**

La cuenca del río Shullcas es parte de la cuenca del río Mantaro, limitando por el norte con las cuencas del Río Viscas y del Río Tulumayo, por el sur con la Cuenca del Río Chanchas, por el este con la Cuenca del Río Pariahuanca y por el oeste con la propia Cuenca del Río Mantaro.

Se sitúa en la Cordillera Oriental de los Andes Centrales de Perú. La montaña más prominente de la cuenca es el Nevado Huaytapallana con 5557 msnm.

Las lagunas principales en la Cuenca del Río Shullcas son: Chuspicocha, Lazo Huntay y Huacracocha.

El Río Shullcas es la fuente principal de agua para varias poblaciones a lo largo de sus riberas.

Se caracteriza por tener una importante red de drenaje de aguas con varias quebradas secundarias que nacen en las cabeceras de cuencas, aportan sus aguas al cauce principal del Río Shullcas, mientras este fluye de este a oeste hasta desembocar en el Río Mantaro, por la periferia norte de la Ciudad de Huancayo.

Tiene la forma de cono alargado, disectado por el cauce principal del Río Shullcas en una longitud aproximada de 15 km y un ancho promedio de cuenca de 4 a 5 km. Su punto más elevado alcanza los 5557 msnm en el Nevado Huaytapallana y el más bajo en los 3200 msnm en la Ciudad de Huancayo en la desembocadura sobre el Río Mantaro.

El río Shullcas alcanza su mayor caudal de escorrentía fluvial durante la estación de lluvias entre diciembre y marzo, y su más bajo caudal durante la prolongada estación seca entre abril y noviembre.

Los terrenos del cauce del Río Shullcas tiene fuertes pendientes. La pendiente general del Río Shullcas alcanza 10%, con 1600 m de desnivel en 15 km de longitud.

Una característica importante que se manifiesta en forma local es la de erosión con predominio de procesos erosivos deluviales ligados al escurrimiento pluvial en laderas, conformando depósitos de suelos deluviales y coluviales con reptaciones y derrumbes locales produciendo algunas laderas con problemas de inestabilidad.

El principal uso actual del agua en la Cuenca del Río Shullcas es el empleo para el agua potable de la ciudad de Huancayo con una población en más de 300000 habitantes. También es usado en la actualidad para la irrigación de 2000 hectáreas de terrenos de cultivo y agropecuarios, 2 piscifactorías y 02 pequeñas plantas eléctricas.

La Cuenca del Río Shullcas representa el 50% del agua que se obtiene para consumo humano en la Ciudad de Huancayo (500 l/s). Este porcentaje proviene principalmente del aporte glaciar del Nevado Huaytapallana, sometido a la amenaza de desaparecer debido al cambio climático. Esto implicará la reducción de la oferta hídrica, que irá concatenada al incremento de la demanda hídrica por el crecimiento poblacional acelerado de la Ciudad de Huancayo, lo que se traducirá en una mayor escases o disponibilidad de agua en la ciudad.

La cuenca del río Shullcas alcanza su altitud o nivel mínimo en la zona urbana de la Ciudad de Huancayo en la desembocadura sobre el río Mantaro en la cota de 3273 msnm y su máximo nivel en el Nevado del Huaytapallana a 5557 msnm. Por debajo de 3400 msnm hasta las riberas del Río Mantaro, presenta una topografía poco agreste, con colinas y vertientes de poca altura.

Aquí se ubica la formación ecológica de Bosque seco-Montano Bajo Tropical (bs-BMT) que abarca una extensión de 1300 ha; la vegetación natural ha sido sustituida en gran parte por cultivos bajo riego o secano.

Entre los 3600 y 4200 msnm la característica común son las vertientes montañosas agrestes, debido a la erosión pluvial y fluvial. En este piso altitudinal se encuentra la zona de vida del Bosque húmedo-Montano Tropical (bh-MT) que abarca una extensión de 3000 ha. La vegetación exhibe pocas especies como la taya, la chilca y pastos naturales alto andinos.



*Figura 1.* Pastizales de ichu y cría de auquénidos en las laderas del Cerro Doblecoto en la cuenca de la Quebrada Ucuscancha.

Por encima de los 4200 msnm, el relieve presenta un conjunto morfológico muy agreste, con predominancia de vertientes montañosas moderadamente disectadas sobre macizos rocosos limitados por el Nevado Huaytapallana. El sector de la Cuenca del Río Shullcas, entre los 4200 msnm y 4500 msnm, alberga al Páramo muy húmedo - Subalpino Tropical (pmh - SaT) caracterizado por presentar un clima frígido, entre los 4500-4800 msnm a la Tundra pluvial - Alpino Tropical (tp-AT) que se caracteriza por ser gélida y finalmente por encima de los 4800 msnm a la formación ecológica Nivel Tropical (NT) que se caracteriza por áreas de farallones con peñascos o rocas, sin cubierta edáfica ni vegetal, con condiciones climáticas extremas de glaciares. En los aspectos de hidrología, sucintamente se señala que el Río Shullcas, tributario del Río Mantaro, tiene un caudal con una producción total anual de 75 MMC, un caudal promedio durante la época de avenidas de 5.0 m<sup>3</sup>/s, mientras que en época de estiaje el caudal desciende hasta 1.5

m<sup>3</sup>/s. Durante su recorrido, el Río Shullcas alcanza una longitud aproximada de 35.9 Km, un ancho promedio de 4 a 5 metros y unas pendientes promedio de 7.5% con un desnivel de 2000 metros en aproximadamente 15 Km. La principal reserva de agua del Río Shullcas es el sistema de glaciares del Nevado Huaytapallana que está en proceso de reducción por el cambio climático.

La principal laguna de la cuenca del Río Shullcas es la Laguna Huacracocha, localizada en la margen derecha del Valle del Río Shullcas. Otras lagunas importantes son las lagunas Lazo Huntay y Chuspicocha, todas ellas en las últimas décadas en proceso de merma por la reducción de los glaciares del Nevado Huaytapallana.

#### **4.1.3 Geomorfología Regional**

La zona de estudio presenta rasgos que se extienden a lo largo de tres unidades geomorfológicas de carácter regional nacional denominadas: la Cordillera Oriental, las altas mesetas centrales y la depresión de Huancayo.

En general respecto de los pisos altitudinales, el relieve de las altas Montañas Centrales y de la Cordillera Oriental, se encuentran entre los 3,800 y 5,400 msnm y una característica común en estos es que en ambos prevalecen restos de la superficie puna.



*Figura 2.* Unidades Geomorfológicas en el Área de Estudio en Cuenca del Río Shullcas

### **Unidad Geomorfológica de la Cordillera Oriental**

La unidad geomorfológica de la Cordillera Oriental muestra una uniformidad en la altitud de sus cumbres y está relacionada con la denominada "Superficie de Puna", la superficie ha sido modelada por la ablación de los glaciares y escorrentías de cabeceras de cuenca.

La unidad geomorfológica de Cordillera Oriental está expuesta a las altas precipitaciones, lo que causa una intensa erosión, dando al terreno una configuración angular de valles profundos cortados en forma de "V" que se superponen al antiguo perfil de valles glaciáricos en forma de "U".

### **Unidad Geomorfológica de Altas Mesetas Centrales**

Se encuentra constituida por un conjunto de colinas de cimas truncadas por la erosión. Esta unidad geomorfológica se emplaza en promedio entre los 4000 msnm a 4400 msnm. En este rango altitudinal, las cumbres que destacan están constituidas por rocas de mayor dureza debido a la erosión diferencial.

Al norte de la Ciudad de Huancayo, en la margen derecha de Río Shullcas, está presente un conjunto de cerros y macizos achatados típicos que corresponden a esta unidad geomorfológica.

### **Unidad Geomorfológica de Depresión de Huancayo**

La depresión, presenta una dirección NW-SE; con una longitud de 70 km y un ancho variable entre 3 a 15 km con una variación altimétrica entre 3160 y 3350 msnm. El Río Mantaro la atraviesa longitudinalmente.

#### **4.1.4 Litología y estratigrafía regional**

De acuerdo al Mapeo Geológico del INGEMMET (Escala 1:10000), en la composición del basamento rocoso de la Cuenca del Río Shullcas en donde se ubica el área de estudios del presente proyecto " Evaluación Geotécnica para la construcción de la Presa Ucuscancha I, Huancayo - Junín ", desde las más antiguas a las más jóvenes

formaciones geológicas tienen presencia un complejo metamórfico precámbrico, luego secuencias semimetamórficas paleozoicas, secuencias sedimentarias (clásticas y calcáreas) y volcánicas sedimentarias paleozoicas, mesozoicas y cenozoicas; con presencia de extensas coberturas de material cuaternario de suelos poco consolidados y no consolidados de origen glaciárico, eluvial, aluvial, coluvial y deluvial a lo largo de los valles y cauces de las quebradas tributarias y del propio Río Shullcas.

Estas formaciones geológicas se encuentran intruídas por cuerpos menores del tipo pórfidos.

En el plano litológico y estratigráfico del área de estudio propia del presente proyecto de afianzamiento hídrico, tanto en el área correspondiente a la cuenca de la Quebrada Ucuscancha y en el área del Valle del Río Shullcas afloran unidades formacionales sedimentarias y volcánicas sedimentarias, cuyas edades van desde el Precámbrico y el Paleozoico Inferior hasta el Cuaternario Reciente. (Ver Anexo 2)

Las rocas metamórficas, las más antiguas y afloran en vastas áreas del Macizo de Huaytapallana y conforman gran parte de la Cordillera Oriental. Están constituidas principalmente por gneis de edad Precámbrica.

Sobre las formaciones pre paleozoicas más antiguas y con discordancia angular, sobreyace una potente serie de rocas sedimentarias marinas del Grupo Excelsior o Formación Concepción, rocas sedimentarias continentales volcánicas sedimentarias del Grupo Mitú y finalmente rocas sedimentarias marinas pertenecientes a las secuencias de las formaciones Pucará, Chambará y Aramachay. Finalmente, en la cuenca en áreas muy reducidas está presente una formación cuaternaria de suelos consolidados denominada la Formación Jauja.

A continuación, desde las más antiguas hasta las más jóvenes, una descripción litoestratigráfica sucinta de las unidades formacionales geológicas en el área de estudios.

#### **4.1.4.1 Basamento rocoso de rocas sedimentarias y volcánicas sedimentarias**

##### **Secuencia Metamórfica Huaytapallana(PE-i):**

Afloran en vastas áreas del Macizo o Nevado de Huaytapallana y hacia el noroeste y sureste conforman gran parte de la Cordillera Oriental. Están constituidas principalmente por micaesquistos y gneis de edad Precámbrica.

En la microcuenca se distribuyen en la parte alta, en el Macizo y Nevado de Huaytapallana y en los alrededores de las lagunas Lazo Huntay, Chuspicocha y Ancapahuachanan.

##### **Grupo Excelsior (Pali-e ó D-e) o Formación Concepción (Dim-c):**

Litológicamente se compone esencialmente por sedimentos del tipo "flysch" y una menor cantidad de pizarras con intercalaciones de cuarcitas, variando en otras zonas progresivamente a esquistos cloríticos y sericíticos. También por secuencias sedimentarias que se encuentran en parte metamorfizadas.

Esta formación se distribuye en forma localizada en la parte intermedia de la cuenca, sobre ambos márgenes del Río Shullcas, en el sector comprendido principalmente entre las Quebradas Yananya y Caniahuayo.

Litológicamente la serie comprende una alternancia monótona de lutitas con areniscas en estratificación gradacional. Los niveles conglomerádicos consisten mayormente de cuarcitas alternadas con subniveles calcáreos y calcoarenitas. Las capas de areniscas tienen espesor en 0.10 - 0.60 m.

##### **Grupo Tarma (Cs-ta)**

Este Grupo en la Cuenca del Río Shullcas se distribuye en forma muy localizada en la parte alta parte alta de la Quebrada Ronda.

Litológicamente, esta unidad se encuentra conformada por areniscas y conglomerados que alternan a veces con microconglomerados, lutitas y limolitas, con intercalaciones calcáreas relativamente diagenizadas.

Cerca de la Cordillera Huaytapallana esta unidad se encuentra intensamente afectada por la deformación estructural andina que determina una esquistocidad, con fracturas en los conglomerados de flujo en las pelitas.

### **Grupo Mitú (Ps-mi)**

Me Laughlin D.H. en 1924 describió como Grupo Mitu a una secuencia de areniscas y conglomerados rojizos que afloran en la zona central del país. Este grupo en la Cuenca del Río Shullcas se distribuye en forma considerable e irregular en la parte media y alta en ambos márgenes.

La conformación litológica de este Grupo puede agrupar materiales de los diferentes niveles de la serie molásica, en dos facies: una facies detrítica conformada por conglomerados, areniscas, y lutitas terrígenas con estratificación gruesa y otra facies volcánica consistente de lavas, tufos e ignimbritas piroclásticas.

### **Formación Chambará (Trs-ch)**

En la Cuenca del Río Shullcas esta formación se distribuye en la parte media y alta de la cuenca, principalmente a lo largo del valle de la Quebrada Ucuscancha en donde se ubicarán la Presa Ucuscancha I y las canteras.

Litológicamente en el plano regional, de acuerdo a la información de INGEMMET, el miembro inferior de esta formación comprende una alternancia de areniscas gruesas, blancas a rojizas, se encuentran sobre niveles arcillosos con yeso, con intercalaciones detríticas provenientes del material volcánico básico, cineritas y tufos. En el área de estudio del presente proyecto no se ha observado dicho miembro inferior.



El miembro superior está compuesto por calizas micríticas dispuestas en bancos delgados de 0.20 - 0.40 m de espesor, conteniendo nódulos de cherts y niveles calcáreos detríticos.

Secuencia con tales características se observan en el área de estudio tanto en el valle de la Quebrada Ucuscancha como en ambos márgenes del valle del Río Shullcas en los distritos de El Tambo y Huancayo, ambos al noreste de la Ciudad de Huancayo.

#### **Formación Aramachay (Ji-ar)**

Esta formación en la Cuenca del Río Shullcas, se distribuye en la parte alta, en las laderas altas y cumbres de los cerros de la margen derecha de la Quebrada Ucuscancha.

Esta formación litológicamente se encuentra conformada por lutitas negras, calizas, lodolitas bituminosas con cherts y materiales ricos en fosfato, vanadio, selenio y otros minerales.

#### **Formación Jauja del Cuaternario Pleistocénico (Qp-j)**

Esta formación en la Cuenca del Río Shullcas se distribuye en forma muy reducida y localizada en la parte alta, entre las Quebradas Huatupalla y Pacchapata. Litológicamente, se encuentra conformada por conglomerados básales cubiertos por areniscas finas, lutitas silíceas ricas en diatomeas, que localmente pasan verdaderas diatomitas.

Las areniscas y arcillitas son de origen lacustrino, ya que contienen restos de fauna de agua dulce. No tiene afloramientos a lo largo de las áreas específicas del presente proyecto, ni en la presa, ni en bocatoma ni en los canales, por lo que no se hará mayor mención a ella.

#### **4.1.4.2 Basamento rocoso de rocas ígneas intrusivas**

##### **Riodacitas del Permiano Superior (Ps-rd)**

Aflora en forma localizada en la parte baja del Valle del Río Shullcas, en la margen izquierda del Río Shullcas y en un sector de la margen derecha cerca del poblado de Chullpa.

Estas rocas, litológicamente son hipoabisales de composición riolítica y dacítica, que se intercalan como sills y coladas en las series sedimentarias del Grupo Mitu.

#### **Porfiroides del Permiano Superior (Ps-p)**

Un reducido afloramiento de porfiroides están presentes en forma localizada a manera de bandas entrecortadas, en la parte alta de la Cuenca del Río Shullcas, correspondiente a las nacientes de las Quebradas Ronda, Antayacu y Chuspe.

Las rocas de esta unidad son de composición granítica, conformados por granitos grisáceos foliados, variando a un granito de grano grueso, no deformado.

#### **Granito del Cretácico - Terciario Superior (KT-gr)**

Afloran como parte del Batolito Andino Central, en forma muy localizada en la zona media de la de la Cuenca del Río Shullcas, en inmediaciones de la Quebrada. Pacchapata-Sillapata por su margen izquierda y en la parte alta de las lagunas Quimsacocha y Quellococha.

Litológicamente, estas rocas son hipabisales de composición variable entre dacita y tonalita, con intercalaciones micrograníticas y microgranodioríticas, principalmente.

#### **4.1.4.3 Depósitos Cuaternarios de Suelos No Consolidados (Q):**

En el plano regional, a lo largo del proyecto "Evaluación Geotécnica para la construcción de la Presa Ucuscancha I, Huancayo - Junín " las coberturas de depósitos cuaternarios más comunes corresponden a los depósitos

cuaternarios glaciarios (Q-g) y depósitos cuaternarios de suelos fluvioglaciarios (Q-fg), aluviales (Q-al), deluviales (Q-de), coluviales (Q-co), eluviales (Q-el) y depósitos cuaternarios de suelos mixtos coluviales deluviales (Q-co-de).

**Depósitos Cuaternarios de Morrenas (Q-mo) o Glaciarios (Q-g):**

Está conformado por morrenas laterales y frontales, de naturaleza heterogénea, que generalmente ocurren por encima de los 3800 msnm, en asociación con circos glaciarios, lagunas y otras formas glaciarias, pudiendo llegar a partes más bajas.

Se encuentra conformado por aglomerados de materiales gruesos angulosos y subangulosos, hasta de 0.50 m de diámetro, distribuidos dentro de una matriz arenosa. Este depósito se distribuye en la parte alta y media de la Cuenca del Río Shullcas, en el Valle de la Quebrada Ucuscancha.

**Depósitos Cuaternarios Fluvioglaciares (Q-fg):**

Son producto de la ablación glaciaria y el deshielo desde las partes más altas de la cordillera en las cabeceras de las microcuencas de las primeras lagunas y quebradas menores, por tanto, los productos deposicionales sedimentológicos son una entremezcla de ambos procesos.

En el área de estudio en grandes extensiones de las laderas, en los pie de montes de las laderas y en las partes bajas semiplanas del valle, las coberturas de depósitos cuaternarios fluvioglaciarios se encuentran muy desarrollados.

Se distribuye en grandes extensiones, a lo largo del Valle de la Quebrada Ucuscancha y en la parte intermedia de la Cuenca del Río Shullcas, como por ejemplo a la altura de la Hacienda Acopalca y de la Laguna Quimsacochoa.

Los depósitos fluvioglaciares, están constituidos por clastos de formas subangulosas y subredondeadas, de composición petrológica calcárea,

areniscosa, de rocas metamórficas como gneis y cuarcitas; en matriz mayormente limosa y limo arenosa.

#### **Depósitos Cuaternarios Aluviales (Q-al):**

Las mayores extensiones se sitúan en tres terrazas situadas por encima del nivel de base del valle del Río Shullcas. Corresponde a los aglomerados aluviales que conforman el nivel de base del Valle de la Quebrada Ucuscancha y las terrazas aluviales en número de tres, más el propio lecho del río. Mayormente se encuentran conformados por acumulaciones de conglomerados de cantos redondeados y bolones de hasta de 0.50 m de diámetro con matriz de gravas y gravillas redondeadas y arena gruesa; intercalándose con lentes arenosos.

Está constituido principalmente por bolones y cantos rodados, gravas subredondeadas y redondeadas, procedentes petrológicamente del complejo metamórfico pre paleozoico en el área regional, de las secuencias volcánicas sedimentarias e hipoabisales del Grupo Mitu y de la secuencia sedimentaria calcárea mesozoica triásica denominada la Formación Chambará

#### **Depósitos Cuaternarios Coluviales (Q-co):**

Están constituidos por cantos y gravas angulosas y subangulosas, sueltos o con poca matriz limosa arenosa. Alcanzan espesor en más de 10.00 m.

Producto de la ablación por gravedad se ubican casi en todas las laderas y partes basales de superficies empinadas de los valles de la Quebrada Ucuscancha y el Río Shullcas. Conformadas por cantos angulosos y subangulosos en matriz arenosas limosas y arenosas arcillosas. Estos depósitos son de variada litología y se encuentran conformados por acumulaciones de clastos angulares y subangulares.

#### **Depósitos de Suelos Cuaternarios Deluviales (Q-de):**

Generalmente están conformadas de gravas subangulosas, limo arcillas, arcillas y arenas limo arcillosas.

En el área específica de estudios a lo largo del trazo de las líneas de conducción constituyen importante presencia de coberturas de suelos cuaternarios en las medias laderas y pié de laderas por las que atraviesa dicho trazo.

#### **Depósitos de Suelos Cuaternarios Eluviales (Q-el):**

Proviene principalmente de la alteración y ablación química de los pórfidos riódacíticos pérmicos, a partir de los cuales el producto residual y eluvial final terminan siendo arcillas lateríticas ocre y marrones con contenidos de óxidos de hierro y aluminio. Las arcillas por sectores contienen gravas angulosas.

#### **Depósitos de Suelos Cuaternarios Antrópicos o Tecnógenos (Q-tec):**

Los depósitos de suelos Cuaternarios Antrópicos o Tecnógenos (Q tec) están constituidos principalmente por los rellenos que fueron realizados para fines de subrasante en las trochas carrozables y el camino de acceso junto a los sucesivos canales, en los pavimentos de las vías asfaltadas y los terraplenados de diverso uso en el área de estudios del Río Shullcas en donde se sitúa la Bocatoma Chamisería, el Partidos y Sifón y las líneas de conducción en canales sucesivos.

## **4.2 Presentación, análisis e interpretación de resultados**

### **4.2.1 Geomorfología local**

#### **Geomorfología local en el área de la cuenca del río Shullcas**

De manera general a nivel de la Cuenca del Río Shullcas las unidades geomorfológicas a nivel local están representadas en extensión mayoritaria por glaciares, montañas, altiplanicies, valles, laderas, quebradas y vertientes convexas de

afloramientos del basamento rocoso compuesto de calizas, areniscas, andesitas y dacitas y coberturas de suelos cuaternarios. (Ver anexo 3)

### **Glaciares (GI)**

Se distribuye en la parte alta de la microcuenca, se encuentran sobre los 4800 msnm, ocupando las cumbres de las vertientes montañosas, tienen topografía muy variada, dependiendo mucho del tipo de relieve de la roca base, cuyas pendientes varían desde suaves hasta fuertemente inclinadas.

Los deshielos permanentes que ocurren durante las temporadas de estiaje, brindan caudal a las lagunas y riachuelos que discurren en las partes altas de la cuenca, originando pequeños procesos erosivos como surcos, cárcavas y acumulación de morrenas, que incrementan el nivel torrencial de la misma.

### **Montañas (Mnt)**

Se considera montañas a las elevaciones de fuerte magnitud que pueden observarse en el terreno, y alcanzan cotas por encima de 4000 msnm. En el área de influencia del proyecto puede encontrarse montañas con basamento de afloramientos de rocas metamórficas, volcánicas sedimentarias, sedimentarias e ígneas hipohabísales.

### **Altiplanicies (Plnc)**

Se considera "altiplanicies" (Plnc) a las zonas planas y semiplanas situadas entre las cotas de 3500 - 4000 msnm. Estas unidades presentan pendientes muy suaves que van de 0 a 15%. En el área de influencia las altiplanicies están constituidas por gravas y limos en superficie mayormente sobre afloramientos del grupo Mitu.

### **Valles Fluvioglaciares (Vflg) y Laderas (Ldr)**

En su origen tanto los valles del Río Shullcas como la de la Quebrada Ucuscancha tienen su origen en la glaciación y un posterior desarrollo de valle fluvial juvenil. En el área de estudio la mayor extensión de las laderas presenta afloramientos de basamento rocoso seguido de extensiones de cobertura de suelos cuaternarios fluvioglaciáricos.

Desde el punto de vista geomorfológico teniendo en cuenta que el proyecto de acuerdo a sus componentes de obras, se va a ejecutar en dos escenarios completamente distintos.

