

ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL

Facultad de Ingeniería en Ciencias de la Tierra

“Diagnóstico del deslizamiento en la conducción de la central
Hidroeléctrica Saucay I”

PROYECTO INTEGRADOR

Previo la obtención del Título de:

INGENIERO CIVIL

Presentado por:

ARIEL ENRIQUE SÁNCHEZ MUÑOZ

CAROLINA DEL ROCÍO ZARUMA PINDUISACA

GUAYAQUIL - ECUADOR

Año – 2020

DEDICATORIA

A mis padres quienes dieron todo de sí y me apoyaron en cada instante de mi vida académica para que así alcanzara el punto en el que me encuentro ahora, les dedico este trabajo.

Ariel Enrique Sánchez Muñoz

DEDICATORIA

La vida no siempre es justa, podemos estar felices sin imaginar que el día siguiente puede ser el peor día de tu vida y que la persona que más amas en el mundo nunca estará otra vez a tu lado. El presente proyecto se lo dedico principalmente a la persona que más amo en el mundo, mi hermosa madre, quien es la persona por quien decidí elegir esta carrera, con mucho dolor me tocó despedirla antes de culminar mis estudios y no pude recibir sus felicitaciones, pero espero que ella se sienta orgullosa y se encuentre siempre feliz. Mi padre y hermana también son muy importantes, ellos me dieron los consejos y apoyo necesario para continuar mis estudios por lo que cualquier logro que consiga, mi familia siempre será la merecedora de las felicitaciones.

Carolina Del Rocío Zaruma Pinduisaca

AGRADECIMIENTOS

Agradezco a la ESPOL por brindarme la oportunidad de perseguir la carrera que me gusta y brindarme las herramientas para fortalecer mis conocimientos sobre ella.

A mi compañera de tesis y buena amiga Carolina, por su paciencia durante la realización de este documento y la amistad brindada durante estos años.

A mis amigos Alejandro, David Cevallos, David Cuenca y Yulexi quiénes fueron una gran compañía durante los últimos años de mi carrera y un buen equipo con el cual trabajar. Y a mis otros amigos que aunque no los nombre aquí contribuyeron al crecimiento académico que he tenido en esta etapa universitaria.

A los profesores que tuvieron la paciencia de impartir el conocimiento que poseían y con el mismo ayudarme a crecer.

Gracias.

Ariel Enrique Sánchez Muñoz

AGRADECIMIENTOS

Siempre estaré infinitamente agradecida con mis padres, ellos han sembrado sus valores y enseñanzas a mi hermana y a mí, mi familia ha sido el pilar principal en mi vida, quienes siempre me han ayudado en todo lo que sea correcto para mi vida.

No puedo dejar de mencionar el agradecimiento de conocer a mis compañeros de carrera y grandes amigos especialmente Ariel, con quienes he compartido gran parte de mi vida universitaria y quienes siempre me han ayudado y apoyado en lo que necesité, me siento feliz de conocer excelentes maestros y amigos en esta etapa de mi vida. Muchas gracias.

Carolina Del Rocío Zaruma Pinduisaca

DECLARACIÓN EXPRESA

“Los derechos de titularidad y explotación, nos corresponde conforme al reglamento de propiedad intelectual de la institución; *Ariel Enrique Sánchez Muñoz* y *Carolina Del Rocío Zaruma Pinduisaca* y damos nuestro consentimiento para que la ESPOL realice la comunicación pública de la obra por cualquier medio con el fin de promover la consulta, difusión y uso público de la producción intelectual”



Ariel Enrique Sánchez
Muñoz



Carolina Del Rocío
Zaruma Pinduisaca

EVALUADORES

.....
PhD. Ing. Miguel Ángel Chávez Moncayo

.....
PhD. Jhonny Richard Encalada Guachun

RESUMEN

La Central Hidroeléctrica Saucay cuenta con un canal de conducción de 9Km de longitud el cual presenta fallas estructurales, especialmente en 400m donde se presenta la zona más crítica (abscisa 7+100 a abscisa 7+500), siendo el sector que se analiza en el siguiente proyecto. Para poder identificar las principales causas que han ocasionado múltiples fallas estructurales en el canal de conducción, se procedió a la recolección y análisis de información sísmica, geológica, geográfica, hidrológica, y estructural. Se desarrolló el análisis probabilístico de los ensayos de distintas calicatas para obtener valores acertados de los parámetros del suelo, los cuales fueron usados en el programa Slide verificar la estabilidad del suelo en distintos escenarios. De manera simultánea se analizó la peligrosidad sísmica y el factor de seguridad de los taludes para comprender el comportamiento del suelo y plantear una solución de estabilización. Para disminuir el proceso de reptación de la zona se plantea el uso de subdrenajes horizontales por debajo de la tubería reduciendo en un 40% el nivel freático, el reemplazo de tuberías de conducción de hierro dúctil es otra de las soluciones para que éstas soporten las sobrepresiones debido a los asentamientos diferenciales.

Palabras claves: Estabilización, taludes, reptación, drenaje.

ABSTRACT

The Saucay Hydroelectric Power Plant has a conduction pipe with a 9 km length, it currently shows structural failures, specially in 400 m where the critical zone is located at (from 7+100 to 7+500), being this zone the one to study in this project. To identify the main causes that have caused multiple structural failures in the conduction channel of the Saucay Hydroelectric Power Plant, seismic, geological, geographic, hydrological, and structural information was collected and analyzed. A probabilistic analysis was performed to the information gathered from different core samples in order to get accurate parameters values from the soil which later were used in the Slide software to verify the slope stability in different scenarios. Simultaneously, the seismic danger and the safety factor of the slopes were analyzed to understand the behavior of the soil and propose a stabilization solution that would reduce the probability of landslides occurring on the road and the conduction channel. To slow down the natural process of soil crawling we proposed to use horizontal underdrains below the conduction pipe to reach a 40% reduction on the water table. And replace the damaged pipes with ductile iron ones.