El primero corresponde al Valle Glaciárico de la Cuenca de la quebrada Ucuscancha en donde se ubica la Presa Ucuscancha I y el Vaso de Embalse de la Presa del Proyecto. El segundo corresponde al Valle Glaciárico Fluvial de la Cuenca del Río Shullcas, en donde se ubican la Bocatoma Chamisería, el Partidor y el Sifón y los canales o líneas de conducción.

### **Ríos y Quebradas (Rfl y Qd)**

Ríos y quebradas son cursos definidos de escorrentía superficial. Presentan suelos granulares, especialmente cantos, bolones, arena y gravas. Por la fuerte pendiente que tienen son considerados cursos en valles juveniles.



Figura 3. Vista hacia aguas arriba, desde el Sector de Eje de Presa, hacia el Sector del Vaso del Embalse. Se observa la confluencia de las quebradas Pichcapuquio y Anlayaco para dar nacimiento a la Quebrada Ucuscancha.

### **Geomorfología local en áreas específicas de obras de afianzamiento hídrico en la cuenca del río Shullcas**

La geomorfología local en las áreas específicas de obras, tanto en el Valle de la Quebrada Ucuscancha, como en el Valle del Río Shullcas, tienen características diferentes de acuerdo a la toponimia por pisos altitudinales.

De acuerdo a estos pisos altitudinales el área de estudio del proyecto se extiende entre la zona altoandina y la zona mesoandina.

### **Geomorfología local en el área específica de la quebrada Ucuscancha, la presa y el vaso**

Los terrenos de la Quebrada Ucuscancha en donde se emplaza la Presa se ubican en la Zona Altoandina que se define como terrenos ubicados por encima de 3800 msnm, que corresponde a más de la mitad del área total de la Cuenca de la Quebrada Ucuscancha.

Las geoformas del relieve identificadas en la zona altoandina son las siguientes:

#### **Vertientes montañosas y colinas moderadamente empinadas (Vs1-d).**

Sectores de topografía medianamente accidentada, con pendientes entre 25 y 50 %.

Están constituidos por relieves de colinas y vertientes montañosas que no pasan de 500 m. de altura entre la cima y la base de las elevaciones.

#### **Vertientes montañosas y colinas empinadas a escarpadas (Vs1-e)**

Sectores de topografía accidentada que comprenden. Están constituidos por agrestes vertientes montañosas que a veces pasan de 800 m de altura entre la cima y la base de las elevaciones, con pendientes casi siempre superiores a 50 %.



Figura 4. El Macizo o Nevado Huaytapallana





Figura 5. Vista cercana del sector de la unión de las Quebradas Pichcapuquio y Anlayaco al dar nacimiento a la Quebrada Ucuscancha. Depósitos de suelos aluviales (Q-al) en el lecho de las quebradas y en las laderas de los cerros gruesos depósitos de suelos fluvioglaciáricos.



Figura 6. Vista desde aguas arriba del Valle de la Quebrada Anlayaco, afluente de la Quebrada Ucuscancha. Al fondo los Cerros Lanitisco y Chucto en la Quebrada Ucuscancha.

**Geomorfología local en área específica de bocatoma, partidur en la parte baja de la cuenca del río Shullcas**

Los terrenos de la Cuenca del Río Shullcas en donde se emplaza la Bocatoma, Partidur y Canales de la línea de conducción se ubican en la Zona Meso Andina que se define como terrenos ubicados por terrenos ubicados por debajo de los 3800 msnm. Su característica principal es la de conformar zonas agrestes de vertientes montañosas, por sectores encañonados, de clima templado y lluvias abundantes.

Un ejemplo de ellos son los sectores farallonados y encañonados de Quebrada Ucuscancha hasta la desembocadura sobre el Río Shullcas. Por esa razón es muy difícil y sería muy oneroso establecer un trazo de carretera de acceso por allí, para el paso de maquinarias para fines de la Presa.

Las vertientes de la zona mesoandina deben su toponimia y orografía mayormente agreste, a la ablación fluvial tanto del Río Shullcas, que es el río principal, como de sus tributarios. Al valle inicialmente en perfil de "U" trabajado por la glaciación en largos períodos geológicos se superpuso en la parte basal o nivel de base, un perfil de "V", de valle y río juvenil, de fuertes pendientes.

La evolución morfológica de esta zona es bastante distinta a la zona altoandina, se diferencia básicamente en tres aspectos: primero un clima más cálido, con menores precipitaciones, en segundo lugar se destaca una toponimia de conjunto mucho más agreste, donde las vertientes montañosas alcanzan desniveles por encima de los 1000 m entre la cima y la base de las elevaciones, y también se caracterizan por mayor presencia de formaciones geológicas relativamente erodables como el Gupo Pérmico Mitu.

Las geoformas en la zona meso andina en donde se ubican Bocatoma, Partidor y Canales de la línea de conducción las siguientes:

#### **Fondos de valle y llanuras o terrazas aluviales (Fv2-a)**

Sector de topografía llana que se distribuye en los alrededores de Huancayo, tiene pendientes de 0 a 4 %. Corresponde a una zona donde la ablación fluvial cuaternaria del valle permitió el desarrollo relativamente amplio de depósitos aluviales dispuestos en terrazas fluviales; conformados por bancos de gravas, arenas, limos y arcilla.

A lo largo del nivel de base o fondo del Valle del Río Shullcas, en el plano local se ha identificado por sobre el lecho actual del Río Shullcas al que metodológicamente corresponde el nivel t0, tres terrazas aluviales t1, t2 y t3, a los que corresponden los depósitos cuaternarios aluviales Q-alf1, Q-al1, Q-al2, Q-al3 respectivamente.

### **Vertientes llanas disectadas (Vso-c)**

Pequeño sector de topografía ligeramente ondulada con pendiente de 4 a 15 %, se encuentra en la parte media de la margen derecha del Río Shullcas.

Esta unidad corresponde tanto a sectores de desarrollo incipiente de superficies de erosión local en la base de las vertientes, en cuyo caso los terrenos se conforman de materiales coluviales y aluviales de gravas, arenas, limos y arcillas dispuestos de manera heterométrica, como también consisten en cimas convexas o aplanadas de las vertientes que sirven de divisorias entre las diversas cuencas interiores; en estos casos los terrenos se conforman de suelos residuales y formaciones rocosas del substrato.

### **Vertientes montañosas empinadas a escarpadas (Vs2-e)**

Sectores de topografía muy accidentada, con pendientes superiores a 50%, conformados por vertientes montañosas que sobrepasan los 1000 m de altura entre la cima y la base de las elevaciones.

Estas vertientes se formaron esencialmente durante la fase de ablación fluvial, cuando los ríos labraron su cauce en compactos afloramientos rocosos que determinaron el modelado agreste y muchas veces encañonado de los valles.

La erosión actual está directamente ligada a la actividad agrícola y a causas naturales derivadas de la accidentada topografía. La agricultura se practica sin ningún criterio de conservación, sobre áreas inapropiadas para estos fines.

Los surcos y cárcavas son frecuentes, y los efectos del escurrimiento difuso se generalizan en toda el área; la magnitud de estos procesos erosivos afecta al paisaje en forma severa y las cárcavas se desarrollan cada vez y es recomendable hacer estudios de control de la erosión.

#### **4.2.2 Litología y estratigrafía local**

Desde el punto de vista litoestratigráfico local e igualmente teniendo en cuenta que el proyecto de acuerdo a sus componentes marcadamente se va a ejecutar en dos escenarios completamente distintos se debe separar estos dos escenarios.

El primero corresponde a la Cuenca de la Quebrada Ucuscancha en donde se ubica la Presa Ucuscancha I y sus obras auxiliares.

El segundo corresponde a la Cuenca del Río Shullcas, en donde se ubica la Bocatoma Chamisería, Sifón, Partidor y los Canales de la línea de conducción a construirse.

El Basamento Rocoso en el área específica de estudio de la Presa Ucuscancha I y del Vaso de Embalse está representado únicamente por la secuencia sedimentaria calcárea mesozoica denominada Formación Chambará (Trs-ch).

El Basamento Rocoso en el área específica de estudio de la Bocatoma Chamisería y del trazo del Canal Margen Derecha Alto - Cantagallo, también está representado por la secuencia sedimentaria calcárea mesozoica denominada Formación Chambará (Trs-ch). Todas las formaciones tienen coberturas de depósitos cuaternarios de suelos de diversa génesis que se detalla a continuación en el texto.

##### **4.2.2.1 Basamento rocoso (rocas ígneas y sedimentarias)**

###### **Riodacitas del Permiano Superior (Ps-rd).**

Aflora en forma localizada en la parte baja del Valle del Río Shullcas, en la margen izquierda del Río Shullcas y en un sector de la margen derecha junto al poblado de Chullpa.

Estas rocas, litológicamente son hipohabisaes de composición riolítica y dacítica, que se intercalan como "sills" y coladas en las series sedimentarias del Grupo Mitu.

###### **Formación Chambará (Trs-ch)**

Esta unidad se encuentra compuesta de calizas claras, grises claras y gris claras azuladas, en estratos con espesores de 0.20 - 0.40 m en intercalaciones con margas oscuras, y en menor proporción con calcarenitas y conglomerados calcáreos. Las rocas son duras, macizas, compactas, fracturadas, con incipiente "carsticidad" a juzgar por el hecho que no se advierte sobre los afloramientos indicios tipo superficie "lapiez", ni vacuolas visibles, ni cavernas pequeñas.

La permeabilidad fisural presente en los primeros 20 metros en su techo, como se advierte en las cinco perforaciones diamantinas realizadas durante el presente estudio en el eje de la Presa Ucuscancha I, corresponden al fracturamiento tectónico estructural producido en el macizo geológico en el tiempo geológico.

El Basamento Rocosó en el área de estudio específico de la Presa Ucuscancha I y del Vaso de Embalse está únicamente representado por la secuencia sedimentaria calcárea mesozoica denominada Formación Chambará.

La Formación Chambara (Tsr-ch), presenta espesores visibles en afloramientos en más de un centenar de metros, pero los estudios de INGEMMET indican que alcanzan espesor en varios centenares de metros.



Figura 7. Vista de la margen derecha de Eje de Presa en la Quebrada Ucuscancha. En la parte alta de las laderas, sedimentario de la Formación Chambará (Trs-ch)



*Figura 8.* Vista desde aguas arriba en el lecho de la Quebrada Ucuscancha en el Sector del Eje de Presa. En primer plano los depósitos de suelos aluviales (Q-al) en el lecho, en los bordes de la orilla en la margen derecha afloramientos de calizas y margas de la Formación Chambará (Trs-ch).

#### **4.2.2.2 Depósitos cuaternarios de suelos no consolidados(Q)**

En el plano local, a lo largo del proyecto con fines agrícolas las coberturas de depósitos cuaternarios más comunes, de las más antiguas a las más jóvenes corresponden a los depósitos cuaternarios de suelos fluvio-glaciarios (Q-fg), suelos aluviales (Q-al), coluviales (Q-co, deluviales (Q-de), eluviales (Q-el), depósitos cuaternarios de suelos mixtos coluviales deluviales (Q-co de) y los depósitos tecnógenos (Q-te)

##### **Depósitos Cuaternarios Fluvio-glaciares (Q-fg)**

En el área local de estudio y de acuerdo a los pisos altitudinales entre 3700 y 4100 msnm, de manera general, las coberturas de depósitos cuaternarios más comunes corresponden a los depósitos cuaternarios fluvio-glaciarios (Q-fg).

En el área de estudio en la mayor extensión de las laderas y en los piedemontes de las laderas y las partes bajas semiplanas las coberturas de depósitos cuaternarios fluvio-glaciarios se encuentran muy desarrollados.

Constituyen colinas, piedemontes al pie de laderas y penillanuras formadas por acumulación de derrubios producto de la destrucción de las morrenas terminales y arrastre por escorrentías de laderas.

Litológicamente constituyen acumulaciones de clastos heterométricos subangulosos y subredondeados, de dimensiones variables y con matriz arenosa limosa.

Los depósitos fluvioglaciares, constituidos por cantos y gravas subangulosas y subredondeadas, de composición petrológica calcárea, areniscosa, rocas metamórficas como gneis y cuarcitas; tienen matriz limo arenosa, arena limosa y limosa. Para fines de simplicidad en presente estudio serán asumidas de manera genérica como pertenecientes al Cuaternario Reciente (Q-fg).

De acuerdo a los perfiles geológicos visibles en el nivel de base de la Quebrada Ucuscancha y las perforaciones diamantinas realizadas en el área de la Presa Ucuscancha I para el presente estudio, alcanzan espesores en varias decenas de metros.

En la perforación diamantina SU-2 alcanzó más de 20 m de espesor, mientras que en la perforación SU-4 alcanzo 36 m de espesor.

#### **Depósitos Cuaternarios Aluviales (Q-al)**

Corresponde a los aglomerados aluviales que conforman el nivel de base del valle de la Quebrada Ucuscancha y las terrazas aluviales en número de tres, más el propio lecho del río, en el Valle del Río Shullcas. Está constituido principalmente por bolones y cantos rodados, gravas subredondeadas y redondeadas, procedentes petrológicamente del complejo metamórfico pre paleozoico en el área regional, de las secuencias volcánicas sedimentarias del Grupo Mitu y de la secuencia sedimentaria calcárea mesozoicas triásica

denominada Formación Chambará. Los cantos redondeados y los bolones de varían mayormente en 0.20 - 0.50 m de diámetro con matriz de gravas y gravillas redondeadas y arena gruesa; intercalándose con lentes arenosos.



Figura 9. Vista desde aguas arriba en el lecho de la Quebrada Ucuscancha en el Sector del Eje de Presa. Depósitos de suelos aluviales (Q-al) en el lecho, en los bordes de la orilla en la margen derecha afloramientos de calizas y margas de la Formación Chambará (Trs-ch) y en las laderas de ambas márgenes, gruesos depósitos de suelos fluvioglaciáricos (Q-fg) con potencia visible en más de 15 m de espesor.

#### **Depósitos Cuaternarios Coluviales (Q-co)**

Se ubican casi en todas las laderas y partes basales de superficies empinadas de los valles de la Quebrada Ucuscancha y el Río Shullcas. Conformadas por cantos angulosos y subangulosos en escasa matriz arenosas limosas y arenosas arcillosas. Alcanzan espesor en varios metros.

En el área de la Presa, hacia la margen derecha existen depósitos coluviales de poco espesor, clastos angulosos de 0.20 - 0.50 m de diámetro, producto de desprendimientos paulatinos, pero no de desplomes súbitos en grandes volúmenes. Estos depósitos no quedarán sumergidos en el embalse.

#### **Depósitos de Suelos Cuaternarios Deluviales (Q-de)**

Generalmente están conformadas de gravas subangulosas, limo arcillas, arcillas y arenas limoarcillosas.

En el área específica de estudios, en el valle a lo largo del trazo de las líneas de conducción constituyen áreas importantes de presencia de coberturas de



suelos cuaternarios en las medias laderas y pié de laderas por las que atraviesa dicho trazo principalmente a lo largo del Canal Margen Derecha.

La presencia de estos depósitos, sobre todo en la variante mixta entremezclada de suelos coluviales deluviales, es significativa a lo largo de la línea de conducción en las laderas de la margen derecha del Río Shullcas en los distritos de El Tambo y Huancayo de la Ciudad de Huancayo.

#### **Depósitos de Suelos Cuaternarios Eluviales (Q el)**

En el área específica de estudios a presencia de estos depósitos, es significativa a lo largo de la línea de conducción en las laderas de la margen derecha del Río Shullcas en los distritos de El Tambo y Huancayo de la Ciudad de Huancayo.

Se encuentran muy extendidas a lo largo del Canal Huaylahoyo, en la ladera SW del Cerro Urcuhyay, en entremezcla con rocas residuales del cuerpo hipohabisal denominado riodacitas de Permiano Superior.

La cobertura de suelos eluviales tiene espesores variables entre unos centímetros y varios metros de espesor.

#### **Depósitos de Suelos Cuaternarios Antrópicos o Tecnógenos (Q tec)**

Corresponden a aquellos depósitos de suelos producidos por la actividad del hombre, la técnica y los procesos constructivos.

Los Depósitos de Suelos Cuaternarios Antrópicos o Tecnógenos (Q tec) están constituidos principalmente por los rellenos que fueron realizados para fines de subrasantes en las trochas carrozables y el camino de acceso junto a los canales sucesivos, los pavimentos de las vías asfaltadas y los terraplenados de diverso uso en el área de estudios del Río Shullcas en donde se sitúa la Bocatoma Chamisería y la línea de conducción en canales sucesivos.

La mayor extensión de estos depósitos corresponde al acceso de servicio de tierra que tiene la línea de conducción en los sucesivos canales en la margen derecha del Río Shullcas. Tiene en promedio 2.00 m por 1.00 m de altura.

#### **4.2.3 Geología estructural, tectónica y neotectónica del área de la Presa**

##### **Ucuscancha I**

Los principales lineamientos estructurales y tectónicos del área guardan estrecha concordancia con el rumbo SE – NW, coincidente con los lineamientos generales de la Cordillera Oriental de los Andes en el área regional del estudio.

Del mismo modo, los ejes y rumbos de los plegamientos de las rocas sedimentarias y volcánicas sedimentarias, así como el alineamiento secuencial y el elongamiento o alargamiento principal de los cuerpos plutónicos ígneos, al igual que las fallas geológicas principales regionales y locales, guardan una dirección principal SE – NW con rumbo N300° - N310°.

En el plano regional la principal falla que deberá ser tomado en cuenta en el análisis de riesgo físico por geodinámica interna corresponde al sistema neotectónico de la denominada Falla de Huaytapallana que discurre al pie del Macizo o Nevado de Huaytapallana que es parte de la Cordillera Oriental, junto a las lagunas de Chuspicocha y Lazo Huntay, a 4500 m de altura.

Está formado por dos segmentos de rumbo promedio N 300 - 320° y buzamiento entre 60° y 70° hacia el noreste.

Se anota que la distancia más cercana de la Presa a la Falla Huaytapallana es de 5 km y corresponde a la distancia en línea recta entre la ubicación de la Presa y la Laguna Lazo Huntay al pie del Macizo y Nevado Huaytapallana.

**Condiciones Hidrogeológicas en el Eje de Presa  
Ucuscancha I, y El Vaso de Embalse**

En el Área de Estudios la principal fuente de alimentación de las aguas subterráneas y principal mecanismo de la recarga, está constituida por las precipitaciones pluviales y el proceso de deshielo constante de los nevados principalmente del Nevado Huaytapallana.

Las condiciones hidrogeológicas en área de estudio específico de la Presa Ucuscancha I y del Vaso de Embalse están caracterizadas por la presencia de coberturas de suelos aluviales granulares (Q-al) en el lecho de la quebrada, que de acuerdo a las perforaciones diamantinas ejecutadas en marzo de 2016 tienen espesor de 0.00 - 19.00 m y coberturas de suelos fluvio-glaciarios granulares (Q-fg) en ambos márgenes y las laderas de la Quebrada Ucuscancha que alcanzan espesores desde 0.00 m hasta las primeras decenas de metros de espesor.

Así en la perforación diamantina SU-1, en el margen izquierdo de la Quebrada Ucuscancha, en la línea del Eje de Presa se alcanzó un espesor de 36.00 m.

A través de estos depósitos se desarrolla un flujo hidrogeológico de napa libre superficial.

Debajo de ella el acuífero libre continúa a través de un medio fisural en el basamento rocoso, de manera decreciente en los valores de permeabilidad hasta ser impermeable en una profundidad máxima de 20 m por debajo del techo del basamento rocoso, de acuerdo a las mismas perforaciones diamantinas ejecutadas en marzo 2016.

La permeabilidad fisural presente en los primeros 20 metros en profundidad a partir de su techo, como se advierte en las cinco perforaciones realizadas, corresponden al fracturamiento tectónico estructural producido en el macizo geológico en el tiempo geológico.

Estos hechos y datos corroborados por las perforaciones diamantinas han sido considerados para el cálculo de las cimentaciones de presa y para los cálculos en el diseño de la presa de los elementos particulares como el cálculo de profundidad de dentellón en

el eje de presa, o el cálculo alternativo de cortinas de inyecciones de cemento, o un blanket en aguas arriba. Finalmente se optó por la última solución de blanket aguas arriba del cuerpo de presa.

### **Condiciones de Estanqueidad en el Eje de Presa Ucuscancha I, y el Vaso de Embalse**

Teniendo en cuenta los aspectos hidrogeológicos y teniendo las mismas coberturas de suelos aluviales granulares (Q-al) en el lecho y coberturas de suelos fluvio-glaciarios granulares (Q-fg) en las laderas, más el basamento rocoso que está únicamente representado por la secuencia sedimentaria calcárea mesozoica denominada Formación Chambará (Trs-ch), además de una conformación de vaso, con buenas condiciones estructurales de estratificación del paquete sedimentario calcáreo para el vaso, se puede afirmar que existen buenas condiciones de estanqueidad en este.

No están presentes síntomas ni evidencias del fenómeno de "carsticidad" por lo que se puede afirmar que no debe haber conexiones hidráulicas hidrogeológicas ni superficiales con microcuencas aledañas.

### **Condiciones Geológicas en la Presa Ucuscancha I y El Vaso De Embalse**

Desde el punto de vista geomorfológico el área de la Presa Ucuscancha I y del Vaso de Embalse se encuentra en el Valle Fluvio-glacial de la Quebrada Ucuscancha, de formas y perfil irregular, toscamente en perfil "U", disectado por la Quebrada Ucuscancha.

En el área de estudio específico de la Presa Ucuscancha I y del Vaso del Embalse se encuentra también la naciente de la Quebrada Ucuscancha, que resulta de la confluencia en ese lugar de dos quebradas, las Quebradas Pichcapuquio y Antayacu, provenientes desde aguas arriba de las lagunas Lazo Huntay y Chuspicocha.

De esta manera la confluencia de los tributarios y la naciente de la Quebrada Ucuscancha conforman una "Y" griega gruesa y extensa en la que se forma el espacio que ocupara el Vaso del Embalse.

Desde el punto de vista litoestratigráfico, el Basamento Rocoso expuesto en los afloramientos en el área de estudio específico de la Presa Ucuscancha I y del Vaso de Embalse, de acuerdo al mapeo geológico y los resultados de las perforaciones diamantinas, está representado únicamente por la secuencia sedimentaria calcárea mesozoica denominada Formación Chambará (Trs-ch). (Ver Anexo 4).

Sobre estos afloramientos en los estribos del eje de presa, en las laderas de cerros y colinas están presentes coberturas de depósitos cuaternarios de suelos fluvioglaciáricos (Q-fg), depósitos cuaternarios de suelos coluviales (Q-co), mientras que en el cauce de la Quebrada Ucuscancha están presentes depósitos cuaternarios de suelos aluviales (Q-al). (Ver Anexo 5).

Las rocas son duras, macizas, fracturadas, con incipiente "carsticidad", a juzgar por el hecho que no se advierten en el área en los afloramientos presentes indicios inherentes a la "carsticidad" tipo superficie "lapiez", ni vacuolas visibles, ni cavernas pequeñas.

La estratificación con Rumbo de 310° y Ángulo de Buzamiento de 30° SW, es favorable al eje y vaso de la presa y asegura condiciones de impermeabilidad por debajo de 20 - 30 m de profundidad en el Eje de Presa.

La Cobertura de Depósitos de Suelos Cuaternarios, se extiende por las laderas de todos los cerros alrededor del eje y vaso de presa.

El flanco derecho del vaso, que desde el nivel de base del valle se inicia con laderas poco empinadas de material fluvioglaciárico, y finaliza en laderas escarpadas superiores, en la vertiente del macizo rocoso calcáreo.

Desde el nivel de base hasta media ladera, las coberturas gruesas de los depósitos cuaternarios de suelos fluvioglaciáricos (Q-fg) allí presentes, están constituidos de cantos subredondeados y subangulosos con matriz limoarenosa, ocre y marrón claras, con espesor en >20.00 m de acuerdo a los resultados de la perforación diamantina SU-3. Más arriba de estas, sobre laderas muy empinadas, se desarrollan depósitos cuaternarios de

suelos coluviales (Q-co), constituidos por cantos, bloques y gravas angulosas en escasa matriz, que alcanzan espesor en varios metros.

El flanco izquierdo del vaso, desde el nivel de base del valle, completamente se desarrolla sobre laderas poco empinadas de material fluvioglaciario pertenecientes a la Loma Doblecoto, estables.

La Cobertura de Depósitos de Suelos Cuaternarios Fluvioglaciarios (Q-fg) en el flanco izquierdo, están constituidos de cantos subredondeados y subangulosos con matriz limoarenosa, ocre y marrón claras, con espesor en varias decenas de metros, de acuerdo a los resultados de la perforación diamantina SU-1, realizada para el presente estudio, alcanzo 36 m de espesor. de acuerdo a las pruebas de permeabilidad este material tiene rango de permeable a poco permeable.

En el cauce de la Quebrada Ucuscancha está presente un Depósito de Suelos Aluviales (Q-al), conformado por cantos y bolones subredondeados y redondeados con matriz arenosa y arenosa limosa, densas, permeables. Desde aguas arriba hacia aguas abajo en el sector de la presa, de acuerdo a los resultados de la perforación diamantina SU-4, SU-2 y SU-5 se obtuvieron espesores de 19.00 m, 11.00 m y 11.00 m respectivamente, hasta alcanzar el basamento rocoso calcáreo

Desde el subsector del espaldón aguas abajo de la presa el cauce del río se vuelve rocoso calcáreo y en adelante es rocoso a lo largo de todo el cauce hasta la desembocadura en el Río Shullcas. (Ver Anexo 5).

De acuerdo a todo lo descrito el área de la Presa Ucuscancha I, reúne buenas condiciones geológicas, geomorfológicas, litoestratigráficas, hidrogeológicas, de geodinámica externa y de cimentación para la presa. Estas condiciones son extensivas para el Área del Vaso del Embalse.



Figura 10. Vista hacia la margen izquierda del Sector de Eje de Presa. En primer plano depósitos de suelos aluviales (Q-al) en el lecho de la Quebrada Ucuscancha mientras que en las laderas se observan gruesos depósitos de suelos fluvioglaciarios (Q-fg).



Figura 11. Vista desde aguas abajo en el lecho de la Quebrada Ucuscancha en el Sector del Vaso de Presa. En primer plano los depósitos de suelos aluviales (Q-al) en el lecho, en los bordes de la orilla en la margen derecha afloramientos de calizas y margas de la Formación Chambará (Trs-ch) y en las laderas gruesos depósitos de suelos fluvioglaciarios (Q-fg).

#### **4.2.4 Investigaciones geotécnicas**

Las investigaciones geotécnicas del eje de la Presa Ucuscancha I fueron realizadas mediante calicatas, trincheras, perforaciones diamantinas. También, se realizaron calicatas en el vaso de la presa, en las obras hidráulicas (bocatoma, sifón, aliviadero, descarga de fondo, partidor y canales de derivación). Con el objetivo de:

- Conocer las características geotécnicas de los materiales que conforman la cimentación y materiales de canteras.
- Conocer la posición del nivel freático.

#### **4.2.4.1 Exploraciones por medio de calicatas**

Las investigaciones geotécnicas fueron realizadas mediante calicatas y trincheras.

La metodología empleada para realizar la exploración en el área de estudio consistió en ubicar todos los puntos de excavación, con el fin de definir las características geotécnicas del suelo de fundación. Los puntos de exploración antes de la excavación fueron identificados según el código de cada estructura ubicada en la Presa Ucuscancha I, así como, su ubicación espacial en el terreno. En campo se definió realizar la excavación de forma manual y mecánica con una retro excavadora, las dimensiones de las excavaciones fueron de 1.20 m x 3.50 m de sección, con profundidad máxima de 3.0 m y para las trincheras de 1.0 m x 3.0 m superficial. En algunos puntos la excavación fue paralizada debido a encontrar el basamento rocoso o el nivel freático. La forma de la sección se ha definido en tres plataformas de 1.0 m de profundidad cada una.

El material excavado fue depositado en la superficie de manera ordenado, con el fin de separar el tipo de suelos por estrato según el avance de la excavación a profundidad, con el fin de permitir seguridad a auscultar las paredes de suelo y determinar la densidad de campo con el cono de arena.

Finalmente, en cada una de las calicatas y trincheras se realizó el registro de excavación según la norma ASTM D-2488. Así mismo, se tomaron muestras disturbadas de las excavaciones para la ejecución de los ensayos de laboratorio correspondientes, y para lo cual cada muestra fue identificada



convenientemente y embalada en bolsas de polietileno siendo remitidas al laboratorio de mecánica de suelos. (Ver Anexo)

➤ **Ubicación de calicatas en la presa y en el vaso**

La exploración consistió en la ejecución de diecisiete (17) excavaciones a cielo abierto (calicatas) en el área de la presa, considerando siete (07) en el eje de la presa y diez (10) en el área del vaso. Dichas excavaciones fueron distribuidas convenientemente con el fin de caracterizar el suelo de fundación.

Tabla 1

Ubicación de Calicatas – Presa Ucuscancha I

Calicatas	Ubicación	Coordenada		Cota (msnm)	Prof. (m)	Largo (m)	Ancho (m)
		Norte	Este				
CPU-1	Cimentación Presa – Eje de Presa Izquierda	8679370	489950	4298	3.50	3.00	1.50
CPU-6	Cimentación Presa – Eje de Presa Izquierda	8679344	489890	4293	3.8	2.50	1.50
CPU-7	Cimentación Presa – Eje de Presa Derecha	8679328	489800	4288	3.0	3.00	1.50
CPU-2	Cimentación Presa – Eje de presa	8679344	489850	4279	3.0	2.50	1.50
CPU-3	Cimentación Presa – Eje de presa Derecha	8679316	489750	4279	4.0	2.50	1.50
CPU-5	Cimentación Presa - Aguas Abajo	8679248	489890	4282	3.20	2.50	1.50
CPU-4	Cimentación Presa – Aguas arriba	8679395	489850	4282	2.50	2.50	1.50

Tabla 2

Ubicación de Calicatas – Vaso Presa Ucscancha I

Calicatas				Cota (msnm)	Prof. (m)	Largo (m)	Ancho (m)
		Norte	Este				
CVU-1	Vaso – Aguas Arriba izquierda	8679484	489835	4290	3.00	3.00	1.50
CVU-2	Vaso – Aguas Arriba talud frontal	8679512	489847	4290	3.00	3.00	1.50
CVU-3	Vaso – Aguas Arriba talud frontal	8679544	489813	4295	3.00	3.00	1.50
CVU-4	Vaso – Aguas Arriba izquierda	8679558	489829	4299	3.00	3.00	1.50
CVU-5	Vaso - Aguas Arriba derecha	8679408	489818	4274	3.00	3.00	1.50
CVU-6	Vaso – Aguas Arriba derecha	8679456	489783	4288	3.00	3.00	1.50
CVU-7	Vaso – Aguas Arriba derecha	8679503	489763	4302	3.00	3.00	1.50
CVU-8	Vaso – Aguas Arriba derecha	8679546	489763	4298	3.00	3.00	1.50
CVU-9	Vaso – Aguas Arriba izquierda	8679518	489882	4307	3.00	3.00	1.50
CVU-10	Vaso – Aguas Arriba izquierda	8679567	489932	4307	3.00	3.00	1.50

➤ **Registros de Calicatas en la presa**

En los siguientes cuadros se presenta un resumen de los materiales encontrados.

Tabla 3

Registros – Calicatas en la Presa

Calicatas	Profundidad (m)	S.U.C.S.	Contacto Roca (m)	Nivel filtraciones (m)	Tipo de Material
CPU-1	0.00-0.40	OL	N.E.	3m	Limo orgánico o arcilla orgánica
	0.40-3.50	GM			Grava limosa con arena, húmeda con matriz de arena limosa (SMA)
CPU-2	0.00-3.00	GM	N.E	3m	Deposito fluvio glacial
CPU-3	0.00-1.00	OH	N.E	N.E.	Arcilla orgánica
	1.00-2.30	GM			Grava limosa con arena
	2.30-4.00	GP-GC			Suelo grava limo arcilloso
CPU-4	0.00-2.50	GP	N.E	2.5 (*)	Deposito fluvio Glacial
CPU-5	0.00-1.00	GP	N.E	N.E	Deposito fluvio glacial
	1.00-1.60	SP			Deposito fluvio glacial
	1.60-3.20	GP-GM			Deposito fluvio glacial
CPU-6	0.00-2.00	GM	N.E	3m	Grava limosa con arena, húmedo
	2.00-3.80	GP-GM			Grava mal graduada con limo
CPU-7	0.00-0.40	OH	N.E	3m	Arcilla orgánica
	0.40-1.00	CL			Arcilla limosa con grava arena
	1.00-3.00	GP			Grava mal graduada con arena

➤ **Registros de Calicatas en el Vaso**

En los siguientes cuadros se presenta un resumen de los materiales encontrados:

Tabla 4

Registros – Calicatas en el Vaso de la Presa

Calicata	Prof.(m)	S.U.C.S.	Contacto Roca (m)	Nivel Freático (m)	Tipo de Material
CVU-1	0.00-0.50	---	N.E	N.E	Suelo orgánico
	0.50-3.00	GM			Grava limosa con arena
CVU-2	0.00-0.40	OL	N.E	N.E	Suelo Orgánico
	0.40-1.40	SP-SC			Arena mal graduada con arcilla y grava
CVU-3	0.00-0.30	OL	N.E.	N.E	Suelo Orgánico
	0.30-1.50	GP-GC			Deposito Fluvio Glacial
CVU-4	0.00-0.20	OL	N.E.	N.E	Suelo Orgánico
	0.20-1.40	SM			Arena limosa con grava

➤ **Ubicación de las calicatas en otras estructuras**

La exploración consistió en la ejecución de veinte seis (26) excavaciones a cielo abierto (calicatas) en las estructuras complementarias para la Presa, considerando cuatro (04) en la bocatoma, cinco (05) en el tramo alto de la margen derecha del canal, dos (02) en el partidor, uno (01) en el sifón, cuatro (04) en el tramo bajo de la margen derecha del canal, cuatro (04) en la margen izquierda y seis (06) en el Canal Hualahoyo.

En la cimentación de la presa se realizaron las siguientes calicatas:

Tabla 5

Ubicación de Calicatas – Bocatoma Chamiseria

Calicatas	Ubicación	Coordenadas		Cota (msnm)	Prof. (m)	Largo (m)	Ancho (m)
		Norte	Este				
CB-1	Muro de Contención	8672964	482562	3541	1.00	1.50	1.00
CB-2	Barraje	8672973	482550	3540	1.00	1.50	1.00
CB-3	Cuenco Amortiguador	8672987	482521	3538	1.00	1.50	1.00
CB-4	Bocatoma Canal	8672973	482550	3540	2.50	2.50	1.00

Tabla 6  
Ubicación de calicatas - Canal Margen Derecha –tramo alto

Calicatas	Ubicación	Coordenadas		Cota (msnm)	Prof. (m)	Largo (m)	Ancho (m)
		Norte	Este				
CC-1	Tramo de derrumbe	8673025	482414	3553	1.00	1.50	1.00
CC-2	Cruce de quebrada	8672779	481835	3542	1.50	1.50	1.00
CC-3	Tramo de deslizamiento	8672732	481747	3516	1.50	1.50	1.00
CC-4	Cruce de quebrada	8672703	481643	3520	1.50	1.50	1.00
CC-5	Tramo de Reptación	8672400	480610	3507	1.50	1.50	1.00

Tabla 7  
Ubicación de Calicatas – Partidor - Sifón

Calicatas	Ubicación	Coordenadas		Cota (msnm)	Prof. (m)	Largo (m)	Ancho (m)
		Norte	Este				
CP-1	Disipador	8672103	480542	3455	1.20	1.50	1.00
CP-2	Compuerta	8672092	480547	3453	1.50	1.50	1.00
CSF-1	Sifón	8672083	480517	3449	2.50	1.50	1.00

Tabla 8  
Ubicación de Calicatas – Canal Margen Derecha – Tramo Bajo

Calicata	Ubicación	Coordenadas		Cota (msnm)	Prof. (m)	Largo (m)	Ancho (m)
		Norte	Este				
CCD-1	Toma	8672085	480500	3452	2.00	1.50	1.00
CCD-2	Tramo a revestir	8672049	480002	3453	1.50	1.50	1.00
CCD-3	Estructura de compuerta	8671815	479788	3385	1.00	1.00	1.00
CCD-4	Estructura de entrega	8671673	479596	3436	1.40	1.00	1.00

Tabla 9  
Ubicación de Calicatas – Canal Margen Izquierda

Calicata	Ubicación	Coordenadas		Cota (msnm)	Prof. (m)	Largo (m)	Ancho (m)
		Norte	Este				
CCI-1	Toma	8672049	480489	3451	1.50	1.20	1.20
CCI-2	Canal existente a mejorar	8671639	479722	3421	1.20	1.00	1.00
CCI-3	Canal existente a mejorar	8671517	479647	3431	1.50	1.20	1.00
CCI-4	Canal existente a mejorar	8671349	479543	3412	1.00	1.00	1.00

Tabla 10  
Ubicación de Calicatas – Canal Hualahoyo

Calicatas	Ubicación	Coordenadas		Cota (msnm)	Prof. (m)	Largo (m)	Ancho (m)
		Norte	Este				
CCH-1	Tramo a revestir	8671960	476736	3332	1.70	1.50	1.00
CCH-2	Tramo a revestir	8672174	476538	3336	1.10	1.50	1.00
CCH-3	Tramo a revestir	8672389	476291	3325	1.50	1.50	1.00
CCH-4	Tramo a revestir	8672618	476139	3331	0.50	1.00	0.60
CCH-5	Tramo a revestir	8672980	476218	3331	0.50	1.00	0.60
CCH-6	Tramo a revestir	8673100	476488	3336	1.50	1.50	1.00

#### 4.2.4.2 Perforaciones diamantinas

La exploración consistió en la ejecución de cinco (05) perforaciones diamantinas (SU-1 al SU-5), con la finalidad de evaluar las condiciones geotécnicas del subsuelo en el área de emplazamiento de la Presa. (Ver Anexo)

Los objetivos de la exploración mediante perforación diamantina son:

- Determinar el perfil estratigráfico.
- Determinar las propiedades hidráulicas del suelo.
- Determinar las propiedades geotécnicas del perfil estratigráfico.

En el siguiente cuadro se presentan las ubicaciones y profundidades de las perforaciones proyectadas en el subsuelo.

Tabla 11

Ubicación de las perforaciones diamantinas

Perforación Diamantina	Coordenadas		Cota de terreno (msnm)	Profundidad Alcanzada (m)
	Norte	Este		
SU-1	8679302	490012	4297	45.00
SU-2	8679300	489860	4270	35.00
SU-3	8679270	489790	4290	20.00
SU-4	8679409	489840	4270	25.00
SU-5	8679221	489910	4264	25.00

En cada una de las exploraciones, se registraron detalladamente los perfiles estratigráficos y se clasificaron visualmente los suelos, de acuerdo con los procedimientos del Sistema Unificado de Clasificación de Suelos (SUCS).

En los siguientes cuadros se presenta un resumen de los materiales encontrados:

Tabla 12

Registro de Perforaciones Diamantinas SU-1

Tramo Ensayo (m)	Descripción	S.U.C.S.	Tipo	Permeabilidad K (cm/seg)	Rock Quality Designation (RQD)
4.80-5.30	Grava limosa con arena	GM	Lefranc Constant	2.496x10 <sup>-3</sup>	Suelo
9.60-10.00	Grava arenosa	GM	Lefranc Constant	5.935x10 <sup>-4</sup>	Suelo
14.90-15.40	Grava arenosa	GM	Lefranc Constant	1.703x10 <sup>-3</sup>	Suelo
19.90-20.40	Grava arenosa	GM	Lefranc Constant	1.314x10 <sup>-3</sup>	70%
25.80-26.30	Grava arenosa	GM	Lefranc Constant	1.923x10 <sup>-3</sup>	60%
29.50-30.00	Grava arenosa	GM	Lefranc Constant	2.674x10 <sup>-3</sup>	100%
34.50-36.00	Grava arenosa	GM	Lefranc Constant	2.562x10 <sup>-3</sup>	60%
36.90-40.40	Margas /Lutitas Bituminosas	Roca	Lefranc Constant	2.350x10 <sup>-3</sup>	25%

Tabla 13

Registro de Perforaciones Diamantinas SU-2

Tramo Ensayo (m)	Descripción	S.U.C.S.	Tipo	Permeabilidad K (cm/s)	Rock Quality Designation (RQD)
4.95-5.45	Grava limosa con arena	GM	Lefranc Variable	9.796x10 <sup>-4</sup>	Suelo
10.50-11.00	Grava limosa con lentes de arcilla	GM	Lefranc Variable	7.422x10 <sup>-4</sup>	Suelo
19.50-20.20	Arenisca calcárea	Roca	Lefranc Variable	1.7787x10 <sup>-4</sup>	50%
25.40-26.10	Arenisca calcárea/Marga	Roca	Lefranc Variable	5.106x10 <sup>-4</sup>	50%
30.20-30.80	Arenisca calcárea/Marga	Roca	Lefranc Variable	2.690x10 <sup>-4</sup>	75%
34.80-35.00	Arenisca calcárea/Marga	Roca	Lefranc Variable	9.232x10 <sup>-5</sup>	100%



Tabla 14

Registro de Perforaciones Diamantinas SU-3

Tramo Ensayo (m)	Descripción	S.U.C.S.	Tipo	Permeabilidad K (cm/s)	Rock Quality Designation (RQD)
5.10-5.60	Arena limosa con gravas	SM	Lefranc Constante	$1.085 \times 10^{-2}$	Suelo
11.10-11.50	Grava limosa con arena	GM	Lefranc Constante	$1.9113 \times 10^{-3}$	Suelo
15.20-15.50	Grava limosa con arena	GM	Lefranc Constante	$2.909 \times 10^{-3}$	Suelo
20.00-20.60	Lutitas	Roca	Lefranc Constante	$1.009 \times 10^{-3}$	50%
25.00-25.30	Lutitas	Roca	Lefranc Variable	$3.796 \times 10^{-4}$	25%

Tabla 15

Registro de Perforaciones Diamantinas SU-4

Tramo Ensayo (m)	Descripción	S.U.C.S.	Tipo	Permeabilidad K (cm/s)	Rock Quality Designation (RQD)
5.00-5.50	Grava limosa con arena	GM	Lefranc Constante	$8.306 \times 10^{-3}$	Suelo
11.00-11.50	Grava limosa con arena	GM	Lefranc Constante	$1.193 \times 10^{-2}$	Suelo
15.00-15.50	Grava limosa con arena	GM	Lefranc Constante	$2.718 \times 10^{-3}$	Suelo
19.80-20.30	Grava limosa con arena	GM	Lefranc Constante	$3.423 \times 10^{-3}$	Suelo

Tabla 16

*Registro de Perforaciones Diamantinas SU-5*

Tramo Ensayo (m)	Descripción	S.U.C.S.	Tipo	Permeabilidad K (cm/seg)	Rock Quality Designation (RQD)
5.00-5.50	Grava limosa con arena	GM	Lefranc Constante	$9.857 \times 10^{-4}$	Suelo
10.00-11.00	Marga negra con intercalación de lutitas	Roca	Lefranc Variable	$7.572 \times 10^{-4}$	50%
14.00-15.00	Lutitas	Roca	Lefranc Constante	$7.999 \times 10^{-4}$	90%
19.00-19.20	Lutitas	Roca	Lefranc Constante	$2.032 \times 10^{-3}$	50%
24.90-25.10	Marga/Arenisca muy fracturada	Roca	Lefranc Constante	$1.292 \times 10^{-3}$	25%

**4.2.4.3 Ensayos de campo:**

**Ensayos de Densidad de Campo en Calicatas**

Para obtener la densidad de los materiales que conforman el talud, se realizaron los ensayos de densidad de campo por el método de cono de arena en tres (03) calicatas, obteniendo una cantidad total de tres (03) densidades. Los resultados de los ensayos de densidad de campo, se encontró densidad seca de 1.85 a 2.05 g/cm<sup>3</sup> y humedad de 12 a 14%, pertenecientes a suelos de compacidad medianamente densa a densos.

Tabla 17

Resumen de densidades realizadas

Calicatas	CPU-6	CPU-2	CPU-3
Profundidad (m)	3.80	3.00	4.00
Densidad Húmeda (g/cm <sup>3</sup> )	2.097	2.35	2.077
Humedad (%)	13.5	14.8	12.4
Densidad Seca (g/cm <sup>3</sup> )	1.85	2.05	1.85
S.U.C.S.	GM	GP	GM

### Permeabilidad de Campo en Calicatas

Las permeabilidades, miden la rapidez con que el agua atraviesa los poros de un suelo. Se realizaron las siguientes permeabilidades en las calicatas:

$$K = \frac{\pi D}{11(t_2 - t_1)} \times L \ln \frac{H_1}{H_2}$$

En el Anexo se presenta los datos y resultados de permeabilidad en función

Tabla 18

Datos de permeabilidad en campo

	CPU-	CPU-3 (s)	CPU-2
T1	0	0	0
1	40	50	20
2	80	100	40
3	120	150	60
4	160	200	80
5	200	250	100
6	240	300	120
7	280	350	140
8	320	400	160
9	360	450	180
10	400	500	200
11	440	550	220
12	480	600	240
T2	520	650	260
D	15 cm	15 cm	15 cm
H1	15 cm	20 cm	20 cm
H2	13.8 cm	17.3 cm	13.0 cm

Tabla 19

Resultados de la determinación de la permeabilidad en campo

Designación	CPU-6	CPU-3	CPU-2
Prof. (m)	3.80	4.00	3.00
D	15 cm	15 cm	15 cm
(cm/s)	$6.86 \times 10^{-4}$	$9.6 \times 10^{-4}$	$7.10 \times 10^{-3}$
S.U.C.S.	Grava limosa con arena (GM)	Grava arcillosa con arena (GC)	Deposito Fluvio Claciar (GP)

### Ensayos Lefranc en las perforaciones

Dada el fracturamiento de la roca investigada se realizaron ensayos de permeabilidad tipo Lefranc en los siguientes tramos de las perforaciones:

Tabla 20

Resultados de la permeabilidad - Ensayos Lefranc SU-1

Tramo Ensayo (m)	Permeabilidad K (cm/s)	Descripción	Grado de Permeabilidad
4.80-5.30	$2.496 \times 10^{-3}$	Grava limosa con arena	Permeable
9.60-10.00	$5.935 \times 10^{-4}$	Grava arenosa	Semi Permeable
14.90-15.40	$1.703 \times 10^{-3}$	Grava arenosa	Permeable
19.90-20.40	$1.314 \times 10^{-3}$	Margas	Permeable
25.80-26.30	$1.923 \times 10^{-3}$	Margas	Permeable
29.50-30.00	$2.674 \times 10^{-3}$	Margas	Permeable
34.50-35.00	$2.562 \times 10^{-3}$	Margas	Permeable
39.90-40.40	$2.350 \times 10^{-3}$	Margas	Permeable

Tabla 21

Resultados de la permeabilidad - Ensayos Lefranc SU-2

Tramo Ensayo (m)	Permeabilidad K (cm/s)	Descripción	Grado de Permeabilidad
4.95-5.45	$9.796 \times 10^{-4}$	Grava limosa con arena	Semi Permeable
10.50-11.00	$7.422 \times 10^{-4}$	Grava limosa con lentes de arcilla	Semi Permeable
19.50-20.20	$1.7787 \times 10^{-4}$	Arenisca calcárea	Semi Permeable
25.40-26.10	$5.106 \times 10^{-4}$	Arenisca calcárea/Margas	Semi Permeable
30.20-30.80	$2.690 \times 10^{-4}$	Arenisca calcárea/Margas	Semi Permeable
34.80-35.00	$9.232 \times 10^{-5}$	Arenisca calcárea/Margas	Semi Permeable

Tabla 22

Resultados de la permeabilidad - Ensayos Lefranc SU-3

Tramo Ensayo (m)	Permeabilidad K (cm/s)	Descripción	Grado de Permeabilidad
5.00-5.50	$8.306 \times 10^{-3}$	Grava limosa con arena	Permeable
11.00-11.50	$1.193 \times 10^{-2}$	Grava limosa con arena	Alta permeabilidad
15.00-15.50	$2.718 \times 10^{-3}$	Grava limosa con arena	Permeable
19.80-20.30	$3.423 \times 10^{-3}$	Grava limosa con arena	Permeable

Tabla 23

Resultados de la permeabilidad - Ensayos Lefranc SU-4

Tramo Ensayo (m)	Permeabilidad K (cm/s)	Descripción	Grado de Permeabilidad
5.10-5.60	$1.085 \times 10^{-2}$	Arena limosa con gravas	Alta permeabilidad
11.10-11.50	$1.9113 \times 10^{-3}$	Grava limosa con arena	Permeable
15.20-15.50	$2.909 \times 10^{-3}$	Grava limosa con arena	Permeable
20.00-20.60	$1.009 \times 10^{-3}$	Lutitas	Permeable
25.00-25.30	$3.796 \times 10^{-4}$	Lutitas	Semi Permeable

Tabla 24

Resultados de la permeabilidad - Ensayos Lefranc SU-

Tramo Ensayo (m)	Permeabilidad K (cm/s)	Descripción	Grado de Permeabilidad
5.00-5.50	$9.857 \times 10^{-4}$	Grava limosa con arena	Semi Permeable
10.00-11.00	$7.572 \times 10^{-4}$	Marga negra con intercalación de lutitas	Semi Permeable
14.00-15.00	$7.999 \times 10^{-4}$	Lutitas	Semi Permeable
19.00-19.20	$2.032 \times 10^{-3}$	Lutitas	Permeable
24.90-25.10	$1.292 \times 10^{-3}$	Marga/Arenizca muy fracturada	Permeable

#### 4.2.4.4 Ensayos de laboratorio de Mecánica de Suelos

Para el análisis de la estabilidad de la presa se requiere identificar el tipo de suelo y sus parámetros resistentes, por lo tanto, se realizarán ensayos estándar y especiales a las muestras representativas extraídas de las calicatas. Estos ensayos tienen la finalidad de identificar y clasificar las muestras de suelo disturbadas, siguiendo los criterios del Sistema Unificado de Clasificación de Suelos (SUCS), y para obtener sus propiedades físicas y para obtener parámetros de resistencia. (Ver Anexo).