Key words: *stabilization, slopes, crawling, drainage.*

ÍNDICE GENERAL

Contenido

RESUMEN	I
ABSTRACT	II
ÍNDICE GENERAL	III
ABREVIATURAS	VIII
SIMBOLOGÍA.....	IX
ÍNDICE DE FIGURAS	X
ÍNDICE DE Gráficos.....	XI
ÍNDICE DE TABLAS	XII
ÍNDICE DE PLANOS.....	XIV
CAPÍTULO 1	1
1. INTRODUCCIÓN.	1
1.1 Antecedentes.....	1
Descripción del problema.	2
1.2 Localización	3
1.3 Información relacionada al área de estudio.....	4
1.3.1. Población.....	4
1.3.2. Actividad productiva.....	4
1.3.3. Topografía	4
1.3.4. Clima	5
1.3.5. Flora	5
1.4 Objetivos.....	5
1.4.1. Objetivo general.....	5
1.4.2. Objetivos específicos	5
1.5 Justificación del problema.....	6

1.6 Fundamentación teórica.	6
1.6.1. Propiedades físicas del suelo	6
1.6.2. Ángulo de fricción crítico.....	12
1.6.3. Características de las abscisas del tramo crítico.....	13
1.6.4. Tipos de movimientos en taludes y laderas.	20
1.6.5. Distribución normal en estadística	22
1.6.6. Estabilidad de Taludes.....	22
1.6.7. Drenajes	23
1.6.8. Drenajes artificiales	23
1.6.9. Subdrenajes horizontales	25
1.6.10. Terraceo	27
1.6.11. Tuberías de hierro dúctil fundido	27
1.6.12. Tuberías de hormigón armado.....	27
1.6.13. Estabilización de taludes usando geomallas biaxiales.....	28
1.6.14. Filtros de Geotextil.....	28
1.6.15. Conductividad hidráulica.....	29
CAPÍTULO 2	30
2. DESARROLLO DEL PROYECTO	30
2.1 Metodología	30
2.2 Trabajo de laboratorio	30
Análisis de estabilidad de taludes	31
2.3 Descripción de las alternativas	31
2.3.1. Regeneración de tramos con problemas frecuentes o más afectados, con secciones nuevas de hormigón e impermeabilización del lomo.....	31
2.3.2. Estabilización de taludes adyacentes al canal de conducción con zanjas de drenaje y cortinas impermeabilizantes	32
2.3.3. Diseño de zanja de coronación compuesta de terrazas estabilizadoras con geomalla y vegetación.....	32

Restricciones	34
CAPÍTULO 3	35
3. DISEÑOS Y ESPECIFICACIONES	35
3.1 Diseños.....	35
Análisis de la amenaza sísmica.	35
Estimación de daños estructurales en tuberías como consecuencia de movimientos sísmicos.	35
3.2 Análisis de estabilidad de taludes.	41
Análisis de elementos finitos	41
3.3 Material predominante en los taludes de la zona.	42
3.4 Análisis del hormigón.....	43
Calidad.....	43
Resistencia a la tracción.	45
Patologías encontradas.....	46
3.5 Consideraciones para el diseño	47
3.6 Alternativas de solución.	49
Alternativa 1 - Regeneración de tramos con problemas frecuentes o más afectados, con secciones nuevas de hierro fundido dúctil e impermeabilización del lomo.....	49
Alternativa 2 - Estabilización de taludes adyacentes al canal de conducción con terrazas y subdrenes horizontales perforados.	50
Alternativa 3 - Diseño de zanja de coronación compuesta de terrazas estabilizadoras con geomalla y vegetación.	50
3.7 Selección de alternativa óptima	51
Diseño de estructura de control de escorrentía	51
3.8 Especificaciones técnicas	59
CAPÍTULO 4	68
4. ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL.	68
4.1 Objetivos.....	68

Objetivo General	68
Objetivos específicos	68
4.2 Descripción del proyecto.....	68
4.3 Descripción de las actividades del proyecto.....	69
4.4 Identificación de factores, aspectos e impactos ambientales	70
4.5 Certificado de intersección ambiental	72
4.6 Línea base ambiental.....	72
4.6.1. Caracterización del clima	72
4.6.1.1. Precipitación.....	72
4.6.1.2. Zona Geomorfológica de la zona de estudio.....	73
4.6.1.3. Temperatura.....	74
4.6.2. Medio físico acuático	75
4.6.2.1. Hidrología.....	75
4.6.2.2. Calidad de agua superficial	76
4.6.3. Calidad del aire.....	76
4.6.3.1. Tendencias históricas de calidad de aire	76
4.6.3.2. Calidad del aire en la zona propuesta para el proyecto	81
4.6.4. Caracterización de la calidad de suelos existentes	82
4.6.5. Medio biótico	82
4.6.5.1. Flora	83
4.6.5.2. Fauna	83
4.7 Evaluación del impacto ambiental.....	83
4.8 Plan de manejo ambiental	86
4.9 Conclusiones	87
CAPÍTULO 5	88
5. PRESUPUESTO	88
5.1 Descripción de rubros	88

5.2 Análisis de costos unitarios.....	96
Presupuesto referencial de las obras a implementarse en el canal de conducción de la Central Hidroeléctrica Saucay.....	106
5.3 Descripción de cantidades de obra.....	107
5.4 Cronograma valorado.....	113
CAPÍTULO 6.....	114
6. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	114
Conclusiones.....	114
Recomendaciones.....	115
BIBLIOGRAFÍA.....	116
ANEXOS Y PLANOS.....	121

ABREVIATURAS

ESPOL	Escuela Superior Politécnica del Litoral
FICT	Facultad de Ingeniería en Ciencias de la Tierra
NEC	Norma Ecuatoriana de la Construcción
ASTM	American Society for Testing and Materials
SUCS	Sistema Unificado de Clasificación de Suelos
ACI	American Concrete Institute
AASHTO	American Association of State Highway and Transportation Officials

SIMBOLOGÍA

Q	Caudal
V	Velocidad
A	Área
C	Coeficiente de escorrentía
I	Intensidad de lluvia
η	rugosidad
h	altura
W	Humedad del suelo
LI	Límite Líquido del suelo
LP	Límite plástico del suelo
IP	Índice de Plasticidad
FS	Factor de Seguridad
cm	Centímetro
Km	Kilómetro
Ha	Hectáreas
a	Aceleración