Las muestras representativas fueron extraídas y enviadas a ensayar en el Laboratorio Geotécnico de EyP de Ingeniería S.R.L.

A continuación, se describen las normas de la American Society for Testing and Material (ASTM) consideradas para la ejecución de los ensayos en laboratorio:

- Análisis Granulométrico por tamizado      ASTM D-422
- Contenido de Humedad      ASTM D-2216
- Límites de Consistencia      ASTM D-4318
- Clasificación de Suelos SUCS      ASTM D-2487
- Peso Volumétrico de grava      ASTM C-127
- Peso Específico de Sólidos      ASTM D-854
- Proctor Modificado      ASTM D-1557 C
- Densidad Máxima      ASTM.D-4523
- Densidad Mínima      ASTM D-4254
- Permeabilidad de carga variable      ASTM D-5084
- Ensayo de Corte Directo      ASTM D-3080
- Contenido de materia orgánica      ASTM D-2974

Tabla 25

Resultados de los ensayos de clasificación de los suelos

Calicata / Muestra	Prof. (m)	Clasificación S.U.C.S.		Granulometría (%)			Límites (%)				C.H (%)
				G	A	F	L.L	L.P	L.C.	I.P	
CPU-01/ M-1	0.4-3.5	SM	Arena limosa con grava	39.13	43.7	17.17	20.97	-	-	N.P	14.34
CPU-02/ M-1	0.0-3.0	GM	Grava limosa con arena	53.21	44.31	2.48	-	-	-	-	5.07
CPU-03/ M-1/M-2	1.0-2.3	GM	Grava limosa con arena	57.41	12.44	30.15	41.48	30.22	-	11.26	21.90
	2.3-4.0	SC-SM	Arena limo arcillosa con grava	28.05	45.43	26.52	20.16	15.40	16.60	4.76	7.11
CPU-05/ M-1	1.6-3.2	GP-GM	Grava limosa mal gradada con arena	50.71	42.11	7.18	18.13	-	-	N.P	5.75
CV-01/M-1	0.5-3.0	GM	Grava limosa con arena	46.1	40.91	12.99	19.84	-	-	N.P	10.99

Abreviaturas

F: Finos; A: Arena; G: Grava

L.L.: Límite líquido; L.C. Límite de Contracción; L.P.: Límite plástico; I.P: Índice plástico

C.H.: Contenido de humedad; SUCS: Sistema Unificado de Clasificación de Suelos

Tabla 26

Resultados de los ensayos de peso volumétrico de la grava y peso

específico de sólidos

Nº	Calicatas	Muestra	Prof. (m)	Peso volumétrico de la grava	Peso Específico de sólidos
1	CPU-01	M-1	0.4 - 3.5	2.652	2.687
2	CPU-02	M-1	0.0 - 3.0	2.617	2.741
3	CPU-03	M-1	1.0 - 2.3	2.622	2.576
		M-2	2.3 - 4.0	2.575	2.634
5	CPU-5	M-1	1.6 - 3.2	2.534	2.745
6	CV-01	M-1	0.5 - 3.0	2.662	-

Tabla 27

Resultados de los ensayos de compactación

Nº	Calicatas	Muestra	Prof. (m.)	SUCS	Próctor Modificado	
					O.C.H (%)	M.D.S <sub>3</sub>
1	CPU-1	M-01	0.4 – 3.5	SM	7.33	2.124
2	CPU-3	M-02	2.3 – 4.0	SC-SM	7.22	2.115
3	CV-07	M-01	0.3 – 2.6	GP-GM	6.48	2.234

Tabla 28

Resultados de los ensayos de permeabilidad en laboratorio

Calicata	Peso específico, $\gamma_v$ (g/cm <sup>3</sup> )	Permeabilidad T20°C (cm/s)	Tipo de Material
CPU-03	2.009	6.43x10 <sup>-5</sup>	Arena limo arcillosa con gravas (SC-SM)

Tabla 29

Resultados de los ensayos de corte directo

Calicata / Muestra	S.U.C.S.	Prof. (m)	$\gamma_v$ (g/cm <sup>3</sup> )	C (Kg/cm <sup>2</sup> )	$\phi$ (°)
CPU-02/M-1	GM	0.0 – 3.5	1.86	0.0	36.6
CPU-03	2.009	6.43x10 <sup>-5</sup>	Arena limo arcillosa con gravas (SC-SM)	Resultados de los ensayos de triaxial no consolidado drenado (UU)	

Calicatas	Muestra	Prof. (m.)	SUCS	Peso Especifico (g/cm <sup>3</sup> )	Parámetros resistentes			
					C' (kPa)	$\phi'$ (°)	C (kPa)	$\phi$ (°)
CPU-01	M-1	0.4 – 3.5	GM	2.171	15	46	22	44
CV-07	M-1	0.3 – 2.6	GP-GM	2.255	20	44	27	43



Abreviaturas:

Prof.: Profundidad

$\gamma$ : Peso específico de la muestra de suelo

$C, C'$  : Cohesión total y efectivo

$\phi, \phi'$  : Ángulo de fricción total y efectivo

SUCS: Sistema Unificado de Clasificación de Suelos

#### **4.2.5 Diseño geotécnico**

##### **4.2.5.1 Selección del eje y área de cimentación de la Presa**

El planeamiento prevé una presa de 55 m de altura el cual alcanzará hasta la cota 4309 msnm. La parte frontal donde se ubican los cierres alternativos del represamiento están conformadas por morrenas poco elevadas separadas por depresiones; en la parte central presenta un corte que constituye el actual desagüe de las quebradas La Virgen y Ucuscancha. Se analizaron tres alternativas de ubicación del eje de la presa, definiendo por consideraciones geológicas geotécnicas el eje ubicado al lado sur de las otras alternativas.

El eje seleccionado sigue el perfil del terreno en su margen derecho ligeramente inclinado con orientación N40E y en margen izquierda sigue las posiciones de la morrena con taludes más pronunciados y orientación N30E.

El estudio de geotecnia define que los suelos de cimentación son apropiados para soportar las cargas que transmitirán la presa y las obras auxiliares y para controlar los flujos de filtración bajo la presa se tendrá que impermeabilizar. El estudio de materiales de construcción del vaso, determina el aprovechar el depósito fluvioglacial existente de manera se incremente el volumen de almacenamiento del vaso.

Las coordenadas del eje seleccionado de la Presa Ucuscancha I son las siguientes:

Tabla 31

#### Coordenadas del eje de la presa Ucuscancha I

PUNTO	NORTE (m)	ESTE (m)
A-1	8679121	489815
A-2	8679419	489838
A-3	8679096	490041
A-4	8679551	490057

#### 4.2.5.2 Perfil estratigráfico

Con base a la información recopilada de las investigaciones geotécnicas y ensayos de campo han sido construidos las secciones y perfiles geotécnicos. Para el presente estudio se han evaluado cuatro (04) secciones geotécnicas.

##### a) Perfil Estratigráfico Longitudinal al Eje de Presa

###### Tramo Izquierdo:

Presenta desde la superficie al depósito coluvial conformado por gravas limosa con arena y arena limosa con gravas, gris claro, compacta, húmedo, ligeramente plástico, denota el 20% de fragmentos y bolones de 15 pulgadas de tamaño máximo, se ha ubicado focos de filtración a 3 m de profundidad. Subyaciendo a los 5 m se encuentra depósito fluvioglacial conformados por la grava mal gradada, subredondeadas con arena y limo, marrón oscuro, compacta, húmeda, presenta 20% de cantos rodados de 8 pulgadas de tamaño máximo, su permeabilidad ensayada de  $10^{-3}$  a  $10^{-4}$  cm/s, indican material poco permeable hasta la profundidad explorada (40.0m). Se ha interceptado la roca marga a 36 m de profundidad, muy fracturada y alterada.

Conforme a lo expuesto en este tramo la presa quedará cimentada una parte en depósito fluvioaluvial y el resto en morrena.

###### Tramo Derecho:

Exploraciones ubicadas a media ladera del estribo derecho, desde su superficie presenta a la grava limosa con intercalaciones de arena limo arcilloso y fragmentos de roca de forma planar y angular. Seguido a la capa superior y hasta la profundidad investigada (20 m) se encuentra la arena arcillo limosa y fragmentos de roca. Ensayos de permeabilidad en la calicata y en la perforación resultan de  $10^{-3}$  cm/s, indicativo de suelos de moderada permeabilidad

Conforme a lo expuesto en este tramo la presa quedará cimentada en depósito coluvial permeable, que para controlar el flujo de filtración por debajo de la cimentación se tendrá que impermeabilizar.

**b) Perfil Estratigráfico Transversal al Eje Longitudinal de La presa**

El Perfil Estratigráfico transversal en la dirección del cauce N10° O presenta desde aguas arriba a aguas abajo una pendiente suave.

**Aguas Arriba:**

La calicata CPU-4 y CPU-2 y las perforaciones SU-2 y SU-4 ubicadas aguas arriba del eje de la presa muestran depósito fluvioglaciario, conformado por gravas, boleas, y bloques subredondeados, en una matriz arena limosa. La profundidad de este depósito en la perforación SU-2 es de 11 y 19 m en la perforación SU-4 por debajo se encuentra la roca margosa fracturada y fragmentada. Las permeabilidades en el depósito fluvial es  $10^{-3}$  cm/seg indicativo de moderadamente permeable, en la roca margosa se encuentra entre  $10^{-4}$  a  $10^{-5}$  cm/s, indicativo de muy poco permeable.

**Fondo de Valle:**

El depósito fluvioglaciario en la calicata CPU-5 presenta el fondo del valle conformado por gravas, boleas y bloques en una matriz arena limosa. Con la perforación SU-5 se encontró el contacto con la roca margosa a la

profundidad de 11 m, En el flanco derecho aflora la roca caliza superficialmente y en el flanco izquierdo el depósito fluvioglacial conformadas por gravas arenosas con limo, cantos rodados de forma subredondeadas. En dicho sector las permeabilidades en el depósito son de  $10^{-3}$  cm/seg y en la roca  $10^{-4}$  cm/s indicativos de suelos de moderada permeabilidad mientras que las rocas son de poca permeabilidad.

#### **Aguas Abajo**

El depósito fluvioglacial en este sector presenta a la grava arenosa, boleos y bloques subredondeados. Aguas abajo del pie del talud de la presa se observa afloramiento de la roca caliza así mismo en el flanco derecho del cauce del río aflora la roca caliza superficialmente y en el flanco izquierdo el depósito fluvioglacial conformadas por gravas arenosas con limo, cantos rodados de forma subredondeadas.

#### **4.2.5.3 Evaluación geotécnica de la cimentación**

##### **Sección Geotécnica A-A**

La Sección Geotécnica sigue el perfil estratigráfico transversal al eje de la presa en la margen derecha. (Ver Anexo 6)

**Resistencia:** La cimentación en el estribo derecho aguas abajo y aguas arriba del eje de presa se cimentará sobre depósito coluvial compuesto por la grava limosa de buenas características de resistencia.

**Permeabilidad:** Las permeabilidades en las calicatas CPU-3 y la perforación SU-3 de  $10^{-3}$  cm/seg indicativos de suelos de moderada permeabilidad.

**Compresibilidad:** El depósito coluvial presenta baja compresibilidad a esfuerzos de carga.

##### **Sección Geotécnica B – B**

La Sección Geotécnica B-B sigue el perfil estratigráfico transversal al eje de la presa en el cauce del río.

**Resistencia:** La cimentación aguas abajo y aguas arriba del eje de presa será el depósito fluvioglaciario, el dentellón se cimentará sobre la roca margosa. Ambos materiales poseen buenas condiciones para la cimentación.

**Permeabilidad:** Ensayos de permeabilidad en el depósito fluvioglaciario, resulta  $10^{-3}$  cm/s. **mientras** que en el basamento rocoso es  $10^{-4}$  y  $10^{-5}$  cm/s indicativos de moderada y poco permeable respectivamente.

**Compresibilidad:** Tanto el depósito fluvioglaciario, como la roca margosa, presentan baja compresibilidad a esfuerzos de carga.

#### **Sección geotécnica C-C**

La Sección Geotécnica C-C sigue el perfil estratigráfico transversal al eje de la presa en la margen izquierda.

**Resistencia:** La cimentación sobre el eje de presa en el estribo izquierdo, será sobre depósito coluvial y morrena. Ambos materiales poseen buenas condiciones para la cimentación.

**Permeabilidad:** Las permeabilidades de los depósitos son del orden de  $10^{-3}$  a  $10^{-4}$  cm/s. indicativos de suelos poco permeables.

**Compresibilidad:** Tanto el depósito coluvial como la morrena presentan baja compresibilidad a esfuerzos de carga.

#### **4.2.5.4 Modelo geotécnico**

En base al perfil estratigráfico y la evaluación de las condiciones del lugar. Se presenta el Modelo Geotécnico de la Presa Ucuscancha I. Con base a la información obtenida partir de las investigaciones de campo, ensayos de

campo y de laboratorio, ha sido construido el modelo geotécnico el cual será empleado en los análisis de estabilidad.

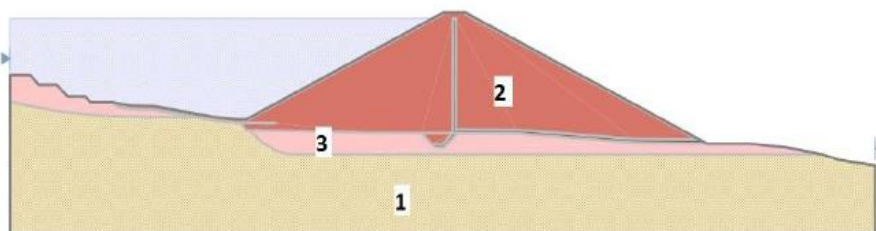


Figura 12. Sección de la presa – modelo geotécnico

**ID MATERIAL**

- 1 Roca Muy Fracturada
- 2 Cimentación
- 3 Cuerpo de Presa

**4.2.5.5 Parámetros de resistencia**

En el siguiente cuadro se presenta un resumen de los parámetros a usar en el análisis de estabilidad física contra deslizamiento de la Presa Ucuscancha I, parámetros que serán ajustados de acuerdo a los resultados de laboratorio.

Tabla 32  
Parámetros Geotécnicos - Sección Geotécnica A-

Ubicación	Material	S.U.C.S.	Densidad Húmeda $\rho$	Permeabilidad (cm/s)	Parámetros Totales		Parámetros Efectivos	
					$c\mu$ (kPa)	$\mu$	$c'$ (kPa)	$\phi'$
Cimentación	Basamento Rocoso Roca Fracturada	---	22	$1 \times 10^{-5}$	100	28	100	28
	Basamento Rocoso Roca Muy Fracturada	---	22	$1 \times 10^{-4}$	50	25	50	25
	Deposito Fluvio Glacial	GP	20	$1.0 \times 10^{-3}$	0	35	0	35
Presa	Grava Arcillosa	GC	20	$1.0 \times 10^{-6}$	5	34	0	36
	Grava Limosa	GM	20	$1.0 \times 10^{-4}$	0	30	0	32
	Enrocado (Colchón Reno)	--	22	1.0	0	38	0	38
	Filtro	GP	20	$1.0 \times 10^{-2}$	0	35	0	35

#### 4.2.5.6 Criterios para el diseño de la presa

Se presentan los siguientes criterios de diseño para el proyecto de la presa:

##### a) Diseño contra desbordamiento

El borde libre será calculado con la siguiente expresión:

$$H_{BL} = H_v + H_r + \Delta + H_s$$

$H_{BL}$  = Altura de borde libre

$H_v$  = Sobreelevación del embalse por el arrastre del agua por el viento

$H_r$  = Altura de rodamiento de la ola

$H$  = Asentamiento máximo de la corona

$H_s$  = Margen de seguridad

##### b) Diseño contra Flujo Incontrolado

Con la revisión existente de las investigaciones geológicas y geotécnicas, se analizará la posibilidad de que se presenten los siguientes fenómenos:

Filtraciones en el vaso que afecte la estanqueidad del reservorio.

Tubificación en el cuerpo y en la cimentación de la presa

Capacidad de retención y drenaje del filtro.

Los filtros deben ser diseñados para cumplir dos funciones básicas.

Debe ser suficientemente permeable. El filtro debe ser cien veces más permeable que el suelo que protege.

La porosidad del filtro debe ser suficientemente fina para impedir el paso de las partículas del material protegido.

##### c) Diseño contra deslizamiento

Se analizará la estabilidad física en condiciones actuales de acuerdo con los modelos geotécnicos elaborados. Cabe mencionar que previo al análisis de

estabilidad se desarrollara el análisis de filtraciones con la finalidad de validar los modelos geotécnicos y la línea de saturación a emplear en los análisis de estabilidad.

Para el desarrollo de los análisis de estabilidad se emplearán la metodología de Spencer principalmente, aunque luego de la evaluación geotécnica se podría emplear algún método alternativo como el de Bishop y Morgenstern & Price.

Se analizarán superficies circulares y compuestas, dependiendo de la presencia de suelos blandos o de elementos que ameriten un análisis de este tipo como es el caso de algún material para impermeabilización y que represente una superficie potencial de falla.

De otro lado se analizarán superficies de falla profundas como superficiales, los resultados de estos análisis permitirán el desarrollo de medidas correctivas de acuerdo al valor que reporte el análisis de estabilidad para cada una de estas superficies.

Los factores mínimos de seguridad a tener en cuenta son

Tabla 33

Factores de seguridad mínimos

Análisis de Estabilidad		Factores de Seguridad Mínimos
Operación	Largo plazo	1.5
	Carga sísmica	1.0
Al final de la construcción		1.3

(\*) Los factores de seguridad mínimos en condición estática y sísmica, son como referencia del cuerpo de ingenieros de EEUU.



#### **4.2.5.7 Estabilidad del Terraplén de la presa**

##### **Metodología de Cálculo**

Para el análisis de estabilidad de taludes de la presa se tomaron en cuenta los siguientes factores: geometría de taludes, parámetros geotécnicos, cargas dinámicas monotónicas inducidas por acción de los sismos, entre otros. A continuación, se describe el método numérico empleado en los análisis.

##### **Método de equilibrio límite**

Este método se basa en la evaluación de resistencia al deslizamiento de un talud, tomando en cuenta ciertas hipótesis en relación al mecanismo de falla, condiciones de equilibrio, nivel freático, resistencia cortante, etc. El método de equilibrio límite supone que en el caso de una superficie de falla las fuerzas actuantes y resistentes son iguales a lo largo de la superficie de falla, esta condición equivale a un factor de seguridad de 1.0; sin embargo, existen valores de factores de seguridad mínimos para considerar que un talud es estable, los cuales varían según las condiciones de análisis.

El método de Equilibrio Límite contempla el análisis de cargas dinámicas monotónicas, mediante la evaluación en condiciones pseudo-estáticas, consiste en adicionar una fuerza horizontal equivalente al peso de la masa a deslizarse multiplicado por un coeficiente sísmico lateral. Esta metodología tiene limitaciones debido a que las estructuras de tierra y taludes se comportan como cuerpos deformables y su respuesta a la excitación sísmica depende de los materiales, de la estructura, de la geometría, de la naturaleza del movimiento, etc., como se evidenció en ensayos a escala natural y en las observaciones de la respuesta durante los sismos pasados. Otro inconveniente es que las fuerzas de inercia horizontales no actúan permanentemente en una dirección, por el contrario, fluctúan tanto en magnitud como en dirección. En consecuencia, si el

factor de seguridad obtenido del análisis de estabilidad toma valores menores que la unidad, este no será evidencia necesaria de que el talud sufrirá una súbita inestabilidad, por otra parte, puede representar que dicho talud simplemente sufra algunas deformaciones de tipo permanente.

Como hipótesis del análisis se consideran que las propiedades de los materiales que conforman las diferentes estructuras analizadas, son homogéneas e isotrópicas y que el colapso se produciría como resultado de fallas simultáneas a lo largo de la superficie de deslizamiento.

El programa SLIDE utilizado en el presente estudio, emplea el método de Equilibrio Límite para calcular el factor de seguridad en taludes de tierra y roca. Este programa tiene la capacidad de modelar tipos heterogéneos de suelo, estratigrafía y geometría de superficie de fallas complejas y condiciones variables de la presión de poros utilizando una gran selección de modelos de suelo. Los análisis pueden realizarse con parámetros determinísticos o probabilísticos. El programa SLIDE está programado para manipular:

- Métodos de búsqueda para la superficie crítica, para superficies de falla circulares y no circulares.
- Materiales múltiples; materiales anisotrópicos, Mohr-Coulomb no lineales.
- Análisis Probabilístico –calcula probabilidad de falla, índice de confiabilidad.
- Nivel freático – superficies piezométricas, factores  $R_u$ , mallas de presión de poros, análisis con elementos finitos del nivel freático, factor  $B_{bar}$  (exceso de presión de poros).
- Grietas de tensión (secas o llenas con agua).
- Cargas externas – lineales, distribuidas o sísmicas.

- Refuerzos – Cuñas de suelos, cuerdas de anclaje, geotextiles, pilotes. Zonas de resistencia infinita (exclusión de superficies de falla).

### **Análisis de filtraciones**

Se han analizado tres secciones de la presa sometidas a filtración de agua desde el embalse, ubicadas en sitios debidamente seleccionados (sección máxima, y dos secciones distribuidas en ambos estribos) para en primer término, evaluar las filtraciones a través, por debajo y alrededor de la presa en cada sitio. En segundo término, calcular la cantidad de agua que se perdería por filtración a través de la presa y su cimentación.

La distribución de las secciones se muestra en la siguiente figura, donde la dirección es mirando aguas abajo del embalse.

Para el análisis se utilizó el programa SLIDE en su versión 6.0.

Para poder ingresar al programa, se seleccionaron primeramente las permeabilidades de la tabla 34 que se muestra a continuación:

Tabla 34

Valores de permeabilidad usados en los análisis de filtración

<b>MATERIAL</b>	<b>K (cm/s)</b>
Filtros (GP)	$1 \times 10^{-3}$
Enrocado (Colchón Reno)	1
CIMENTACIÓN	$1 \times 10^{-4}$
CUERPO DE PRESA (GM)	$1 \times 10^{-5}$
GEOMEMBRANA	$1 \times 10^{-14}$
ROCA MUY FRACTURADA	$5 \times 10^{-5}$

Una vez definidos los valores de permeabilidades a usar, se procedió a determinar los caudales de filtración de cada tramo con el objetivo de obtener el caudal total anual que se infiltrará.

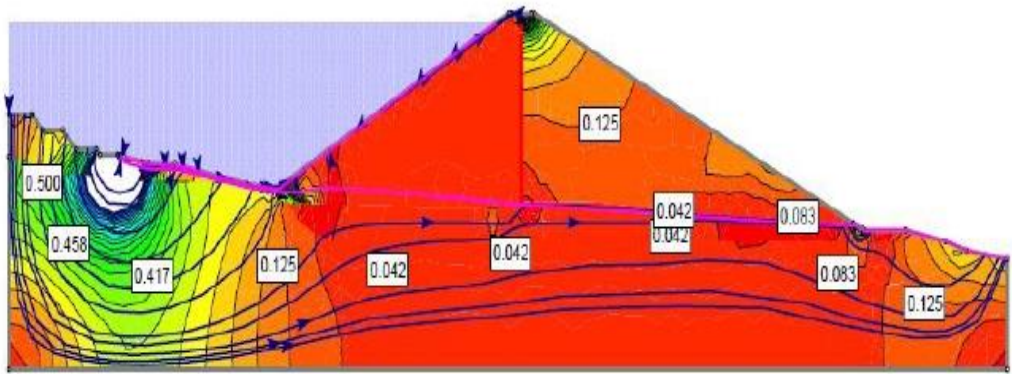


Figura 13. Valores del gradiente hidráulico a lo largo de la presa y su cimentación

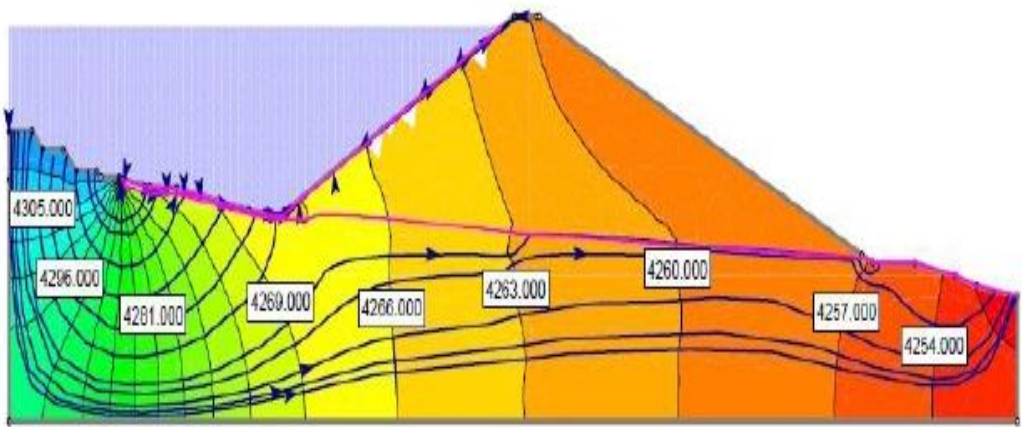


Figura 14. Líneas de corriente y equipotenciales

Tabla 35

Factor de Seguridad contra erosión interna

Progresiva	Zona	Gradiente Hidráulico	Factor de Seguridad >1.4
0+100	Cuerpo de Presa	0.125	8
	Cimentación	0.47	2.1

Los resultados de gradiente hidráulico son menores a 1, por lo cual se concluye que no va existir problemas de erosión interna en el material del cuerpo de Presa Aguas Abajo, así mismo el sistema de drenaje proyectado permitirá que el material del talud aguas abajo no se sature, concluyendo que

no se va a producir una reducción de la resistencia de los materiales que la conforman.

Una vez que se tienen definidos los valores de permeabilidades a usar y considerando los radios de acción que tiene cada sección, se procedió a determinar los caudales de filtración de cada tramo con el objetivo de obtener el caudal total anual que se infiltrará.

Tabla 36

Valores de caudal usados en los análisis de filtración

SECCIÓN		Caudal unitario
Margen Derecha	Dren	$8.5 \cdot 10^{-6} \text{ m}^3 / \text{s}$
	Suelo	$7.0 \cdot 10^{-6} \text{ m}^3 / \text{s}$
Central	Dren	$8.5 \cdot 10^{-6} \text{ m}^3 / \text{s}$
	Suelo	$8.5 \cdot 10^{-6} \text{ m}^3 / \text{s}$
Margen Izquierda	Dren	$8.5 \cdot 10^{-6} \text{ m}^3 / \text{s}$
	Suelo	$8.5 \cdot 10^{-6} \text{ m}^3 / \text{s}$

#### **Estabilidad contra deslizamiento - condición estática y pseudoestática**

Los análisis de estabilidad contra deslizamiento del talud aguas arriba, aguas abajo y desembalse rápido, se realizaron en la sección central tal como se muestra en el Anexo 7, para la condición de construcción.

Para la sección representativa en el área de estudio, se realizaron análisis estáticos y pseudo-estáticos, considerando superficies de falla circulares con áreas de deslizamientos que representan fallas de tipo general.

Para las condiciones actuales, los análisis realizados se han obtenido factores de seguridad considerando fallas de superficies circulares, que involucran el deslizamiento de masas de suelo a lo largo de todo el talud (falla

general) y deslizamientos que comprometen parte del talud (fallas locales). Los resultados de los análisis efectuados se muestran en tabla 37.

Tabla 37

Resumen de los Resultados Obtenidos en el Análisis de Equilibrio Límite para la Presa.

Sección de Análisis	FS		Superficie de Falla
	Estático	Pseudo Estático	
Agua arriba – Final de construcción	1.709	-	General
Desembalse rápido	1.453	-	General
Durante la operación	1.807	1.158	General

Los resultados de los análisis de estabilidad de la presa se desarrollaron considerando la geometría proyectada de diseño (ver tabla 37), obteniendo valores de factores de seguridad (FS) mínimos de 1.807 en la condición estática, y de 1.158 en la condición pseudo-estática. Los resultados expuestos son menores a los mínimos permisibles considerando un deslizamiento de la presa (FS=1.5), con lo cual se concluye que la presa es estática y pseudo-estáticamente estable en la condición de diseño.

#### 4.2.5.8 Análisis de deformaciones permanentes

Para verificar la estabilidad física de la Presa ante un evento sísmico con periodo de retorno de 475 años, ha sido efectuado un análisis de deformaciones a fin de estimar los daños generados durante dicho evento.

Para ello existen diferentes métodos de estimar estas deformaciones. Entre los más comunes se encuentran los llamados métodos simplificados y los métodos numéricos (MEF).

Para el presente análisis fue escogido el método simplificado de Makdisi & Seed (1978). El cálculo de las deformaciones permanentes por el método simplificado de Makdisi & Seed.

La aceleración máxima empleada en dicho análisis ha sido extraída del estudio de peligro sísmico, el cual a través de un análisis probabilístico determino una serie de aceleraciones para diferentes periodos de retorno.

La aceleración considerada corresponde a un periodo de retorno de 475 años es 0.34g, como se muestra en la tabla 38.

Tabla 38

Aceleraciones máximas para diferentes periodos de retorno

Coordenadas	Periodo de Retorno/ Aceleración (g)				
	50	100	475	950	2500
<b>Presa Ucuscancha I (-75.092W, -11.947S)</b>	<b>0.128</b>	<b>0.178</b>	<b>0.347</b>	<b>0.437</b>	<b>0.582</b>

#### **Método simplificado de Makdisi & Seed (1978)**

Considerado un método simplificado, este método calcula deformaciones inducidas, empleando el concepto original propuesto por Newmark (1978) basado en la evaluación de la respuesta dinámica del terraplén en lugar de un comportamiento de cuerpo rígido.

Es uno de los más utilizados debido a lo conservador y confiabilidad de sus resultados en estructuras de mediana altura.

El sismo empleado en el presente análisis ha sido el de Lima – Perú 10/74 N82ºW. A continuación, se presenta el espectro de respuesta inducido para generar las deformaciones en el cuerpo de la presa.

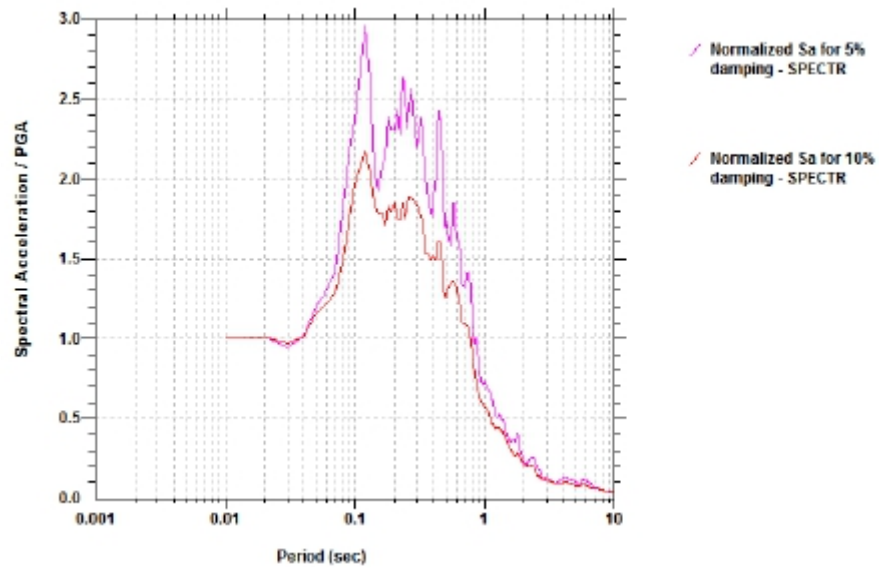


Figura 15. Espectro de aceleraciones - Sismo Lima 1974

Dicho Registro ha sido escalado al valor de 0.34g, que corresponde al valor de la aceleración máxima definida en el estudio de peligro sísmico en la zona del proyecto.

Previo al cálculo de las deformaciones fueron determinadas las aceleraciones de fluencia con auxilio del programa SLIDE versión 6, en base del análisis de estabilidad Pseudoestático; mediante un análisis de sensibilidad estadística.

La metodología consiste en definir como aceleraciones de fluencia a aquellas aceleraciones capaz de conseguir un factor de seguridad igual a 1 para las superficies de fallas ubicadas a una altura de  $H/4$ ,  $H/2$ ,  $3/4H$  y  $H$ .

A continuación, las aceleraciones halladas:



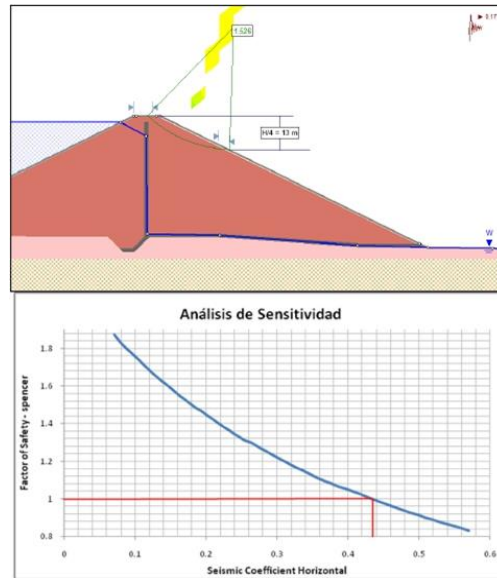


Figura 16. Aceleración de fluencia para una falla  $\gamma=0.25H$  (0.43g)

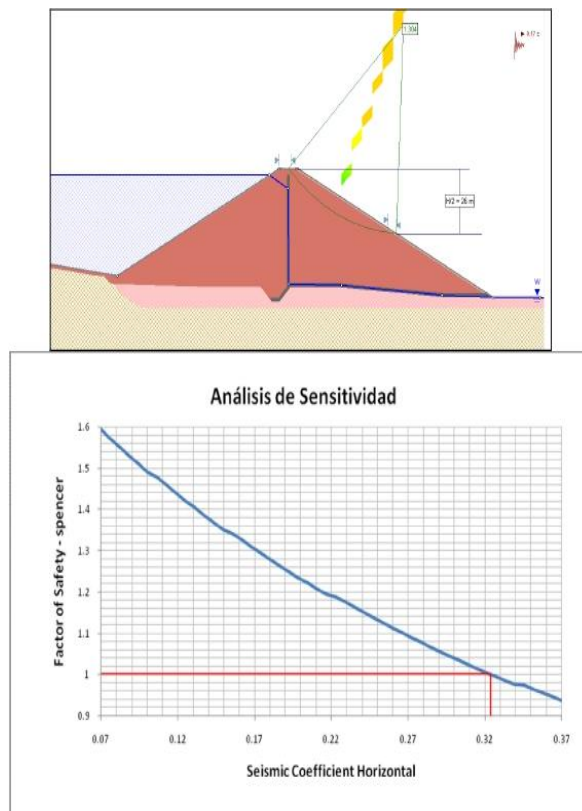


Figura 17. Aceleración de fluencia para una falla  $\gamma=0.5H$  (0.32g)

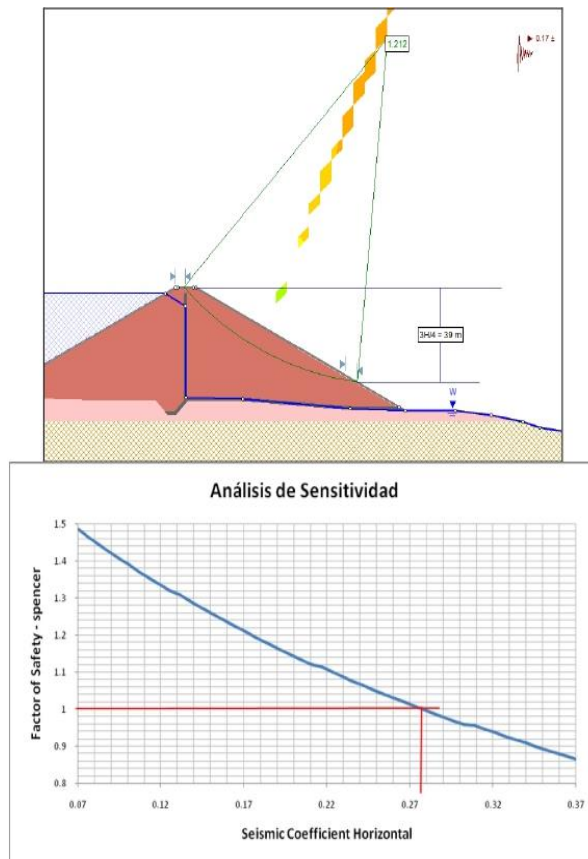


Figura 18. Aceleración de fluencia para una falla  $\gamma=0.75H$  (0.28g)

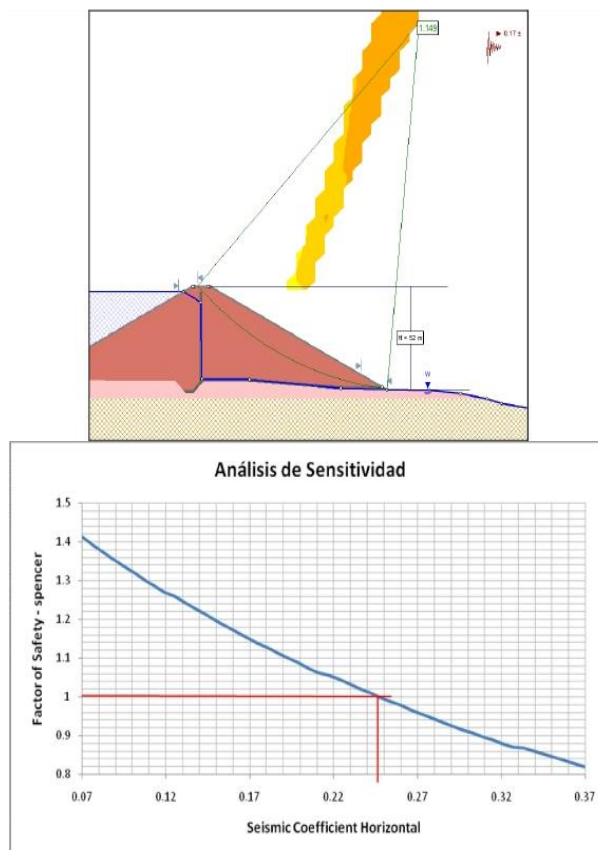


Figura 19. Aceleración de fluencia para una falla  $\gamma=H$  (0.24g)

Tabla 40

Aceleraciones de fluencia (Ky)

Altura	Ky
H/4	0.43
H/2	0.32
3H/4	0.28
H	0.24

En la tabla 41 se presenta un resumen de las deformaciones obtenidas a través del método de Makdisi & Seed (1978), evaluadas en el talud aguas debajo de la Presa.

Ms=7.9

PGA=0.34g

Tabla 41

Deformaciones estimadas con el método de Makdisi & Seed (1978)

y/H	Ky	Kmax/Umax	Kmax	Ky/Kmax	Deformación Permanente Promedio(cm)	Desplazamiento Admisible (cm) <sup>(1)</sup>	Observ.
0.25	0.43	0.85	0.76	0.56	23.0	100	Conforme
0.50	0.32	0.60	0.54	0.59	17.8	100	Conforme
0.75	0.28	0.43	0.40	0.82	5.6	100	Conforme
1.0	0.24	0.34	0.31	0.78	2.7	100	Conforme

<sup>(1)</sup>Autores como Makdisi & Seed (1978) y Hynes-Griffin & Franklin (1984) sugieren que el valor de la deformación permanente inducida por el sismo no debe ser mayor que 1m.

#### Modelo geotécnico:

El modelo geotécnico se obtuvo de una sección típica la cual representa la presa de agua. La sección fue definida teniendo en cuenta los factores más desfavorables para la estabilidad, de esta manera, se simula las condiciones más perjudiciales en el cálculo de deformaciones en el análisis de estabilidad.

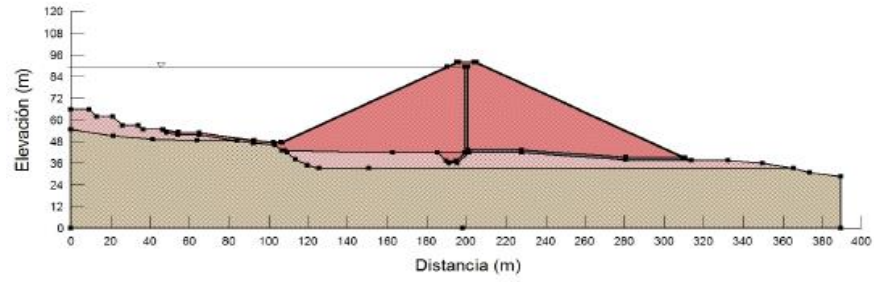


Figura 20. Modelo geotécnico de la presa

### Sismo elegido

El sismo empleado en el presente análisis es el ocurrido en Lima el 3 de octubre de 1974, el cual ha sido catalogado como el último gran terremoto por su gran magnitud e intensidad. El registro utilizado corresponde a la dirección E-W. Con el fin de representar un evento sísmico estimado por el estudio de peligro sísmico para la zona del proyecto, con periodo de retorno  $TR= 475$  años, ha sido necesario escalar el registro de acelerograma de Lima 1974 a una aceleración de  $0.34g$ .

La siguiente figura muestra el Acelerograma de Lima 1974 escalado.

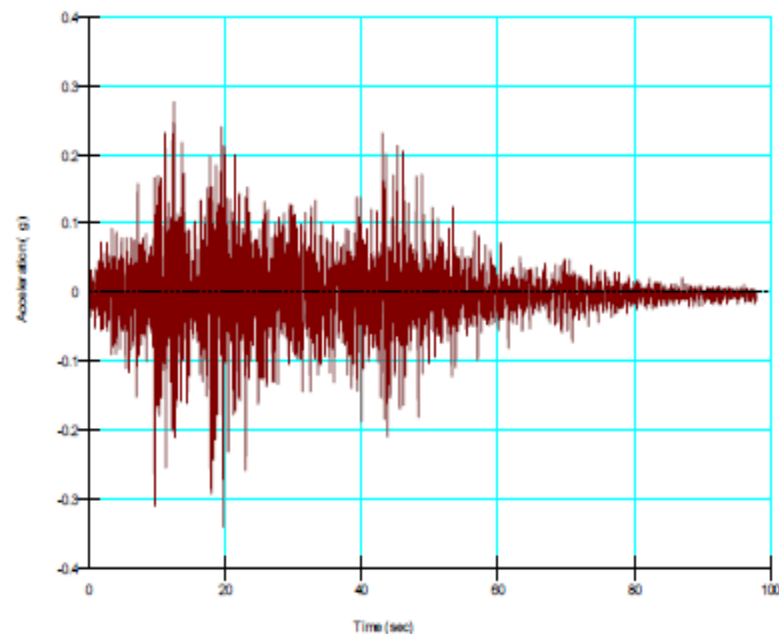


Figura 21. Acelerograma amplificado a una aceleración pico de  $0.34g$

### Evaluación de desplazamiento

El siguiente gráfico, muestra una concentración de los mayores desplazamientos horizontales en la zona del vaso y parte próxima a la corona.

Esto probablemente se deba al hecho que a pesar de tener menores aceleraciones en el vaso que en la base, estos materiales poseen un menor módulo de corte el cual origina en estos una mayor deformación.

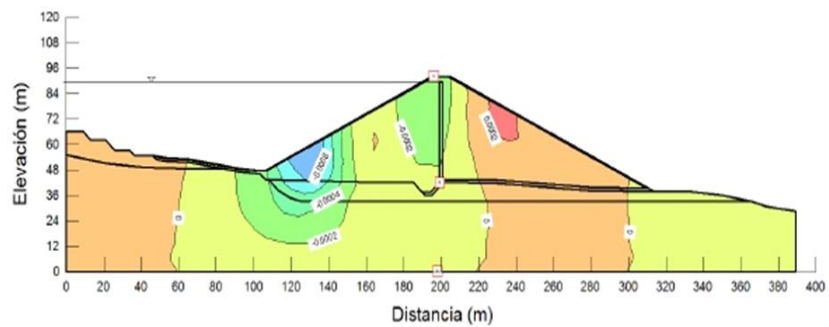


Figura 22. Campo de desplazamientos verticales

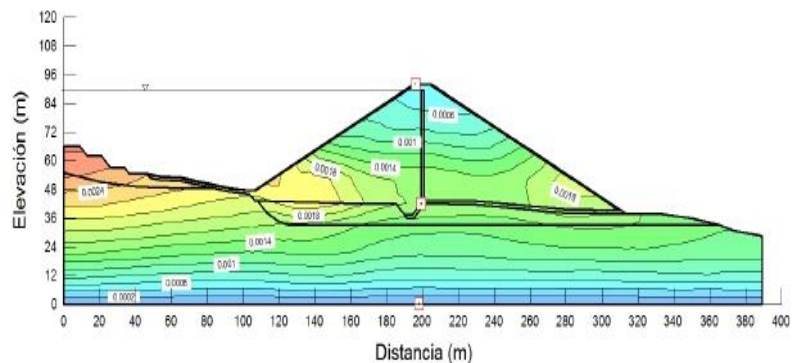


Figura 23. Campo de desplazamientos verticales

#### 4.2.5.9 Análisis de capacidad portante del suelo de fundación

##### a) Propiedades de los suelos

Para fines del presente estudio, se ha realizado ensayos de evaluación geomecánica de la roca, para determinar en base a estos, los parámetros del macizo de manera confiable y realista, asimismo se han efectuado ensayos de corte directo sobre el material que conforma el depósito morrénico (gravas y arenas).