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.1. Ubicación geográfica de la zona de estudio	3
Figura 1.2. Geología en planta del tramo crítico analizado	8
Figura 1.3. Comportamiento de suelos de arena arcillosa SC en ensayos de corte drenado.....	12
Figura 1.4. Desplazamientos del suelo desde enero 7 a febrero 19 medidos con la técnica Persistent Scatterers	21
Figura 1.5. Detalle típico de una zanja de coronación	24
Figura 1.6. Sección típica de un cortacorriente.....	24
Figura 1.7. Vista en planta de un sistema de drenaje alrededor de un talud.....	25
Figura 1.8. Ejemplo de uso de cortina impermeable.....	26
Figura 1.9. Drenes transversales de penetración	26
Figura 3.1. Zonas de riesgo por deslizamientos de material.....	43
Figura 3.2. Extracción de muestras de hormigón	44
Figura 3.3. Pruebas de campo con el equipo de ultrasonido	44
Figura 3.4. Detalle de la terraza a elaborar	57
Figura 4.1. Certificado de intersección del proyecto con áreas de conservación de la biodiversidad vegetal y animal del país	72
Figura 4.2. Precipitación mensual de la estación Chanlud (1965-2015)	73
Figura 4.3. Zonas geomorfológicas del cantón Cuenca.....	73
Figura 4.4. Ubicación de la cuenca del río Machángara y sus respectivos cuerpos hídricos	75
Figura B.1. Cronograma de actividades del plan de trabajo	124
Figura B.2. Cronograma de actividades del plan de trabajo	125
Figura B.3. Cronograma de actividades del plan de trabajo	126
Figura B.4. Cronograma de actividades de obra	127
Figura 1. Perfil geofísico LS1	131
Figura 2. Perfil geofísico LS2	131
Figura 3. Análisis de elementos finitos en el software Slide de la abscisa 7+320 en condiciones originales. Factor de seguridad: 1.321	132
Figura 4. Análisis de elementos finitos en el software Slide de la abscisa 7+320 en condiciones originales con nivel freático. Factor de seguridad: 1.312	132
Figura 5. Análisis de elementos finitos en el software Slide de la abscisa 7+320 en condiciones originales más efecto sísmico. Factor de seguridad: 0.457.....	133
Figura 6. Análisis de elementos finitos en el software Slide de la abscisa 7+320 para perfil con terraceo. Factor de seguridad: 1.434	133
Figura 7. Análisis de elementos finitos en el software Slide de la abscisa 7+320 para perfil con terraceo más nivel freático. Factor de seguridad: 1.434	134
Figura 8. Análisis de elementos finitos en el software Slide de la abscisa 7+320 para perfil con terraceo, nivel freático y subdrenajes. Factor de seguridad: 1.438.....	134

ÍNDICE DE GRÁFICOS

Gráfico 1.1. Actividades económicas de la población	4
Gráfico 1.2. Círculo de Mohr	9
Gráfico 4.1. Monitoreo de Dióxido de Nitrógeno NO ₂ 2008 - 2018.....	79
Gráfico 4.2. Monitoreo de Dióxido de Azufre SO ₂ 2008 - 2018.....	79
Gráfico 4.3. Monitoreo de Dióxido de Ozono O ₃ 2008 - 2018.....	80
Gráfico 4.4. Monitoreo de Partículas Sedimentables 2008 - 2018.....	81
Gráfico 1. Comparación de distribución de ángulo de fricción crítico. A priori en línea continua y a posteriori en línea segmentada	128
Gráfico 2. Comparación de distribución de ángulo de fricción residual. A priori en línea continua y a posteriori en línea segmentada	128
Gráfico 3. Comparación de distribución de ángulo de fricción máximo. A priori en línea continua y a posteriori en línea segmentada	129
Gráfico 4. Comparación de la distribución de probabilidad de la resistencia al corte no drenado en kPa. A priori en línea continua y a posteriori en línea segmentada	129
Gráfico 5. Comparación de la distribución de probabilidad de la cohesión en kPa. A priori en línea continua y a posteriori en línea segmentada	130

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1.1. Características de la abscisa 7+200	13-14
Tabla 1.2. Características de la abscisa 7+230	14-15
Tabla 1.3. Características de la abscisa 7+270	16-17
Tabla 1.4. Características de la abscisa 7+300	18-19
Tabla 3.1. Factor de amenaza por deformación permanente del suelo (FTPS)	36
Tabla 3.2. Factor de amenaza por licuefacción (FLPS)	36
Tabla 3.3. Factor de amenaza por deformación permanente (FDPS).....	37
Tabla 3.4. Porcentaje reducción de fallas/km según el tipo de material en tuberías .	41
Tabla 3.5. Análisis de estabilidad de taludes en abscisa 7+320	42
Tabla 3.6. Calidad del hormigón del canal como respuesta a los impulsos ultrasónicos	45
Tabla 3.7. Resultados de las pruebas de resistencia a la tracción mediante pruebas Pull - off.....	46
Tabla 3.8. Guía para anchos de fisura aceptables	46
Tabla 3.9. Resumen de deterioros y patologías encontradas en el canal, Abscisas 7+086 - 8+020.....	47
Tabla 3.10. Velocidades máximas permitidas en canales	53
Tabla 3.11. Pendientes típicas para taludes en cortes	57
Tabla 3.12. Ventajas y desventajas de los diversos tipos de plantas.....	58
Tabla 4.1. Factores e impactos ambientales del proyecto a realizar.....	71
Tabla 4.2. Temperatura en la zona de estudio	74
Tabla 4.3. Resultados de los parámetros fisicoquímicos	76
Tabla 4.4. Parámetros de Dióxido de Nitrógeno NO ₂ con los valores: máximos, mínimos y promedios respecto al límite permisible por la norma ecuatoriana desde el año 2008 hasta el 2018.....	77
Tabla 4.5. Parámetros de Dióxido de Azufre SO ₂ con los valores: máximos, mínimos y promedios respecto al límite permisible por la norma ecuatoriana desde el año 2008 hasta el 2018.....	77
Tabla 4.6. Parámetros de Ozono O ₃ con los valores: máximos, mínimos y promedios respecto al límite permisible por la norma ecuatoriana desde el año 2008 hasta el 2018	78
Tabla 4.7. Parámetros de partículas sedimentables con los valores: máximos, mínimos y promedios respecto al límite permisible por la norma ecuatoriana desde el año 2008 hasta el 2018.....	78
Tabla 4.8. Especies características en la zona de estudio	83
Tabla 4.9. Matriz Conesa-Fernández de impactos ambientales del proyecto del canal de conducción Chanlud-Tuñi.....	85
Tabla 4.10. Actividades y medidas de prevención.....	86-87
Tabla A.1. Fallas presentadas en el canal de conducción	121
Tabla A.2. Datos a priori, observaciones de ensayos y datos a posteriori del ángulo de fricción crítico drenado	121
Tabla A.3. Datos a priori, observaciones de ensayos y datos a posteriori del ángulo de fricción residual	122

Tabla A.4. Datos a priori, observaciones de ensayos y datos a posteriori del ángulo de fricción máximo	122
Tabla A.5. Datos a priori, observaciones de ensayos y datos a posteriori de la resistencia al corte no drenado	123
Tabla A.6. Datos a priori, observaciones de ensayos y datos a posteriori de la cohesión	123

ÍNDICE DE PLANOS

PLANO 1	Perfil del terreno y línea de conducción	136
PLANO 2	Implantación general del tramo analizado	137
PLANO 3	Secciones transversales	138
PLANO 4	Detalles generales	139

CAPÍTULO 1

1. INTRODUCCIÓN.

La demanda de energía eléctrica se ha incrementado considerablemente debido al crecimiento poblacional, a causa de ello se precisó de buscar alternativas energéticas que reduzcan el impacto ambiental al mismo tiempo que son rentables económicamente.

Ecuador se ha orientado en aprovechar al máximo todos los recursos hidrológicos que posee, enfocándose en la construcción de centrales hidroeléctricas para satisfacer la demanda energética de la población. Con el paso del tiempo estas obras han presentado daños en sus componentes estructurales tal es el caso de la central hidroeléctrica Fernando Malo Cordero (Saucay), pese a que la geología del suelo describe ser una zona rocosa se podría encontrar depósitos glaciares y coluviales los cuales afectan la estabilidad del suelo sobre el cual se encuentra la obra.

De la misma manera, debido a los intensos períodos de lluvia y la falta de drenajes, han creado flujos subterráneos por las infiltraciones que se producen, provocando deslizamientos continuos de los materiales existentes según la geología del suelo.

Por la ubicación geográfica del proyecto se puede evidenciar los daños en diferentes tramos del canal de conducción los cuales han sido generados principalmente por los movimientos sísmicos ya que el sector en estudio tiene un alto grado de sismicidad.

Todas las características descritas anteriormente, se analizarán y permitirán presentar una solución a los problemas evidentes que actualmente afecta esta zona, la cual está ocasionando pérdidas económicas debido a su mal funcionamiento.

1.1 Antecedentes

La central hidroeléctrica de Saucay forma parte del grupo ElectroAustro (Electro Generadora del Austro S.A.), se encuentra ubicada a 24km en la zona nororiental de Cuenca en la provincia de Azuay, esta central fue construida en 2 etapas, la primera inició en el año de 1978 y la segunda en 1982. La central Saucay consiste en un canal

de 9km que trae agua desde una presa llamada Chanlud, este canal junto con la central a lo largo de su historia ha tenido múltiples reparaciones en varios tramos específicos.

La zona nororiental de Cuenca se encuentra afectada por los hundimientos y desplazamientos de tierra propios del relieve del sector, muchos de los proyectos hidroeléctricos se encuentran construidos alrededor de estos, lo que ha causado que los sistemas de conducción de agua se vean perjudicados, al no darse un correcto mantenimiento o correctivo necesario las consecuencias podrían ser graves.

Generalmente para conectar las presas con las centrales hidroeléctricas se han utilizado canales o tuberías de conducción. Los cuales permiten el paso del agua que llega hacia el tanque de la central hidroeléctrica que permiten su óptimo funcionamiento, una falla o paralización en el canal provocaría contratiempos y pérdidas económicas.

Descripción del problema.

El canal de conducción de la Central Hidroeléctrica Saucay presenta fallas de distintas naturalezas en su longitud. Se atribuye que las causas de este problema son la acumulación de depósitos de suelos coluviales y glaciares en las orillas, las infiltraciones de agua, los intensos períodos de lluvia y la falta de drenajes, factores que han provocado movimientos del suelo generando daños estructurales severos en el canal debido a la presión que estos asentamientos generan.

Desde su construcción hasta la actualidad se han presentado diversos daños estructurales tales como juntas separadas, fisuras y grietas, un estudio realizado por la empresa pública de la Universidad de Cuenca dio como resultado un resumen de deterioros y patologías encontradas en el canal.

La tabla que se encuentra en el apéndice A nos muestra los detalles del estado en que se encuentran varios tramos del canal, en las juntas constructivas de dichos sectores se han realizado numerosas y recurrentes reparaciones que van desde inyección de material epóxico, grapas en las fisuras y así también se efectuó un drenaje superficial, en donde se puede observar el deterioro de estas y el cambio de su forma original. El

estudio de Cuenca previamente mencionado estableció un crítico comprendido entre las abscisas 7+100 – 7+500.

1.2 Localización

El canal de conducción para el embalse Chanlud está ubicado dentro de la cuenca del río Machángara, específicamente dentro de la microcuenca “Río Machángara Alto”. La zona en cuestión cuenta con una superficie de 13.238 hectáreas y abarca parte de las provincias de Azuay y Cañar.

Sus límites de ubicación geográfica son:

- ✓ Norte: Provincia de Cañar
- ✓ Sur: Cantón Girón
- ✓ Este: Cantón Gualaceo
- ✓ Oeste: Cantón Cuenca

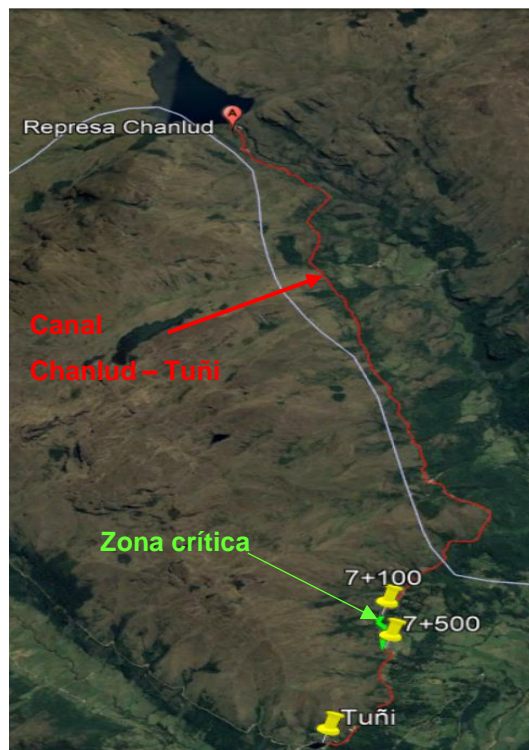


Figura 1.1 Ubicación geográfica de la zona de estudio. Autores

1.3 Información relacionada al área de estudio

1.3.1. Población

De acuerdo con los datos del último censo INEC 2010, el cantón Cuenca registra una población total de 505.585 habitantes, de los cuales 239.497 son hombres y 266.088 son mujeres.