➤ **Propiedades de la Roca**

La densidad o peso unitario de la roca se ha determinado en función a las evaluaciones de las perforaciones realizadas en campo. La siguiente tabla resume el valor promedio obtenido:

Tabla 42

Peso unitario de la roca

Tipo de Roca	Peso Unitario (kN/m <sup>3</sup> )
Roca fracturada (Marga)	22.0

➤ **Clasificación geomecánica de Bieniawski (1979)**

El sistema de valoración del macizo rocoso, RMR (Rock Mass Rating), también conocido como Clasificación Geomecánica, fue desarrollado por Bieniawski y considera cinco parámetros básicos.

Resistencia de la roca., designación de la calidad de la roca (RQD), espaciamiento de discontinuidades, estado de las discontinuidades, condiciones de agua subterránea.

La evaluación realizada al macizo rocoso muestra que la formación rocosa fractura de regular calidad, con RQD entre 25% y 50%.

➤ **Parámetros de resistencia de la roca:**

La evaluación geomecánica ha permitido definir los parámetros de resistencia del Macizo rocoso, los cuales se presentan a continuación:

Tabla 43

Parámetro de resistencia de la roca

Clasificación	Parámetros de Resistencia			
	Efectivos		Totales	
	c' (kN/m <sup>2</sup> )	Ø' (°)	c (kN/m <sup>2</sup> )	Ø (°)
Roca Fracturada	100.0	28.0	100.0	28.0
Roca muy fracturada	50.0	25.0	50.0	25.0

➤ **Propiedades del Suelo**

La densidad o peso unitario del suelo de fundación se ha determinado en función de la densidad IN SITU realizada en campo. En la siguiente tabla se resume el valor promedio obtenido:

Tabla 44

Peso unitario del suelo

Clasificación	Parámetros de Resistencia			
	Efectivos		Totales	
	c' (kN/m <sup>2</sup> )	Ø' (°)	c (kN/m <sup>2</sup> )	Ø (°)
Grava limosa	10	38.0	15	34.0

➤ **Parámetros de resistencia del suelo**

Los ensayos de corte directo realizados a las muestras extraídas de las calicatas y la experiencia del consultor han permitido definir los parámetros de resistencia del suelo de fundación, los cuales se presentan a continuación:

Tabla 45

Parámetros de resistencia del suelo

Tipo de Material	Peso Unitario (kN/m <sup>3</sup> )
Grava Limosa	20.0

**b) Capacidad Portante:**

Considerando que la roca es de regular calidad, se espera que se produzcan concentraciones de esfuerzos internos que reduzcan la resistencia de la roca, por lo que se espera que la condición más desfavorable es la saturada, por lo que se procede a reducir los parámetros de resistencia (cohesión y fricción) mediante las siguientes expresiones:

$$c' = \frac{2}{3}c ; \phi' = \arctan\left(\frac{2}{3}\tan\phi\right)$$

La ecuación básica de capacidad Portante es:

$$q_{ult} = 0.5\gamma B N_{\gamma} s_{\gamma} + q N_q s_q + c N_c s_c$$

Donde:

c : Cohesión.

q : Esfuerzo efectivo de la base del suelo de fundación.

$\gamma$  : Peso Unitario efectivo del Suelo por debajo de la cimentación.

B : Ancho de la cimentación.

N : Factor de Capacidad Portante.

s : Factor de forma (Terzaghi 1943, factores de forma cimentación corrida= 1).

FS : 2.5

RQD : 25%

Los parámetros de resistencia  $c$  y  $\phi$  han sido obtenidos en la condición más crítica (saturado), produciéndose una falla de la cimentación del tipo punzonamiento:

$$\text{Roca: } q_{adm} = \frac{q_{ult}}{F.S.} (RQD)^2$$

$$\text{Suelo: } q_{adm} = \frac{q_{ult}}{F.S.}$$



➤ **Capacidad Portante en Roca:**

Para el cálculo de los factores de capacidad portante en roca, tomaremos como base la formulación planteada por Stagg and Zienkiewicz (1968):

$$N'_c = 5 * \tan^4\left(45 + \frac{\phi'}{2}\right) = 284.92$$

$$N'_q = \tan^6\left(45 + \frac{\phi'}{2}\right) = 430.16$$

$$N'_\gamma = N'_q + 1 = 431.16$$

$$q_{adm} = \frac{28452.18}{2.5} (0.25)^2 = 72.5t/m^2 \approx 7.25Kg/cm^2$$

➤ **Capacidad Portante en Suelo:**

Para el cálculo de los factores de capacidad portante en suelo, tomaremos como base la formulación planteada por Vesic (1973, 1975) y Hansen (1970):

$$N_c = (N_q - 1) \cot \phi' = 29.24$$

$$N_q = e^{\pi \tan \phi'} \tan^2\left(45 + \frac{\phi'}{2}\right) = 15.9$$

$$N_\gamma = 2(N_q + 1) \tan \phi' = 11.6$$

$$q_{adm} = \frac{744.93}{3} = 24.83ton/m^2 \approx 2.48Kg/cm^2$$

c) **Cálculo de Asentamientos elástico**

Todo suelo o roca que soporta una carga experimenta un asentamiento, cuya magnitud depende de la intensidad de la carga y de la compresibilidad del suelo o roca. Los asentamientos que va experimentar el material conformado por roca son debido a la acción de cargas exteriores por las obras hidráulicas. En función a las condiciones de sitio se ha considerado que los asentamientos probables son del tipo, un asentamiento instantáneo:

$$S_T = S_i$$

Dónde.

$S_T$  : Asentamiento Total.

$S_i$  : Asentamiento Inmediato o instantáneo

#### **d) Asentamiento Inmediato Elástico**

El asentamiento se produce debido al cambio de los esfuerzos de corte en el suelo y roca producto de la acción de las cargas actuantes (Obras hidráulicas).

El área cargada desciende, mientras que la superficie del estrato alrededor se levanta, equilibrando el volumen reducido por el hundimiento.

### **4.3 Prueba de hipótesis**

#### **4.3.1 Hipótesis general**

De acuerdo a los resultados obtenidos, se ha demostrado, que las investigaciones geotécnicas realizadas en el área donde se ubica la Presa Ucuscancha I son favorables para la construcción de dicha presa

#### **4.3.2 Hipótesis específicas**

**a)** Ha quedado demostrado que el área de estudio reúne buenas condiciones geológicas, geomorfológicas, litoestratigráficas, de geodinámica externa y de cimentación para la presa. Estas condiciones son extensivas para el área del vaso del embalse y con esto se logrará el diseño adecuado y construcción de la presa.

**b.** Ha quedado demostrado que la evaluación de la capacidad admisible del suelo fundación permite el diseño y construcción de la presa, quedando determinado un tipo de cimentación con dos capacidades admisibles en grava limosa y se recomienda una profundidad de cimentación de cómo mínimo 1.5 m.

**c.** Ha quedado demostrado que, al evaluar los parámetros de resistencia, permeabilidad y compresibilidad, permite el diseño y construcción de la presa ya que los resultados obtenidos de los ensayos de resistencia tienen buenas características de

resistencia, los ensayos de permeabilidad en general dan indicativos de suelos de moderada permeabilidad y los ensayos de compresibilidad baja compresibilidad a esfuerzos de carga.

#### **4.4 Discusión de resultados**

La investigación tuvo como propósito determinar las características geológicas y geotécnicas del suelo donde se emplazarán las estructuras para la construcción de la presa Ucuscancha I.

En base a la exploración realizada en el área de estudio se confirma que el terreno es geomorfológicamente estable. De la misma manera lito estratigráficamente, el basamento rocoso expuesto en los afloramientos en el área de estudio de la Presa Ucuscancha I y del Vaso de Embalse, de acuerdo al mapeo geológico y los resultados de las perforaciones diamantinas, está representado únicamente por la secuencia sedimentaria calcárea mesozoica denominada Formación Chambará (Trs-ch), en ambos casos se corrobora que se logrará el diseño adecuado y la construcción de la Presa Ucuscancha I.

De acuerdo a las consideraciones de la Internacional Building Code (IBC, 2006) y en base a la clasificación de sitio de la ASCE SEI-7-05 del 2016. En las zonas de estudio se encuentran suelos tipo B. De lo anterior se determina en que los depósitos de gravas limosas encontrados alcanzan valores de compacidad. Los ensayos de laboratorio realizados en las muestras de suelos obtenidas de las excavaciones (calicatas) en la presa y vaso, muestran que el suelo superficial está conformado por una grava limosa con arena (GM) y grava limosa mal gradada (GP-GM).

El estudio de geotecnia con base en los resultados de las investigaciones geotécnicas y el conocimiento del perfil estratigráfico en el área de cimentación de la presa, recomienda una profundidad de cimentación de cómo mínimo 1.5 m. Asimismo el estudio de geotecnia define que los suelos de cimentación son apropiados para soportar

las cargas que transmitirán la presa y las obras auxiliares y para controlar los flujos de filtración bajo la presa se tendrá que impermeabilizar.

Los resultados de los análisis de estabilidad física de la presa se realizaron considerando un estado crítico (final de la construcción, desembalse rápido y durante la operación), se ha obtenido valores de factores de seguridad mínimos de 1.453 en la condición estática, y de 1.158 en la condición pseudo-estática, lo cual demuestra que los taludes se encuentran en condición estables

Los coeficientes de permeabilidad para cada material modelado fueron empleados en el análisis de infiltración y que permitió verificar la estabilidad contra procesos de erosión interno, cabe resaltar que dicho análisis permitió definir la inclusión de un blanket en el sector aguas arriba de la presa, la cual permitió disminuir en cierta forma el caudal de infiltración a través de la cimentación. Los resultados obtenidos de los ensayos de permeabilidad en campo, para el suelo representativo en la zona de la presa, presentan permeable a semi permeable del orden de  $10^{-3}$  a  $10^{-5}$  cm/s.

Los parámetros adquiridos de resistencia y utilizados para el modelamiento de los materiales que conformarán tanto el cuerpo de la presa como el suelo de cimentación, se recomienda apoyar las cimentaciones superficiales propuestas sobre roca o suelo, por lo cual, se han obtenido la capacidad de carga admisible en roca a través de la metodología propuesta por Buisman y Terzagui (1943). Los valores más conservadores de capacidad de carga en la roca son de 7.25 kg/cm<sup>2</sup>. Para el suelo se han obtenido la capacidad de carga admisible de 2.48 kg/cm<sup>2</sup>.

Finalmente se concluye que el macizo rocoso presenta condiciones geotécnicas aceptables para el desplante de cimentaciones superficiales.

## CONCLUSIONES

1. La zona de estudio presenta rasgos que se extienden a lo largo de tres unidades geomorfológicas de carácter regional nacional denominadas: la Cordillera Oriental, las Altas Mesetas Centrales y la Depresión de Huancayo.
2. Los terrenos de la Quebrada Ucuscancha en donde se emplaza la Presa se ubican en la Zona Altoandina que se define como terrenos ubicados por encima de 3800 msnm, que corresponde a más de la mitad del área total de la Cuenca de la Quebrada Ucuscancha.
3. Las glaciaciones han dejado nítidos paisajes de morfología glacial en la Zona Altoandina, donde se presenta un conjunto de geoformas típicas como son las vertientes montañosas, predominantemente rocosas, excavadas en amplias secciones de Valle en "U", en las partes altas conteniendo extensas acumulaciones morrénicas de diferente espesor, que fueron deformadas por la erosión post glacial, habiéndose formado a partir de ellas, suelos de diversa constitución principalmente fluvioglaciáricos y aluviales.
4. El Basamento Rocoso en el área específica de estudio de la Presa Ucuscancha I y del Vaso de Embalse está representado únicamente por la secuencia sedimentaria calcárea mesozoica denominada Formación Chambará (Trs-ch).
5. La Cuenca del Río Shullcas, desde el punto de vista de fenómenos de geodinámica externa, puede dividirse en tres zonas: parte superior, parte media y la parte inferior. La parte superior, que se encuentra dentro del área de influencia directa del Nevado Huaytapallana y de las lagunas Lazo Huntay y Chuspicocha, se considera altamente vulnerables. La parte media, abarca desde los sectores de inicio de las quebradas Ucuscancha y Ronda hasta la localidad de Vilcacoto, se considera moderadamente vulnerable. La parte inferior, comprende principalmente el área urbana de la Ciudad de Huancayo, incluidas las áreas adyacentes a la Laguna Huacracocha, se considera que tiene bajo nivel de vulnerabilidad.

6. Como el mayor elemento activo de geodinámica externa se halla la actividad glacial muy próxima a la Falla Huaytapallana, que ha determinado el monitoreo por parte del Estado para controlar los volúmenes de las lagunas existentes al pie del nevado del mismo nombre, entre las que se encuentran las lagunas Lazo Huntay y Chuspicocha
7. Las condiciones hidrogeológicas en área de estudio específico de la Presa Ucuscancha I y del Vaso de Embalse están caracterizadas por la presencia de coberturas de suelos aluviales granulares (Q-al) en el lecho de la quebrada, que de acuerdo a las perforaciones diamantinas ejecutadas en Marzo de 2016 tienen espesor de 0.00 - 19.00 m y coberturas de suelos fluviograciaricos granulares (Q-fg) en ambas márgenes y las laderas de la Quebrada Ucuscancha que alcanzan espesores desde 0.00 m hasta las primeras decenas de metros de espesor.
8. En la perforación diamantina SU-1, en la margen izquierda de la Quebrada Ucuscancha, en la línea del Eje de Presa se alcanzó un espesor de 36.00 m. A través de estos depósitos se desarrolla un flujo hidrogeológico de napa libre superficial.
9. Las coberturas de suelos aluviales granulares (Q- al) en el lecho y coberturas de suelos fluviograciaricos granulares (Q-fg) en las laderas, más el basamento rocoso que está únicamente representado por la secuencia sedimentaria calcárea mesozoica denominada Formación Chambará (Trs-ch), además de una conformación de vaso, con buenas condiciones estructurales de estratificación del paquete sedimentario calcáreo para el vaso, se puede afirmar que existen buenas condiciones de estanqueidad en este.
10. Desde el punto de vista litoestratigráfico, el Basamento Rocosos expuesto en los afloramientos en el área de estudio específico de la Presa Ucuscancha I y del Vaso de Embalse, de acuerdo al mapeo geológico y los resultados de las perforaciones diamantinas, está representado únicamente por la secuencia sedimentaria calcárea mesozoica denominada Formación Chambará (Trs-ch). Sobre estos afloramientos en los estribos del eje de presa, en las laderas de cerros y colinas están presentes coberturas de

depósitos cuaternarios de suelos fluvioglaciáricos (Q-fg), depósitos cuaternarios de suelos coluviales (Q-co), mientras que en el cauce de la Quebrada Ucuscancha están presentes depósitos cuaternarios de suelos aluviales (Q-al).

11. La permeabilidad fisural presente en alrededor de los primeros 20 metros desde la superficie, como se advierte en las cinco perforaciones diamantinas realizadas para el presente estudio en el Eje de la Presa Ucuscancha I, corresponden al fracturamiento estructural producido en el macizo geológico por el tectonismo durante el tiempo geológico.
12. La estratificación con Rumbo de 310° y Ángulo de Buzamiento de 30° SW, es favorable al eje y vaso de la presa y asegura condiciones de impermeabilidad por debajo de 20 - 30 m de profundidad en el Eje de Presa.
13. El área de la Presa Ucuscancha I, reúne buenas condiciones geológicas, geomorfológicas, litoestratigráficas, de geodinámica externa y de cimentación para la presa. Estas condiciones son extensivas para el Área del Vaso del Embalse.
14. Los ensayos de laboratorio realizados en las muestras de suelos obtenidas de las excavaciones (calicatas) en la presa y vaso, muestran que el suelo superficial está conformado por una grava limosa con arena (GM) y grava limosa mal gradada (GP-GM).
15. Las perforaciones SU-1 y SU-5 se encuentran ubicadas en el eje de la presa y han definido un suelo conformado por una grava limosa con arena (GM), con un espesor que varía de 5.5 a 36.0 m. Subyacente a este material se encuentra la roca hasta una profundidad de 40.40 m.
16. Los resultados obtenidos de los ensayos de permeabilidad en campo, para el suelo representativo en la zona de la presa, presentan Permeable a semi permeable del orden de  $10^{-3}$  a  $10^{-5}$  cm/s.
17. Los resultados de los análisis de estabilidad física de la presa se realizaron considerando un estado crítico (final de la construcción, desembalse rápido y durante la operación), se

ha obtenido valores de factores de seguridad mínimos de 1.453 en la condición estática, y de 1.158 en la condición pseudo-estática, lo cual demuestra que los taludes se encuentran en condición estables.

18. Las deformaciones estimadas a través del método de Makdisi & Seed están en el orden de 2.7 a 23.0 cm, siendo estos valores menores a los desplazamientos tolerable propuesto por Makdisi & Seed (1978) y recomendado por la US Army Corps of Engineers. admisibles esperados (100cm).
19. Los tipos de cimentación a emplearse para las estructuras hidráulicas proyectadas en la presa serán definidos por el especialista dependiendo de las cargas transmitidas hacia el suelo de fundación. En el presente estudio se ha considerado un tipo de cimentación con dos capacidades admisibles en grava limosa y la roca, con la finalidad de facilitar la elección de la cimentación más idónea.
20. En base a la exploración realizada en el área de estudio se concluye que el terreno presente en zonas aceptables geomorfológicamente estable. Además, el macizo rocoso presenta condiciones geotécnicas aceptables para el desplante de cimentaciones superficiales.
21. El basamento rocoso, sobre el cual se construirán las obras civiles, está constituido por una roca sedimentaria del tipo margas fracturada para cimentaciones superficiales y excavaciones en la roca.
22. Los parámetros de permeabilidad utilizados para el modelamiento de los materiales que conformarán el cuerpo de la Presa Ucuscancha I, fueron de muestras representativas de las calicatas. Los coeficientes de permeabilidad de los materiales que conforman la cimentación de la presa fueron obtenidos a través de ensayos de campo (Lugeon y Lefranc) realizados en la zona de emplazamiento de la presa. Los coeficientes de permeabilidad para cada material modelado, se presentan en el siguiente cuadro.



.Material	K (cm/s)
Filtros (GP)	$1 \times 10^{-3}$
Enrocado (Colchón Reno)	1
CIMENTACIÓN	$1 \times 10^{-4}$
CUERPO DE PRESA (GM)	$1 \times 10^{-5}$
GEOMEMBRANA	$1 \times 10^{-14}$
ROCA MUY FRACTURADA	$5 \times 10^{-5}$

23. Los parámetros de resistencia utilizados para el modelamiento de los materiales que conformarán tanto el cuerpo de la presa como el suelo de cimentación, se listan para cada uno de los materiales identificados.

Ubicación	Material	Densidad Húmeda $\gamma_3$ (kN/m <sup>3</sup> )	Parámetros Totales		Parámetros Efectivos	
			$c_u$ (kPa)	$\mu$	$c'$ (kPa)	$\phi'$
Cimentación	Basamento Rocosos Roca Fracturada	22	100	28	100	28
	Basamento Rocosos Muy Fracturada	22	50	25	50	25
	Deposito Fluvio Glacial	20	0	35	0	35
Presa	Grava Arcillosa	20	5	34	0	36
	Grava Limosa	20	0	30	0	32
	Enrocado (C. Reno)	22	0	38	0	38
	Filtro	20	0	35	0	35

## RECOMENDACIONES

1. Se recomienda apoyar las cimentaciones superficiales propuestas sobre roca o suelo, por lo cual, se han obtenido la capacidad de carga admisible en roca a través de la metodología propuesta por Buisman y Terzagui (1943). Los valores más conservadores de capacidad de carga en la roca son de 7.25 kg/cm<sup>2</sup>. Para el suelo Se han obtenido la capacidad de carga admisible de 2.48 kg/cm<sup>2</sup> a través de las metodologías propuestas por Meyerhof (1963).
2. Se recomienda para la cimentación de las estructuras y canales considerar la profundidad de desplante en el suelo considerado como granular y en algunos tramos del canal en suelo arcilloso y roca.
3. Se recomienda realizar estudios por métodos geofísicos para determinar los parámetros dinámicos de los diferentes estratos.

## REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

**Quisocala S, (2012).** En la tesis titulado “Evaluación geológica y geotécnica para la construcción de la presa de tierra en la laguna Palccaccota”

**Riveros F, (2018).** En la tesis titulado “Estudio de factibilidad geológico y geotécnico de la presa cachimayo, en el distrito de ascensión, provincia y departamento de Huancavelica”

**Arellano J, (2014).** En la tesis titulado “Estudio geotécnico para la construcción de la presa Tinkiccocha – Apurímac”

**Infante A, (2014).** En la tesis titulado “Estudio geotécnico para el diseño de la presa de Relaves Collparacra Minera Milpa, Ancash-Perú”

**Makdisi & Seed (1978);** normas de la American Society for Testing and Material (ASTM el método simplificado

**Makdisi & Seed (1978),** El cálculo de las deformaciones permanentes por el método simplificado de Makdisi & Seed.

**Newmark (1978);** el concepto original propuesto basado en la evaluación de la respuesta dinámica del terraplén en lugar de un comportamiento de cuerpo rígido.

**Hynes-Griffin & Franklin (1984);** sugieren que el valor de la deformación permanente inducida por el sismo no debe ser mayor que 1m

**Bieniawski (1979);** Clasificación Geomecánica, el sistema de valoración del macizo rocoso, RMR (Rock Mass Rating);

**Stagg and Zienkiewicz (1968);** cálculo de los factores de capacidad portante en roca.

## BIBLIOGRAFIA

**Bautista, G. (2012).** Comparación del coeficiente de permeabilidad obtenidos en el laboratorio con las formulas empíricas de Allen Hazen, Schlichtery Terzagui para arenas del rio Mancoy rio Frio. Bolivia.

**Browles J.E. (1978)** "Manual de Laboratorio de Suelos". Ediciones Lerner Mexico,

**Bieniawski, Z.T (1989),** "Clasificación OfRock Masses For Engineering: The RMR System And Future Trends". Pennsylvania State University.

**Braja M. (2001).** "Fundamentos de la Ingeniería De Geotecnia". California Estate Sacramento

**Delgado V. (1996).** "Ingeniería de Cimentaciones". Editorial Alfa Omega. México

**Díez C. (2015).** Curso de Especialización en Ingeniería de Presas. Universidad de Cantabria.

**Esteva, M.L., (2006),** Criterios Óptimos para Diseño y Mantenimiento de Construcciones en Zonas Sísmicas, Memorias del 1er Simposio Internacional

**Gonzáles de Vallejo I, Ferrer M, Otuño I y Oteo C. (2002)** "Ingeniería Geológica". Editorial Pearson Educación S.A Madrid – España.

**Hoyos, F. (2001).** Diccionario Básico de Geotecnia, Colombia, Editorial Universitaria de Medellín.

**Jambu, N. (1968).** Slope stability computations. Soil mechanics and foundation engineering report, Technical University of Norway, Trondheim.