1.3.2. Actividad productiva

La principal actividad económica de los azuayos según datos del censo INEC 2010 es la agricultura, esta actividad la realizan como empleados privados un 35,4% de la población y el 32,1% trabajan por cuenta propia, en la siguiente figura se muestra cómo se distribuye las principales actividades económicas que estos realizan.

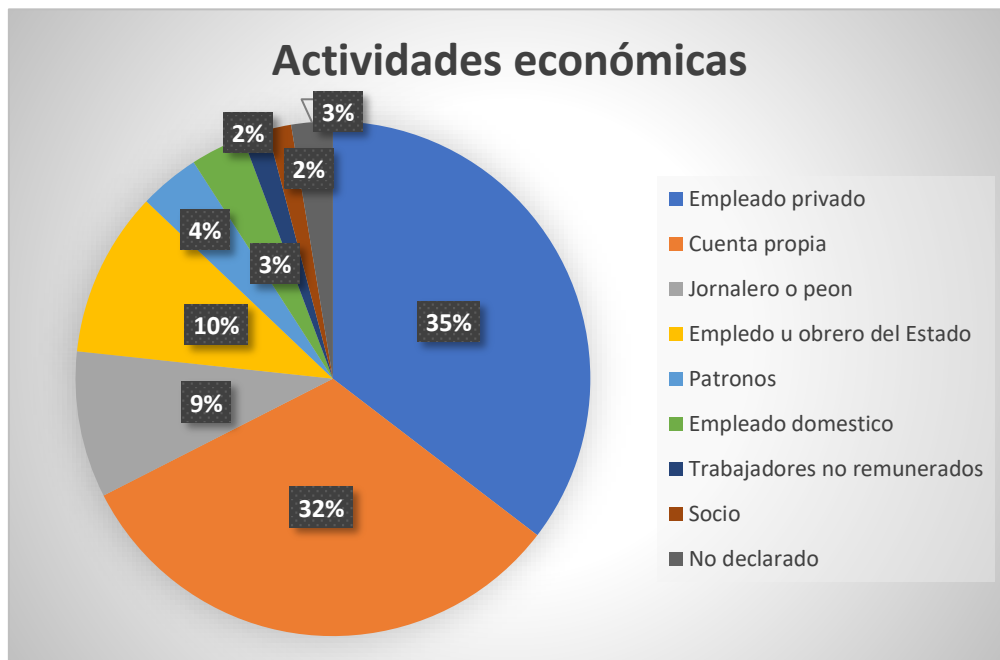


Gráfico 1.1 Actividades económicas de la población. (INEC, 2010)

1.3.3. Topografía

El terreno en el cual se encuentra la vía que está paralela al canal de conducción oscila en alturas de 3400 a 3500 msnm, presenta terrenos escarpados y pendientes altas abruptas al estar ubicado en la parte alta de la cuenca.

El trabajo topográfico realizado consistió en el levantamiento de puntos a detalle, determinación de cotas de cada tramo tanto de la vía como el canal de conducción con el fin de obtener el perfil topográfico y las pendientes en la que se encuentra la zona en análisis. Todas estas características las podemos observar a en el **Apéndice A-tabla 1**.

1.3.4. Clima

La temperatura de la microcuenca varía entre los 4 y 18 grados Celsius, y tiene cambios temporales de las condiciones climáticas teniendo lluvias en dos períodos determinados: de febrero a mayo con lluvias intensas en abril, y de octubre a diciembre con una intensidad alta en octubre. Asimismo, se presentan lapsos de sequía en los meses de junio a septiembre, siendo septiembre el más seco. (Universidad del Azuay, s.f.)

1.3.5. Flora

La provincia del Azuay se caracteriza por poseer reservas y parques nacionales que conservan diferentes tipos de especies de flora y fauna, uno de los más conocidos es el Parque Nacional Cajas el cual alberga alrededor de 600 especies de plantas vasculares, 43 mamíferos, 17 anfibios y 4 reptiles. (Universidad del Azuay, s.f.)

En el páramo existen extensos pajonales, arbustos, juncos entre otras especies, en los bosques se encuentran grandes arboles de troncos rojizos y en la baja y alta serranía se caracteriza por sus extensos bosques y la gran variedad de especies de pinos.

1.4 Objetivos

1.4.1. Objetivo general

Proponer una solución a los problemas presentados en el canal de conducción de la Central Hidroeléctrica Sauca mediante la información recolectada de los estudios realizados previamente para identificar cuáles son las principales causas de su deterioro.

1.4.2. Objetivos específicos

1. Evaluar las características del terreno en el que se encuentra el canal asentado y cómo estas influyen en su funcionamiento.

2. Diseñar una solución que permita optimizar la vida útil del canal de conducción.
3. Presentar presupuesto referencial de la obra a implementarse para el mejoramiento del canal de conducción.

1.5 Justificación del problema.

Las centrales hidroeléctricas son obras indispensables para mantener la producción energética del país ya que permite obtener energía renovable, para poder brindar un servicio energético adecuado es necesario mantener toda la infraestructura de las hidroeléctricas en óptimas condiciones y totalmente operativas.

Garantizando así mejorar las condiciones socioambientales de los moradores las cuales deberían ser tomadas como prioridad debido a las afectaciones que han sufrido durante años, a consecuencia de los deslaves producto del desborde del canal o infiltraciones.

1.6 Fundamentación teórica.

1.6.1. Propiedades físicas del suelo

Granulometría

El suelo se clasifica de acuerdo con los diámetros nominales de las partículas en él presente, poder conocer su composición permite tener una noción básica de las fortalezas y debilidades que el material sobre el cual se edificará tendrá. Así como también el tipo de ensayos que se requerirán para determinar las propiedades mecánicas de suelo. De acuerdo con el diámetro los suelos se dividen en 4 grupos generales:

- Gravas: para partículas cuyos diámetros sean mayor al diámetro nominal del tamiz N° 4 (4.75 mm), los espacios entre partículas impiden el almacenamiento entre ellas.
- Arenas: si están entre el tamiz N° 4 (4.75 mm) y el tamiz N° 200 (0.075 mm), su forma no se ve alterada frente al agua, sin embargo, son capaces de retener líquidos en sus porosidades.