**Lopez Marinas J M. (2004)** "Geología Aplicada a la Ingeniería Civil". Universidad Politécnica de Madrid.

**López, J. (2000),** Carlos. Manual de sondeos, España, Editorial Universitaria Politécnica de Madrid, 346p.

**Martinez, A. (1979)** “Alteración y Alterabilidad en Geotecnia” Conferencia XIV Aniversario del Dpto. Académico de Geología U.N.I., Lima – Perú.

**Martinez V. A. (1991).** “Geotecnia para Ingenieros “. Editorial UNI. Lima – Perú

**Marengo, M. (2002).** Consideraciones de riesgo de falla en presas Mexicanas, Seminario de Seguridad de Presas, Comisión Nacional del Agua, 5-6 Septiembre, México D.F.

**Rojas, H. (2004).** Estructuras de riesgo: Protección de riberas – Enrocados. Universidad Nacional del Santa. Escuela de Ingeniería Civil.

**Suarez D. (1993).** Fuerzas Actuantes En Una Rebanada. Bucaramanga – Colombia. Editorial Ingeniería de Suelos Ltda.

**Vesic A. (1973)** Análisis de la Capacidad de Carga de Cimentaciones. Superficiales JSMFD, ASCE, Vol. 99.

## **ANEXOS**









**ELABORACIÓN DE ESTUDIO DE INVERSIÓN A NIVEL DE EXPEDIENTE TÉCNICO  
DETALLADO DEL PROYECTO "AFIANZAMIENTO DEL RÍO SHULLCAS CON FINES  
AGRÍCOLAS**

**REGISTRO DE EXCAVACION**

Investigación	: CALICATA	Código	: CCU-4
Ubicación	: Cantera Ucuscancha I	Cliente	:
Coordenada N	: 8678682	Consultor	:
Coordenada E	: 490440	Elaborado por	:
Cota (msnm)	: 4237	Revisado por	:
Ancho (m)	: 1,00	Aprobado por	: Ing. Edwin Fernández
Largo (m)	: 1,50		
Profundidad (m)	: 2,90		
Nivel Freático	:		
Fecha	: 12-04-2016		

		Dh Ds		GRANUL					DESCRIPCIÓN
								OH	0,00 - 0,20 m: Tierra vegetal con
1.0								GC	0,20 - 1,50 m: Grava arcillosa con arena, color marrón oscuro , muy húmeda, plástico, presencia de bloques de roca hasta de 1m. gravas
0									
1.5									
4.0									
0									

**OBSERVACIONES:**

Técnico Responsable

Ingeniero Responsable

**ELABORACIÓN DE ESTUDIO DE INVERSIÓN A NIVEL DE EXPEDIENTE TÉCNICO  
DETALLADO DEL PROYECTO "AFIANZAMIENTO DEL RÍO SHULLCAS CON FINES  
AGRÍCOLAS"**

**REGISTRO DE EXCAVACION**

Investigación : CALICATA Código : CCU-5  
 Ubicación : Cantera Ucuscancha I  
 Coordenada N : 8678658 Cliente :  
 Coordenada E : 490540 Consultor :  
 Cota (msnm) : Elaborado por :  
 Ancho (m) : 1,00 Revisado por :  
 Largo (m) : 1,50 Aprobado por : Ing. Edwin Fernández  
 Profundidad (m) : 3,00  
 Nivel Freático :

Profundidad (m)	D <sub>H</sub>	D <sub>S</sub>	GRANULOMET			DESCRIPCIÓN
0.2						OH 0,00 - 0,20 m: Tierra vegetal conformado por arcilla orgánica, marrón oscuro, denso saturado, gravas con tamaño máxima de 2", presencia de arcillas
1.0						GC 0,20 - 3,00 m: Grava arcillosa con arena y limo,color pardooscuro,plástico, muy húmedo, compacidad medianamendensa, gravas subangulosas con tamaño máximo de 3".
2.0						

OBSERVACIONES:

Técnico Responsable

Ingeniero Responsable

**ELABORACIÓN DE ESTUDIO DE INVERSIÓN A NIVEL DE EXPEDIENTE TÉCNICO  
DETALLADO DEL PROYECTO "AFIANZAMIENTO DEL RÍO SHULLCAS CON FINES  
AGRÍCOLAS"**

**REGISTRO DE EXCAVACION**

Investigación : **CALICATA** Código : **CCU-6**  
 Ubicación : Cantera Ucuscancha I  
 Coordenada N : 8678785 Cliente :  
 Coordenada E : 490270 Consultor :  
 Cota (msnm) : Elaborado por :  
 Ancho (m) : 1,00 Revisado por :  
 Largo (m) : 1,50 Aprobado por : Ing. Edwin Fernández  
 Profundidad (m) : 2,00  
 Nivel Freático :  
 Fecha : 12.04.2016

Profundidad (m)	Dh	Ds	GRANULOMETRÍA				DESCRIPCIÓN
			0,075	0,425	2,0	75,0	
0,0 - 0,4							OH 0,00 - 0,40 m: Tierra vegetal conformado por arcillas orgánicas, marrón oscuro, denso saturado, gravas con tamaño máxima de 2", presencia de arcillas
0,4 - 1,0							GM-G 0,40 - 2,00 m: Grava limo arcillosa con arena, color marrón claro, medianamente suelto, húmeda, plástico, presencia fragmentos de roca, gravas subangulosas con tamaño máximo de 2" .
1,0 - 2,0							

OBSERVACIONES:

Técnico Responsable

Ingeniero Responsable

**ELABORACIÓN DE ESTUDIO DE INVERSIÓN A NIVEL DE EXPEDIENTE TÉCNICO  
DETALLADO DEL PROYECTO "AFIANZAMIENTO DEL RÍO SHULLCAS CON FINES  
AGRÍCOLAS"**

**REGISTRO DE EXCAVACION**

Investigación : CALICATA Código : CCU-7  
 Ubicación : Cantera Ucuscancha I  
 Coordenada N : 8678864 Cliente : Agrorural  
 Coordenada E : 490230 Consultor : Geoservice Ingenieria SAC  
 Cota (msnm) : 4273 Elaborado por : Ing. Thomas Vilca  
 Ancho (m) : 1,20 Revisado por : Ing. Miguel Diaz  
 Largo (m) : 2,00 Aprobado por : Ing. Edwin Fernández  
 Profundidad (m) : 2,00  
 Nivel Freático :

Cota (msnm)	Ancho (m)	Largo (m)	Profundidad (m)	D <sub>H</sub>	D <sub>S</sub>	GRANULOMETRÍA			DESCRIPCIÓN
0.00	1.20	2.00	0.00-0.20						OH 0,00-0,20 m: Cobertura vegetal
1.00	1.20	2.00	0.00 - 2,00						GM-G 0,00 - 2,00 m: Gravilla limo arcillosa sin finos, color mostaza, compacto blando, humedad baja, gravas TM 1/2" en un 70%.

OBSERVACIONES:

Técnico Responsable

Ingeniero Responsable



**REGISTRO DE PERFORACION**

Investigación	: Perforación Diamantina	Inclinación del Sondeo	: Vertical	Cliente	: Agrorural
Identificación	: S-5	Equipo	: LF-70-02	Consultor	: Geoservice Ingeniería S.A.C
Ubicación	: Eje Presa Rio Shullcas	Nivel Freático (m)	: 04.25 mts	Supervisado por	: Elvis Dominguez Seminario
Coordenada N	: 8,679,222.675	Fecha de Inicio	: 12/04/2016	Revisado por	: Luis Mercado
Coordenada E	: 489,912.469	Fecha de Fin	: 20/04/2016	Aprobado por	: Luis Mercado
Cota (msnm)	: 4,264.469			Perforista	: Wilder Chacon
Profundidad	: 25.00 mts			Nro de Cajas	: 6
				Hoja Nro	: 2 de 3

Profundidad (m)	Diametro Perforación	Revestimiento	Nivel Profundico	Color Agua en terreno	Pondosidad de Agua (%)	Descripción	Perfil Geológico	Indice Geológico	Clasificación SUCS	Recuperación (%)	RQD (%)	Grado de Alteración, Dureza y Fracturamiento	Clasificación de Roca	Tipo y Nro Ensayo de Permeabilidad	Permeabilidad (cm/seg)	Nro de Golpes Ensayo SPT	Nro de Cajas (módulo)
11.0		HW				10.00 - 10.50 mts, presencia de grava limosa		Q-al	GM	40	50	A3.03A/F2	Roca tipo IV	LFV 2	7.573E-05		2
12.0						10.50 - 17.80 mts, se tiene la presencia de margas negras con intercalaciones de lutitas grises bituminosas, areniscas calcareas y brechas con cemento calcareo.			GM	100	90	A2.03B/F2	Roca tipo III de regular calidad geomecanica. RMR= 46	LFC 3	7.999E-04		3
13.0																	
14.0						17.80 - 20.00 mts, se tiene la presencia de margas negras con intercalaciones de lutitas grises bituminosas, areniscas calcareas y brechas con cemento calcareo, se encuentra muy fracturado y muy alterado.			GM	100	50	A1.03A/F3	Roca tipo IV de mala calidad geomecanica. RMR= 37	LFC 4	1.032E-03		4
15.0																	
16.0																	
17.0																	
18.0																	
19.0																	
20.0																	



**LEYENDA:**

ALTERACION DE ROCA		DUREZA DE ROCA		FRACTURAMIENTO DE ROCA		CLASIFICACION DE ROCA SEGUN RMR (O ME-ROCK MASS RATING)					
A-1	ROCA NO ALTERADA	D-1	MUY DURA	F-1	POCO FRACTURADA (<1 fractura)	RMR	81-100	61-80	41-60	21-40	0-20
A-2	ROCA POCO ALTERADA	D-2	DURA	F-2	FRACTURADA (1-5 fracturas)	CALIDAD DE ROCA	I	II	III	IV	V
A-3	ROCA MODERADAMENTE ALTERADA	D-3	MODERADAMENTE DURA	F-3	MUY FRACTURADA (5-10 fracturas)						
A-4	ROCA MUY ALTERADA	D-4	LIGERAMENTE DURA	F-4	EXT. FRACTURADA (11-20 fracturas)						
A-5	ROCA COMPLETAMENTE ALTERADA	D-5	BLANDA	F-5	FRAGMENTADA (>20 fracturas)						

Leyenda: Lefranc NC= Ensayo de Permeabilidad Lefranc Nivel Constante

Lefranc NV= Ensayo de Permeabilidad Lefranc Nivel Variable

Ing. Residente  
Geoservice Ingeniería S.A.C.

Ing. Responsable  
Geoservice Ingeniería S.A.C.



**REGISTRO DE PERFORACION**

Investigación	: Perforacion Diamantina	Inclinación del Sondeo	: Vertical	Cliente	: Agrorural
Identificación	: S-5	Equipo	: LF-70-02	Consultor	: Geoservice Ingenieria S.A.C
Ubicación	: Eje Presa Rio	Nivel Freático (m)	: 04.25 mts	Supervisado por	: Elvis Dominguez Seminario
	: Shulcas	Fecha de Inicio	: 12/04/2016	Revisado por	: Luis Mercado
Coordenada N	: 8,679,222.675	Fecha de Fin	: 20/04/2016	Aprobado por	: Luis Mercado
Coordenada E	: 489,912.469			Perforista	: Wilder Chacon
Cota (msnm)	: 4,264.469			Nro de Cajas	: 6
Profundidad	: 25.00 mts			Hoja Nro	: 3 de 3

Profundidad (m)	Dilatación Perforación	Revestimiento	Nivel Freático	Cóbor Agua Normal	Porcentaje de Agua (%)	Descripción	Perfil Geológico	Índice Geológico	Clasificación SUCS	Recuperación (%)	RQD (%)	Estado de Alteración, Dureza y Fracturamiento	Clasificación de Roca	Tipo y Nro Ensayo de Permeabilidad	Permeabilidad (cm/sec)	Nro de Golpes Ensayo SPT	Nro de Capas (módulo)					
21.0						20.00 - 21.00 mts, presencia de margas negras con intercalaciones de lutitas grises bituminosas, areniscas calcareas y brechas con cemento calcareo.	Tri-Ch			100	50	A4AD5F4 Roca tipo IV, mala calidad geomorfológica. RMB= 21		LFC 5	1.292E-03		5					
22.0					21.00 - 23.50 mts, presencia de secuencias de brechas con cemento calcareo e intercalaciones a modo de lentes con areniscas calcareas, se encuentra muy fracturado y muy alterado.				75	25												6
23.0					23.50 - 25.00 mts, presencia de intercalaciones de lutitas grises bituminosas, areniscas calcareas y brechas con cemento calcareo, se encuentra muy fracturado y muy alterado. FIN DE LA PERFORACION.																	



**LEYENDA:**

ALTERACION DE ROCA	DUREZA DE ROCA	FRAGMENTACION DE ROCA	CLASIFICACION REMANENTE (RMR) DE ROCK MASS (RIFM)						
A-1 ROCA NO ALTERADA	D-1 MUY DURA	F-1 POCO FRACTURADA (<1 fract/m)	CALIDAD DE ROCA	RMR	81-100	61-80	41-60	21-40	0-20
A-2 ROCA POCO ALTERADA	D-2 DURA	F-2 FRACTURADA (1-5 fract/m)		I	II	III	IV	V	
A-3 ROCA MODERADAMENTE ALTERADA	D-3 MEDIANAMENTE DURA	F-3 MUY FRACTURADA (5-10 fract/m)	MUY BUENA	BUENA	REGULAR	MALA	MUY MALA		
A-4 ROCA MUY ALTERADA	D-4 LEGERAMENTE DURA	F-4 EXT. FRACTURADA (11-20 fract/m)							
A-5 ROCA COMPLETAMENTE ALTERADA	D-5 BLAVE	F-5 FRAGMENTADA (>20 fract/m)							

Leyenda: Lefrac NC= Ensayo de Permeabilidad Lefrac Nivel Constante

Lefrac NV= Ensayo de Permeabilidad Lefrac Nivel Variable

Ing. Residente  
Geoservice Ingenieria S.A.C.

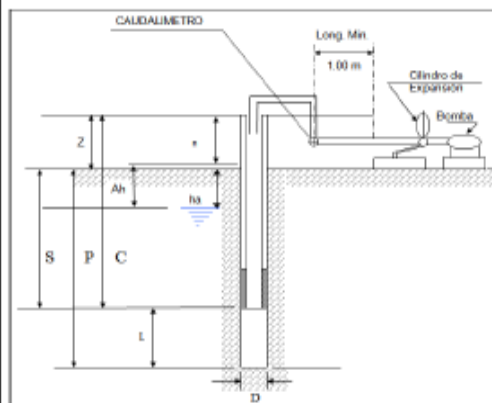
Ing. Responsable  
Geoservice Ingenieria S.A.C.



## REGISTRO DE RECOLECCION DE DATOS - PERMEABILIDADES

Investigación	Perforación Diamantina	Cliente	Agro Rural
Identificación	SU-5	Consultor	Geoservice Ingeniería S.A.C.
Ubicación	Río Shullcas	Elaborador por	Elvis Dominguez Seminario
	Eje de presa	Revisado por	Luis Mercado Perez
Nro de Ensayo	1	Aprobado por	Luis Mercado Perez
Tramo de Ensayo (m)	5.00 - 5.50		
Fecha	12/04/2016		
Hora	10:10 - 10:40 p.m		

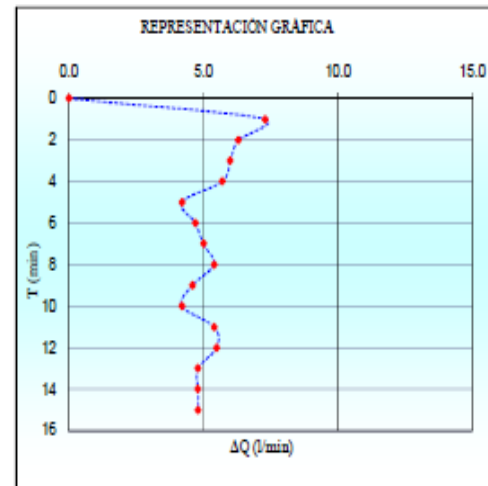
### ENSAYO DE PERMEABILIDAD LE FRANC - NIVEL CONSTANTE



h <sub>a</sub>	Profundidad nivel freático (m)	5.50
	Angulo de inclinación de Sondeo	90
n	Sobraute del revestimiento (m)	0.50
S	Profundidad del revestimiento (m)	5.00
C	Longitud Total del revestimiento (m)	5.50
p	Profundidad del frente de perforación (m)	5.50
L	Longitud del bulbo de ensayo (cm)	50.00
Z <sub>n</sub>	Profundidad agua a nivel constante (m)	0.00
D	Diámetro del bulbo de ensayo (cm)	10.20
H	Sobrecarga hidráulica (cm.)	600.00
	Sobrecarga hidráulica corregida (cm)	600.00
d	Diámetro interno del revestimiento (cm)	9.60
<b>Con Nivel Freático</b>		
H	= h <sub>a</sub> + n - Z <sub>n</sub>	cm

#### TIPO DE ENSAYO: NIVEL CONSTANTE

t (min)	Q(l)	ΔQ(l/min)	t (min)	Q(l)	ΔQ(l/min)
0	10.00	0.00			
1	17.30	7.30			
2	23.60	6.30			
3	29.60	6.00			
4	35.30	5.70			
5	39.50	4.20			
6	44.20	4.70			
7	49.20	5.00			
8	54.60	5.40			
9	59.20	4.60			
10	63.40	4.20			
11	68.80	5.40			
12	74.30	5.50			
13	79.10	4.80			
14	83.90	4.80			
15	88.70	4.80			



#### CÁLCULO DE COEFICIENTE DE PERMEABILIDAD

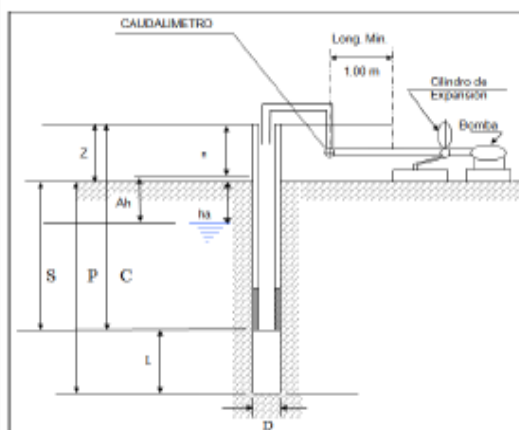
CÁLCULO DEL CAUDAL (Q)		CÁLCULO DE PERMEABILIDAD (K)	
Nivel Constante	Q = <input type="text" value="4.88"/> l/min	CASO I	si: L/D = 0 K = Q / (PI x D x H)
	Q = <input type="text" value="81.39"/> cm <sup>3</sup> /seg	CASO II	si: L/D <= 2 K = Q / (2 x PI x D x H x (L/D + 0.25) <sup>0.5</sup> )
		CASO III	si: L/D > 2 K = Q x ln(2L/D) / (2 x PI x H x L)
		De la relación L/D = <input type="text" value="4.9"/> Por lo tanto, K es igual:	
		CASO III	
		K de Permeabilidad =	9.857E-04 cm / seg

OBSERVACIONES:

Ing. Responsable Geoservice Ingeniería S.A.C	Ingeniero Supervisor Geoservice Ingeniería S.A.C.
---	--

Investigación	: Perforación Diamantina	Cliente	: Agro Rural
Identificación	: SU-5	Consultor	: Geoservice Ingeniería S.A.C.
Ubicación	: Río Shullcas	Elaborador por	: Elvis Domínguez Seminario
	: Eje de presa	Revisado por	: Luis Mercado Pérez
Nro de Ensayo	: 3	Aprobado por	: Luis Mercado Pérez
Tramo de Ensayo (m)	: 14.00 - 15.00		
Fecha	: 12/04/2016		
Hora	: 11:00 - 11:30 p.m		

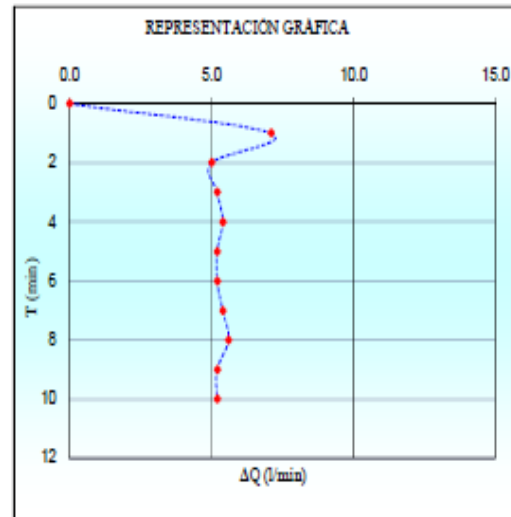
**ENSAYO DE PERMEABILIDAD LE FRANC - NIVEL CONSTANTE**



h <sub>a</sub>	: Profundidad nivel freático (m)	4.75
	: Ángulo de inclinación de Sondeo	90
n	: Sobrante del revestimiento (m)	0.50
S	: Profundidad del revestimiento (m)	14.00
C	: Longitud Total del revestimiento (m)	14.50
P	: Profundidad del frente de perforación (m)	15.00
L	: Longitud del bulbo de ensayo (cm)	100.00
Z <sub>n</sub>	: Profundidad agua a nivel constante (m)	0.00
D	: Diámetro del bulbo de ensayo (cm)	10.20
H	: Sobrecarga hidráulica (cm.)	525.00
	: Sobrecarga hidráulica corregida (cm)	525.00
d	: Diámetro interno del revestimiento (cm)	9.60
	Con Nivel Freático	
H	= h <sub>a</sub> + n - Z <sub>n</sub> cm	

**TIPO DE ENSAYO: NIVEL CONSTANTE**

t (min)	Q(l)	ΔQ(l/min)	t (min)	Q(l)	ΔQ(l/min)
0	9.90	0.00			
1	17.00	7.10			
2	22.00	5.00			
3	27.20	5.20			
4	32.60	5.40			
5	37.80	5.20			
6	43.00	5.20			
7	48.40	5.40			
8	54.00	5.60			
9	59.20	5.20			
10	64.40	5.20			



**CÁLCULO DE COEFICIENTE DE PERMEABILIDAD**

**CÁLCULO DEL CAUDAL (Q)**

Nivel Constante Q =  l/min  
 Q =  cm<sup>3</sup>/seg

**CÁLCULO DE PERMEABILIDAD (K)**

CASO I si: L/D = 0 K = Q / (PI x D x H)  
 CASO II si: L/D <= 2 K = Q / (2 x PI x D x H x (L/D + 0.25)<sup>0.5</sup>)  
 CASO III si: L/D > 2 K = Q x ln(2L/D) / (2 x PI x H x L)

De la relación L/D = 9.8 Por lo tanto, K es igual:  
 CASO III

K de Permeabilidad =  cm / seg

OBSERVACIONES:

Ing. Responsable  
 Geoservice Ingeniería S.A.C

Ingeniero Supervisor  
 Geoservice Ingeniería S.A.C.

## RESULTADOS DE LABORATORIO DE ANALISIS DE MUESTRAS DE MECANICAS DE SUELOS

### RESULTADOS DE LABORATORIO

**PROYECTO** : Afianzamiento Hídrico en el Valle del Río  
Shullcas con fines Agrícolas  
**UBICACIÓN** : Dist. Huancayo, Prov. Huancayo, Región Junín  
**CLIENTE** : **GEOSERVICE INGENIERÍA S.A.C.**  
**SECTOR** : Cimentación presa  
**MUESTRA** : Indicada  
**FECHA** : .2016

### MATERIAL MAS FINO QUE EL TAMIZ N°200 ASTM-C-117

<b>Calicata N°</b>	<b>Muestra N°</b>	<b>Porcentaje pasa</b>
CPU-05	M-01	14.57

Muestra enviada a nuestro laboratorio para su procesamiento.

EyP de Ingeniería S.R.L.