- Limos: sus partículas están por debajo del tamiz N° 200 (0.075 mm) hasta un diámetro de 0.002 mm. Son capaces de retener agua, sin embargo, exudan con facilidad el agua que contienen. (Olivos, 2015)
- Arcillas: todo suelo con material de diámetro menor a 0.002 mm es considerado una arcilla, este tipo de suelo se caracteriza por tener una baja permeabilidad, ergo, su velocidad de drenaje es muy baja. Este material es el enemigo de las cimentaciones de una estructura por el riesgo de asentamientos diferenciales que puede presentar.

En el presente proyecto se realizaron ensayos granulométricos, este ensayo se basa en la separación de las partículas de una muestra de suelo por medio de tamices para agruparlas por rangos de tamaño dándonos la cantidad mayoritaria de partículas que componen el suelo para darle su clasificación. La granulometría nos permite conocer la gradación del suelo donde para la clasificación de suelos finos y gruesos se utiliza la malla más fina de tamiz el cual es el N°200. El objetivo de este ensayo es conocer los coeficientes de uniformidad y curvatura del suelo para determinar la proporción de partículas presentes en el suelo. (Cortez Flores, 2014)

Es así como se determinaron, por medio de la información obtenida con calicatas la presencia de limos arcillosos, arcillas arenosas y gravas arcillosas. Se puede apreciar en la Figura 1.3 que en la zona alrededor del canal de conducción desde las abscisas 7+100 – 7+500 yacen depósitos coluviales.

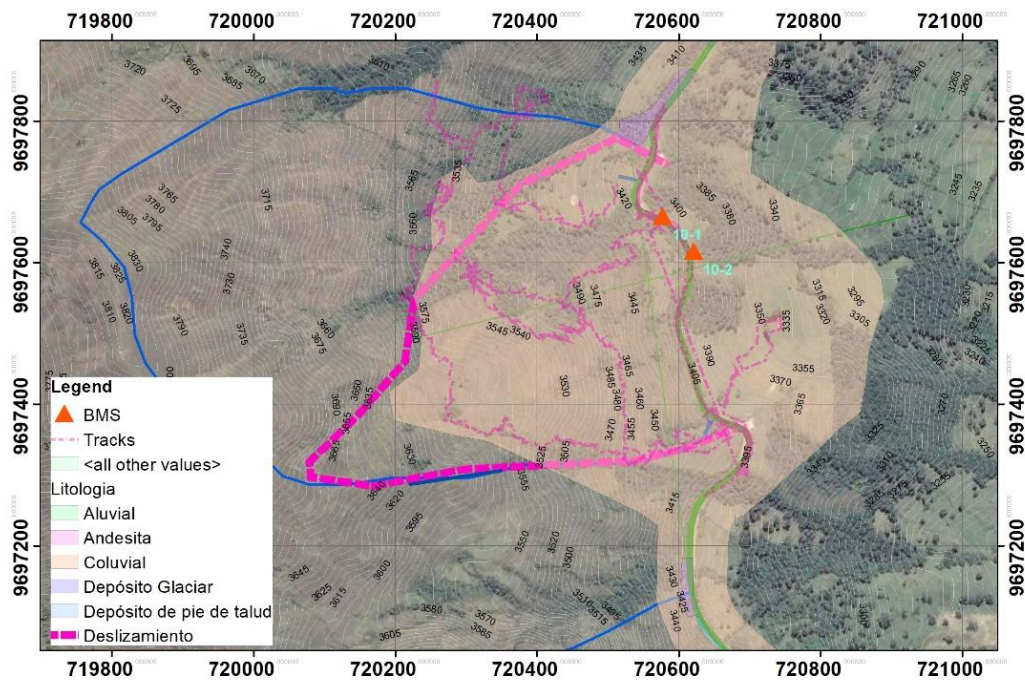


Figura 1.2 Geología en planta del tramo crítico analizado. (Encalada, Parámetros de resistencia y cálculo de asentamientos utilizando ensayo SPT, 2015)

Peso volumétrico

El peso volumétrico, peso unitario o peso específico es una característica física que nos permite conocer la relación entre el peso existente dentro de un volumen de control, en la literatura se lo identifica con el símbolo griego *gamma* (γ). Se diferencia de la densidad debido a que la relación que este denota es la de masa y volumen, mientras que el peso específico será expresado en fuerza sobre volumen. El peso volumétrico de un suelo puede ser presentado en tres distintas fases: saturado, natural o seco.

Densidad

La densidad de un elemento permite conocer la cantidad de masa que hay en un volumen específico, en los suelos se pueden resaltar dos tipos de densidades: la densidad aparente y la densidad real.

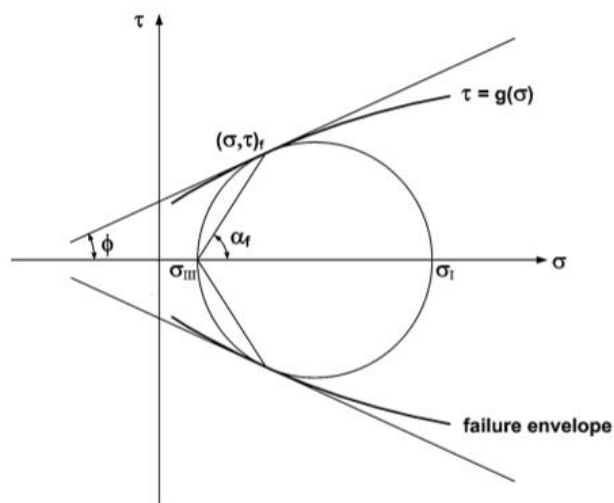
Cuando hablamos de densidad aparente estamos refiriéndonos a la relación que hay entre la masa de suelo que tenemos en nuestra muestra y el volumen visible de la misma. Esto implica que se tomará en consideración los espacios entre los granos de suelo y los distintos fenómenos a los que podría verse sometida la muestra en presencia de agua (saturación) o fuerzas previas (compactación).

Por otra parte, la densidad real relaciona la masa de la muestra con el volumen de los granos excluyendo los espacios vacíos entre ellos. Estos valores posteriormente pueden ser utilizados para determinar fuerzas que el suelo aplicará a obras subterráneas, entre otras funciones. En el presente documento se utilizarán valores de densidad natural obtenidos a partir de dos tipos de ensayos: anillo de consolidación y el método de la parafina.