  
César A. Ghezzi  
Ingeniero Civil  
C.I.P. 6314

0227

## RESULTADOS DE LABORATORIO

**PROYECTO:** Afianzamiento Hídrico en el Valle del Río Shullcas  
**con fines Agrícolas**  
**UBICACIÓN :** Dist. Huancayo, Prov. Huancayo, Región Junín  
**CLIENTE :** **GEOSERVICE INGENIERÍA S.A.C.**  
**SECTOR :** Cimentación presa  
**MUESTRA :** Indicada  
**FECHA :** .2016

## CONTENIDO DE HUMEDAD ASTM-D-2216

<b>Calicata</b>	<b>Muestra</b>	<b>w</b>
<b>N°</b>	<b>N°</b>	<b>%</b>
<b>CPU-01</b>	<b>M-01</b>	<b>14.34</b>
<b>CPU-02</b>	<b>M-01</b>	<b>5.07</b>
<b>CPU-03</b>	<b>M-01</b>	<b>21.90</b>
<b>M-02</b>		<b>7.11</b>
<b>CPU-05</b>	<b>M-01</b>	<b>5.75</b>

**Muestras enviadas a nuestro laboratorio para su procesamiento.**

EyP de Ingeniería S.R.L.

  
César A. Vica Ghezzi  
Ingeniero Civil  
C.I.P. 8314

0228

## RESULTADOS DE LABORATORIO

**PROYECTO** : Afianzamiento Hídrico en el Valle del Río Shullcas  
con fines Agrícolas  
**UBICACIÓN** : Dist. Huancayo, Prov. Huancayo, Región Junín  
**CLIENTE** : **GEOSERVICE INGENIERÍA S.A.C.**  
**SECTOR** : Cimentación presa  
**MUESTRA** : Indicada  
**FECHA** : .2016

## ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR DENSÍMETRO ASTM-D-422

Calicata	Muestra	Porcentaje acumulativo que pasa en peso						
		N°	N°4	N°10	N°20	N°40	N°60	N°100
CPU-03	M-01	100.00	90.66	81.32	77.14	73.98	71.22	70.78

Peso Especifico de sólidos ASTM-D-854 P.e.	Diámetro Corregido m.m.	Porcentaje acumulativo que pasa el tamiz N°200
2.576	0.0477	59.07
0.0341		52.53
0.0221		43.05
0.0173		34.55
0.0129		31.94
0.0091		26.38
0.0066		21.48
0.0013		10.89

Muestra enviada a nuestro laboratorio para su procesamiento.

EyP de Ingeniería S.R.L.

César A. Vica Ghezzi  
Ingeniero Civil  
C.I.P. 8314

0229

## RESULTADOS DE LABORATORIO

**PROYECTO** : Afianzamiento Hídrico en el Valle del Río Shullcas  
con fines Agrícolas  
**UBICACIÓN** : Dist. Huancayo, Prov. Huancayo, Región Junín  
**CLIENTE** : **GEOSERVICE INGENIERÍA S.A.C.**  
**SECTOR** : Cimentación presa  
**MUESTRA** : Indicada  
**FECHA** : .2016

## ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR DENSÍMETRO ASTM-D-422

Calicata	Muestra	Porcentaje acumulativo que pasa en peso						
		N°	N°4	N°10	N°20	N°40	N°60	N°100
CPU-03	M-02	100.00	80.46	58.46	47.86	42.42	39.52	36.86

Peso Específico de sólidos ASTM-D-854 P.e.	Diámetro Corregido m.m.	Porcentaje acumulativo que pasa el tamiz N°200
2.634	0.0491	33.43
0.0347		31.82
0.0221		30.86
0.0172		27.95
0.0127		26.98
0.0090		22.47
0.0065		17.96
0.0013		7.51

Muestra enviada a nuestro laboratorio para su procesamiento.

EyP de Ingeniería S.R.L.

César A. Vica Ghezzi  
Ingeniero Civil  
C.I.P. 6314



**0231**

**RESULTADOS DE LABORATORIO**

**PROYECTO** : Afianzamiento Hídrico en el Valle del Río Shullcas  
con fines Agrícolas  
**UBICACIÓN** : Dist. Huancayo, Prov. Huancayo, Región Junín  
**CLIENTE** : **GEOSERVICE INGENIERÍA S.A.C.**  
**SECTOR** : Cimentación presa  
**MUESTRA** : Indicada  
**FECHA** : .2016

**PESO ESPECÍFICO DE SÓLIDOS**  
**ASTM-D-854**

<b>Calicata</b>	<b>Muestra</b>	
<b>N°</b>	<b>N°</b>	<b>P.e.</b>
CPU-01	M-01	2.687
CPU-02	M-01	2.741
CPU-03	M-01	2.576
M-02		2.634
CPU-05	M-01	2.745

Muestras enviadas a nuestro laboratorio para su procesamiento.

EyP de Ingeniería S.R.L.

César A. Vica Ghezzi  
Ingeniero Civil  
C.I.P. 6314



**0232**

**RESULTADOS DE LABORATORIO**

**PROYECTO** : Afianzamiento Hídrico en el Valle del Río Shullcas  
con fines Agrícolas  
**UBICACIÓN** : Dist. Huancayo, Prov. Huancayo, Región Junín  
**CLIENTE** : **GEOSERVICE INGENIERÍA S.A.C.**  
**SECTOR** : Cimentación presa  
**MUESTRA** : Indicada  
**FECHA** : .2016

**MÁXIMAS Y MÍNIMAS**

<b>Calicata gr/cm3 N°</b>	<b>Muestra N°</b>	<b>Grava %</b>	<b>Máxima ASTM-D-4253</b>	<b>Mínima gr/cm3 ASTM-D-4254</b>
CPU-02	M-01	53.21	2.196	1.900
CPU-05	M-01	50.71	2.150	1.853

- Muestras enviadas a nuestro laboratorio para su procesamiento.
- Los resultados obtenidos son promedios de un mínimo de 03 (tres) ensayos en cada caso.
- Ensayos realizados con los porcentajes de grava obtenidos en los análisis granulométricos, respectivos.
- Se utilizaron en los ensayos, moldes de 1 pie<sup>3</sup> de capacidad.

EyP de Ingeniería S.R.L.

César A. Pica Ghezzi  
Ingeniero Civil  
C.I.P. 6314

**0233**

**RESULTADOS DE LABORATORIO**

**PROYECTO** : Afianzamiento Hídrico en el Valle del Río Shullcas  
con fines Agrícolas  
**UBICACIÓN** : Dist. Huancayo, Prov. Huancayo, Región Junín  
**CLIENTE** : **GEOSERVICE INGENIERÍA S.A.C.**  
**SECTOR** : Cimentación presa  
**MUESTRA** : Indicada  
**FECHA** : .2016

**CONTENIDO DE MATERIA ORGÁNICA  
ASTM-D-2974**

<b>Calicata</b>	<b>Muestra</b>	<b>M.O.</b>
<b>N°</b>	<b>N°</b>	<b>%</b>
CPU-03	M-01	4.48

Muestra enviada a nuestro laboratorio para su procesamiento.

EyP de Ingeniería S.R.L.

César A.  Ghezzi  
Ingeniero Civil  
C.I.P. 6314

## PROCEDIMIENTOS DE VALIDACION Y CONFIABILIDAD



UNIVERSIDAD NACIONAL DANIEL ALCIDES CARRION

### FICHA DE VALIDACION DE INSTRUMENTOS DE INVESTIGACION

#### I. DATOS GENERALES

**1.1 Apellidos y Nombres del informante:** Fredy R. SINCHE YAURI

**1.2 Cargo e institución donde labora:** Geólogo de exploraciones -COMPAÑÍA MINERA CONDESTABLE

**1.3 Título de Investigación:** "Evaluación geotécnica para la construcción de la Presa Ucuscancha I, Huancayo-Junín"

**1.4 Autor del instrumento:** Juan Manuel CARLOS QUINTO

**II. Nombre del instrumento:** Hojas de registro de calicatas - Equipo de perforación diamantina, hojas de registro de logueo geológico y geomecanico, hojas registro de laboratorio.

#### ASPECTOS DE VALIDACION

INDICADORES	CRITERIOS	Deficiencia 0 - 20%	Regular 21 -40%	Buena 41 - 60%	Muy Buena 0 - 20%	Excelente 0 - 20%
CLARIDAD	Esta formulado con lenguaje apropiado y formulas exactas.					X
OBJETIVIDAD	Cumple su fin determinar características geológicas-geotécnicas en construcción de la presa					X
ACTUALIDAD	Usa instrumentos y métodos actuales					X
ORGANIZACION	Existe una organización lógica				X	
SUFICIENCIA	Comprende a los aspectos de cantidad y calidad.					X
INTENCIONALIDAD	Es adecuado para determinar los aspectos de estudio				X	
CONSISTENCIA	Basado en aspectos teóricos-científicos.				X	
COHERENCIA	Lleva relación cada aspecto de la tabla					X
METODOLOGIA	La estrategia corresponde al propósito de la investigación					X
OPORTUNIDAD	Genera nuevas pautas en la investigación y construcción de teorías					X

**III. PROMEDIO DE VALIDACION: 94%**

**IV. OPINION DE APLICACIÓN:** Instrumento adecuado, cumple con la función de determinación de características geológicas-geomecánicas

Pasco, 25 agosto 2022	41750768	 Fredy R. Sinche Yauri INGENIERO GEOLOGO N° CIP 203806	996191817
Lugar y fecha	N° DNI	Firma del experto	N° celular

**MATRIZ DE CONSISTENCIA EVALUACIÓN GEOTECNICA PARA LA CONSTRUCCION DE LA PRESA UCUSCANCHA I, HUANCAYTO, JUNIN**

OBJETIVOS GENERAL Y ESPECIFICOS	HIPOTESIS DE INVESTIGACION	VARIABLES	METODOLOGICO	TECNICAS E INSTRUMENTOS
<p><b>OBJETIVO GENERAL</b></p> <p>✓ Determinar las características geológicas y geotécnicas de la zona de evaluación que permita la construcción de la presa Ucuscancha.</p> <p><b>OBJETIVOS ESPECIFICOS</b></p> <p>✓ Obtener información litoestratigrafica, geomorfológica, estructural y geodinámica.</p> <p>✓ Determinar la capacidad admisible del suelo de fundación de la presa.</p> <p>✓ Obtener los parámetros de resistencia, permeabilidad y comprensibilidad.</p>	<p><b>HIPOTESIS GENERICO</b></p> <p>Los resultados de las investigaciones geológicas y geotécnicas realizadas en la zona de evaluación son favorables para la construcción de la presa.</p> <p><b>HIPOTESIS GENERICO</b></p> <p>✓ Adquiriendo la información litoestratigrafica, geomorfológica, estructural y geodinámica se logra el diseño adecuado y construcción de la presa.</p> <p>✓ Al evaluar la capacidad admisible del suelo de fundación de la presa, permite el diseño y construcción de la presa.</p> <p>Si se evalúa los parámetros de resistencia, permeabilidad y comprensibilidad, permite el diseño y construcción de la presa.</p>	<p><b>VARIABLE INDEPENDIENTE</b></p> <p>✓ Evaluación geotécnica.</p> <p><b>VARIABLE DEPENDIENTE</b></p> <p>✓ Diseño del tipo presa</p>	<p><b>TIPO Y DISEÑO DE INVESTIGACION</b></p> <p>El tipo de investigación empleado en el presente estudio, es una investigación descriptiva y analítica aplicada a problemas de reconocimiento geotécnico.</p> <p>Con un diseño no experimental transicional descriptivo, mediante los parámetros geotécnicos obtenidos se empleará para el diseño y construcción de la presa.</p>	<p><b>TÉCNICAS:</b></p> <p>✓ Sondeos y Penetraciones.</p> <p>✓ Excavaciones.</p> <p>✓ Testificación.</p> <p>✓ Muestreo.</p> <p>✓ Ensayos.</p> <p><b>INSTRUMENTOS:</b></p> <p>✓ Brújula Brunton.</p> <p>✓ Wincha (flexómetro).</p> <p>✓ Martillo de geólogo.</p> <p>✓ Sistema de posicionamiento global (GPS).</p> <p>✓ Estación total, con sus accesorios, para levantamiento de topografía.</p> <p>✓ Equipos de laboratorio mecánica de suelos y roca como son: tamices estándares, horno, balanza electrónica, equipo de densidades de campo, entre otros formatos y registros.</p> <p>✓ El equipo utilizado retroexcavadora</p> <p>✓ Equipo de perforación diamantina</p> <p>✓ Guía de análisis documental.</p> <p>✓ Guía de observación</p>







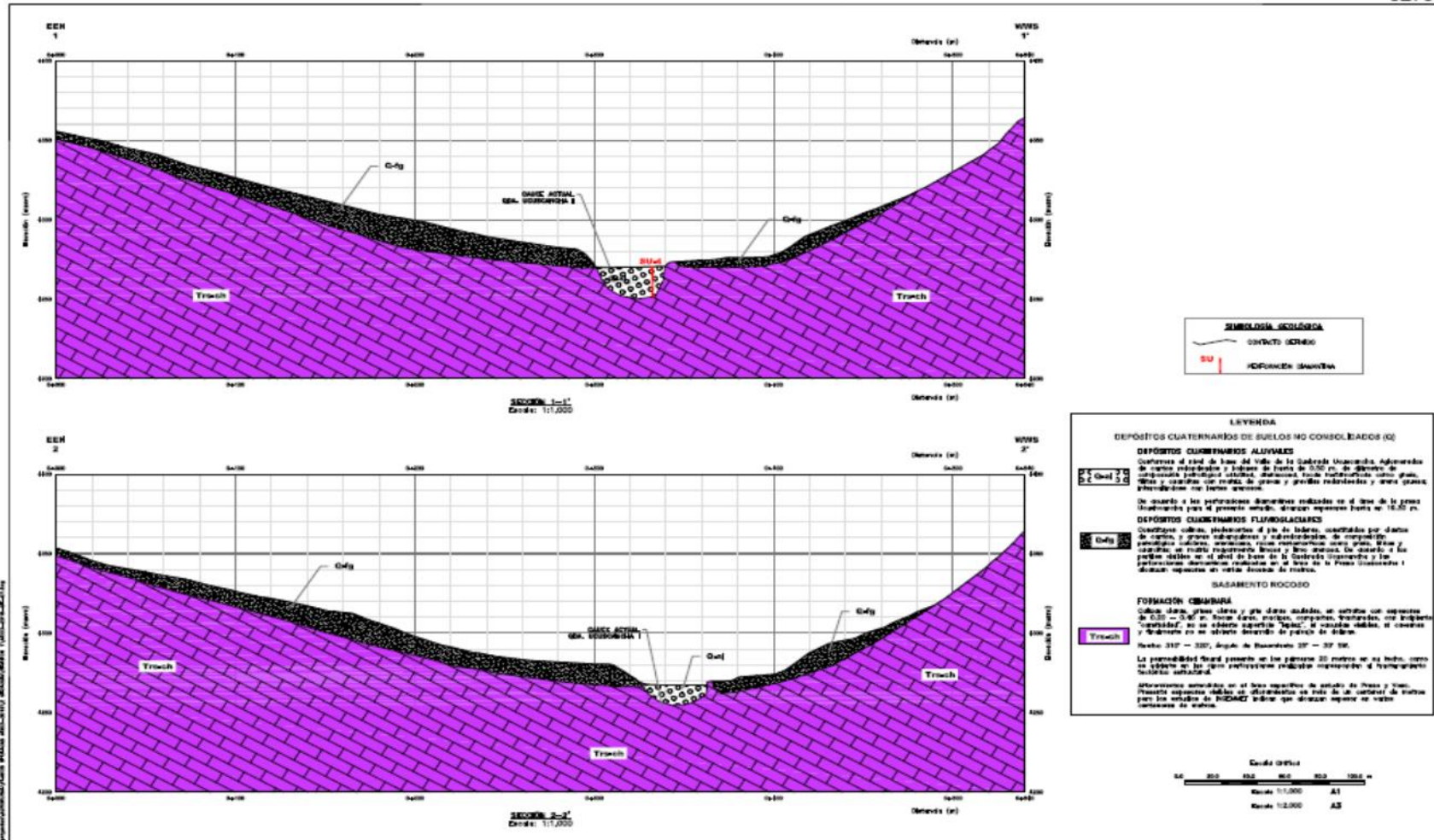






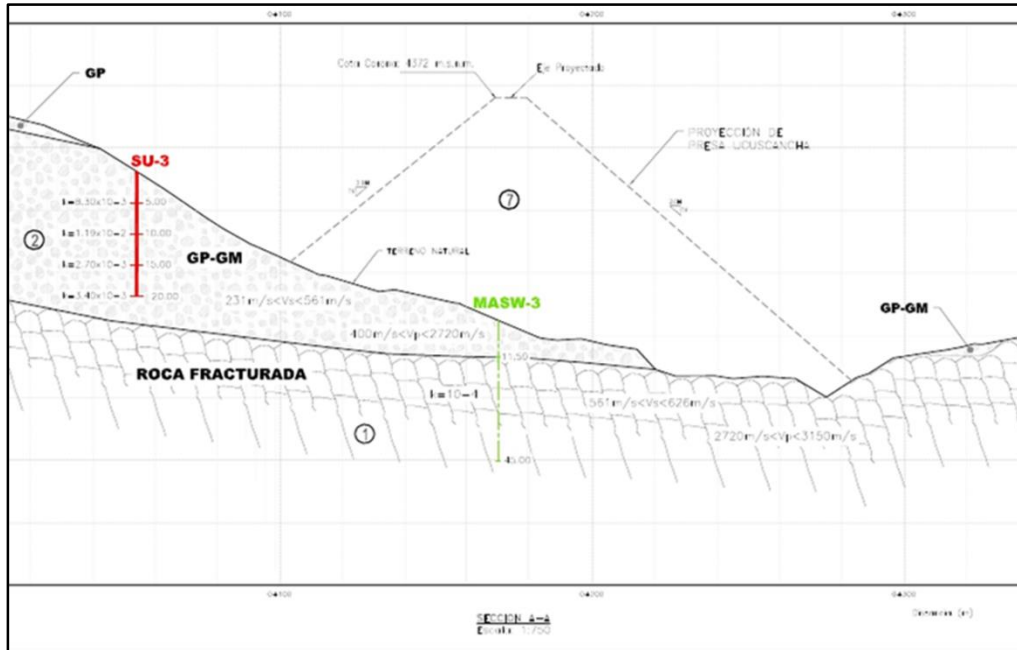


Anexo 5: SECCION GEOLÓGICA DE LA PRESA 1-1` Y 2- 2`

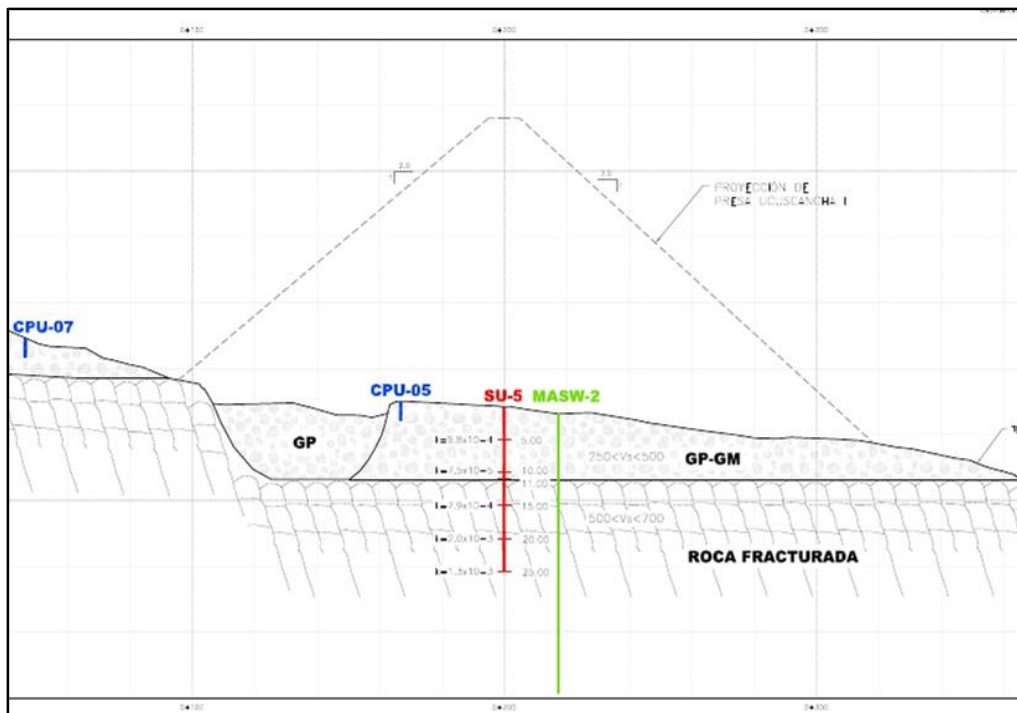


Anexo :6 SECCIONES GEOTÉCNICAS

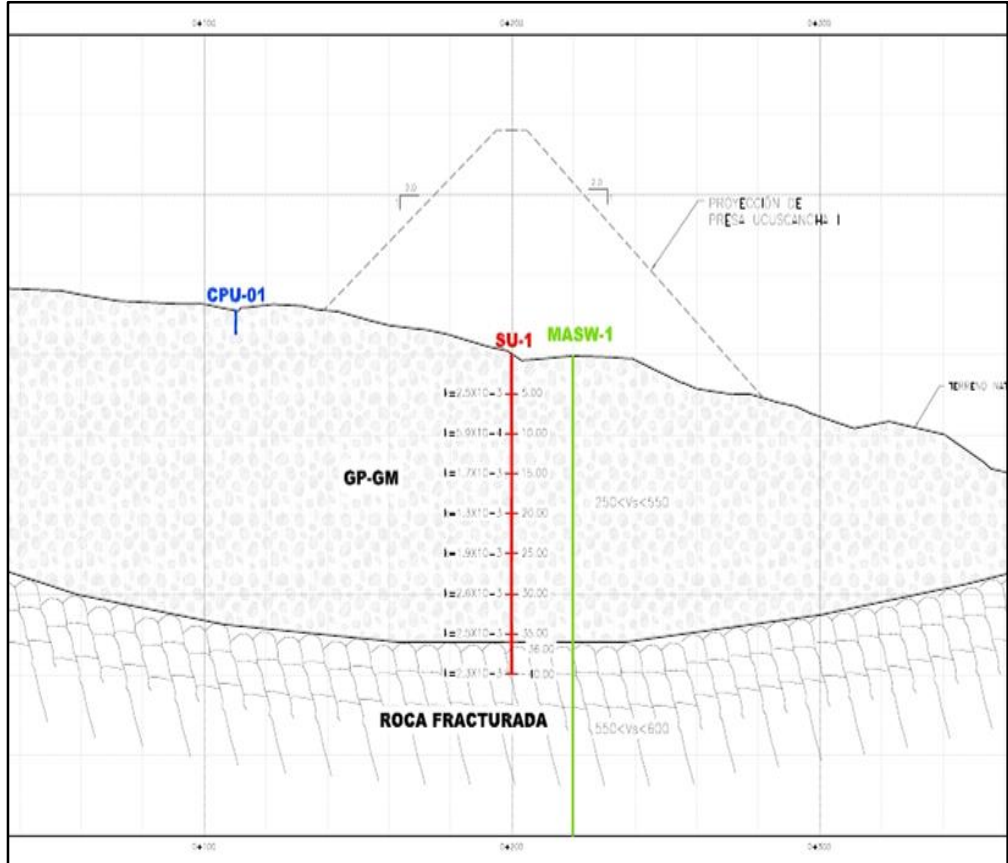
SECCIÓN GEOTÉCNICA A-A'



SECCIÓN GEOTÉCNICA B-B'



# SECCIÓN GEOTÉCNICA C-C'



### Anexo 7: Analisis de estabilidad de la presa