Resistencia al corte

La resistencia al corte o resistencia a la cizalladura es la propiedad que tienen los suelos para soportar fuerzas externas o internas manteniendo así su estabilidad, las fallas se presentan cuando en conjunto esfuerzos normales y tangenciales llegan a superar la capacidad de carga.

El criterio de falla de Mohr-Coulomb (MR) establece una ecuación lineal que ayuda a determinar la condición de falla de un suelo idealizando un comportamiento isotrópico en él.



Gráfica 1.2 Círculo de Mohr. (Mohr, 1900)

Mohr estableció la relación de los esfuerzos normales y tangenciales como:

$$\tau = c + \sigma \tan \phi$$

Donde c es la resistencia intrínseca al corte de los suelos cohesivos y ϕ el ángulo de fricción interna del suelo. La simplicidad matemática, la habilidad para conocer claramente los parámetros de los materiales y el nivel de aceptación general que tiene el criterio son ventajas con las que cuenta. (Labuz, 2017)

Para determinar la resistencia al corte del suelo se realizan ensayos de corte directo, de compresión triaxial o de compresión simple, las muestras a utilizar para conocer los parámetros del suelo deben ser inalteradas o, en el caso de verse alteradas se deberán reproducir las condiciones a las que el suelo se someterá en la obra.

Ensayo de corte directo

El principio del ensayo de corte directo (según la norma ASTM D 3080) es establecer el plano de falla de la muestra analizada a través de un esfuerzo cortante horizontal que se incrementa paulatinamente, al mismo tiempo se somete la muestra ante un esfuerzo normal. Este ensayo nos permite conocer la resistencia al corte de un suelo no cohesivo, la resistencia al corte drenado para suelos cohesivos, la resistencia al corte residual en suelos drenados y la resistencia al corte en suelos muy finos en condiciones no drenadas. (Olivera, Carvajal, & Banegas, 2018) El ensayo nos permitirá graficar curvas con los valores de esfuerzo de cizallamiento (τ), deformación vertical y deformación horizontal. Así como también se pueden obtener los parámetros de cohesión y ángulo de fricción interna.

Ensayo triaxial

Por otra parte, el ensayo triaxial (según ASTM D 4767) hace uso de una muestra cilíndrica de suelo con discos porosos ubicados en cada uno de los extremos, estos permitirán saturar o drenar la muestra según sea necesario. La confiabilidad que se tiene en este ensayo es la capacidad de variar las presiones en 3 direcciones ortogonales lo que permite medir las características mecánicas de la muestra.

Existen tres maneras de realizar este ensayo: con consolidación y con drenaje (por sus siglas en inglés CD de *consolidated and drained*) aplicando esfuerzos efectivos que se consiguen asegurando que la presión hidrostática dentro de los poros sea cero mientras

se aumenta la carga axial gradualmente; con consolidación y sin drenaje (por sus siglas en inglés CU de *consolidated and undrained*) donde tras haber alcanzado la consolidación por presión hidrostática rápidamente se incrementa la carga axial para evitar que el suelo se consolide durante el proceso de falla.

Se logra obtener con este tipo de ensayo parámetros de cohesión y ángulo de fricción interno por medio de los esfuerzos totales y efectivos; y por último se tiene la prueba sin consolidación y sin drenaje (por sus siglas en inglés UU de *unconsolidated and undrained*) para la cual se aplica presión hidrostática y posteriormente se aplica la carga axial rápidamente, este tipo de prueba se realiza en arcillas bajo las condiciones de ángulo de fricción de 0 y una resistencia al corte no drenado igual al radio de los círculos de Mohr. En este documento se hará uso de datos obtenidos a través de este ensayo en 3 muestras distintas, con las cuales se graficaron los respectivos círculos de Mohr y de los cuales se obtuvo una resistencia al corte no drenado de aproximadamente 60 kPa.

➤ **Ensayo SPT**

Es una prueba de penetración estándar empleada in situ para la exploración geotécnica de las propiedades geomecánicas del suelo, siendo utilizado principalmente para el diseño de cimientos. Este ensayo nos da un número de golpes N en un suelo a una distancia estándar por una masa estándar a una altura estándar. (López Menardi, 2003)

En este ensayo se mide la energía que se entrega al suelo en cada golpe, el cual debe ser corregido a N60 representando un radio de energía del 60%. Este tipo de ensayo permite determinar distintos parámetros del suelo como lo son: la densidad de suelos mayores al tamiz 200, la resistencia no drenada, el ángulo de fricción interna y el asentamiento del suelo. (Encalada, Parámetros de resistencia y cálculo de asentamientos utilizando ensayo SPT, 2015)

El valor de N puede variar en un 100% dependiendo de los diferentes factores empleados para determinar el número de golpes del suelo, debido a esta problemática es

fundamental realizar las correcciones respectivas de sus valores. (Ministerio de Desarrollo Urbano y Vivienda, 2016)

$$N_{60} = N_{campo} C_E (C_R C_B C_S) \quad (1.1)$$

Donde:

N_{campo} = Medida del número de golpes obtenidos en campo

C_N = Factor de corrección de sobrecarga

C_E = Factor de corrección de energía

C_R = Factor de corrección de longitud de barra

C_B = Factor de corrección de diámetro de perforación

C_S = Factor de corrección de línea

1.6.2. Ángulo de fricción crítico

Cuando un suelo se encuentra en estado crítico su cohesión es cero, siendo un indicativo que el ángulo de fricción que posee el suelo es el ángulo de fricción crítico. El ángulo crítico de fricción nos permite determinar el coeficiente de fricción estática entre las superficies del suelo a analizar. Cuando el ángulo de inclinación es menor que el ángulo crítico no existe movimiento relativo entre las superficies. (Solaque Guzmán, 2008)

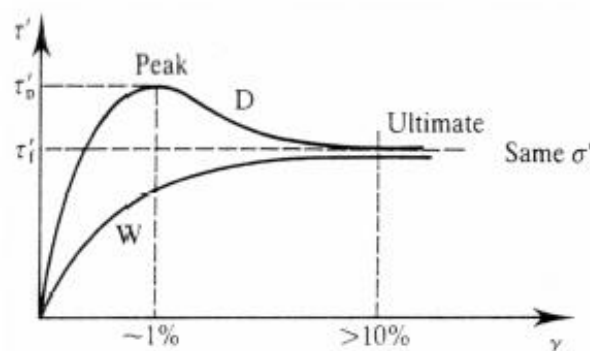


Figura 1.3 Comportamiento de suelos de arena arcillosa SC en ensayos de corte drenado. (Atkinson, 1993)

El tramo crítico de nuestro proyecto presenta suelos de arena arcillosa en su longitud, en la gráfica se puede observar el comportamiento que presentan los suelos de arena arcillosa donde alcanza un esfuerzo cortante pico cuando tiene una deformación del 1% y teniendo un esfuerzo cortante último cuando llegan a una deformación mayor al 10%.

1.6.3. Características de las abscisas del tramo crítico.

Tabla 1.1 Características de la abscisa 7+200. (Universidad de Cuenca - Empresa Pública)

7+200									
Estrato	Profundidad m	Vs m/s	Vp m/s	Resistividad omh-m	NF m	ϕ' °	c' kPa	Cu kPa	Observaciones
Coluvial: Grava con Limo, Arena Limosa, Arena Arcillosa	0 – 10			40 – 60	14	30 – 37	20	60	La resistividad corresponde a suelos arcillosos, pueden confundirse con agua dulce.
Coluvial: Grava con Limo, Arena Limosa, Arena Arcillosa	10 – 16			60		30 – 37	40	60	La resistividad corresponde a suelos arcillosos, pueden confundirse con agua dulce.
Coluvial: Grava con Limo, Arena Limosa, Arena Arcillosa	16 – 23			60		30 – 37	80	60	La resistividad corresponde a suelos arcillosos, pueden confundirse con agua dulce.
Roca alterada	23 – 33			>300		46	450		Este estrato corresponde a una roca fracturada debido a su aumento de resistividad desde los 23m de profundidad.
Roca firme	>33					65	4170		Existe un flujo importante de agua dulce por debajo de los 25 m lo que se refleja en la baja resistividad, sin embargo, el flujo sería a nivel de roca alterada.

Prof SPT	Strength, ϕ' max	Strength, c' kPa	ϕ' Vs	c'Vs, kPa	ϕ' Vs	c' Vs, kPa			Observaciones
3.4	30	20							El ángulo de fricción de 37 grados es pico y corresponde al menor registrado en PC01
Promedio	30	20							

Tabla 1.2 Características de la abscisa 7+230. (Universidad de Cuenca - Empresa Pública)

7+230									
Estrato	Profundidad m	Vs m/s	Vp m/s	Resistividad omh-m	NF m	ϕ' °	c' kPa	Cu kPa	Observaciones
Coluvial: Grava con Limo, Arena Limosa, Arena Arcillosa	0 – 10			80 – 90		33 – 38	20	60	La resistividad eléctrica indica suelos arenosos o también Till glacial. El Sondeo SPT PC01, indica material de origen coluvial.
Coluvial: Arenas y gravas con finos no plásticos.	10 – 16			90 – 120		33 – 38	40	60	Suelos arenosos saturados de acuerdo con la resistividad.
Coluvial: Suelos gravosos en zona de transición más consolidada.	16 – 30			150		33 – 38	80 – 150	60	Suelos arenosos saturados de acuerdo con la resistividad.

Roca alterada	30 – 40			150		46	450		Se consideran las tendencias en Vs y Vp en otras secciones, la tendencia en el sentido de la vía en base a los perfiles sísmicos LS2 y LS3.
Roca firme	>40					65	4170		El estrato rocoso se presume a una profundidad mayor a 40 m, en base a tendencias de los perfiles sísmicos LS2 y LS3.
Prof SPT	Strength, Hanna (2001), ϕ'cv	Residual strength, Tiwari and Marui (2005), ϕ'r	Peak strength, Stroud (1989), ϕ'max	Strength, Schmertman (1979), Cu kPa	ϕ' Vs	c' Vs, kPa			Observaciones
3.1	35	25							En base al ensayo SPT PC01 y líneas sísmicas. El intercepto de la envolvente Mohr Coulomb incrementa con profundidad debido al nivel de esfuerzo.
4	33	22	37	19					
5	30	17	36	40					
6	33	21	40	48					
Promedio	33	21	38	33					

Tabla 1.3 Características de la abscisa 7+270. (Universidad de Cuenca - Empresa Pública)

7+270									
Estrato	Profundidad	Vs	Vp	Resistividad	NF	ϕ'	c'	Cu	Observaciones
	m	m/s	m/s	omh-m	m	°	kPa	kPa	
Coluvial: Arenas Arcillosa con grava	0 – 10	200 – 600	500 – 1200	40 – 70	6 – 10	30 – 36	20	60	Nivel freático cerca de la superficie. Suelos gravosos, >20% grava. SPZ01 indica aglomerados (gravas en matriz arenosa – arcillosa). NF se presenta cuando Vp está alrededor de 1200 m/s, e = 0.5
Coluvial: Arenas y gravas con finos no plásticos.	10 – 16	600 – 500	1200 – 900	90 – 120		30 – 39	40	60	Vp y Vs se reducen a los 16 m de profundidad de acuerdo a LS1. La resistividad incrementa debido a suelos gruesos saturados. Se sospecha una zona de debilidad a los 16 m de profundidad.
Coluvial: Suelos gravosos en zona de transición más consolidada.	16 – 30	500 – 600	900 – 1200	150		33 – 39	80 – 150	60	Suelos gravosos, conglomerados, o sedimentarios competentes. En los perfiles sísmicos con Vp 1800 – 1900 m/s se aprecia un cambio de material que corresponde a Vs 700 m/s. En SPZ02 se observaron aglomerados de brechas en matriz arcillosa hasta los 17 m de profundidad, con relación de vacíos e = 0.3

Roca alterada	30 – 40			150		46	450		Velocidades Vp tienden a incrementar junto con Vs, pero la resistividad se mantiene en el rango de suelos arenosos.
Roca firme	>40					65	4170		Por correlación entre el mapa geológico de la vía y datos del MASW.
Prof SPT	Strength, Hanna (2001), ϕ'cv °	Residual strength, Tiwari and Marui (2005), ϕ'r °	Peak strength, Stroud (1989), ϕ'max	Strength, Schmertman (1979), Cu kPa	Strength, ϕ'max	Strength, c' kPa	ϕ' Vs	c' Vs, kPa	Observaciones
4.15	33	22	36	19					Material similar a SPZ01. En base a ensayo triaxial donde se obtuvo Cu y trayectorias de esfuerzo efectivo. El intercepto de la envolvente de Mohr Coulomb incrementa con profundidad.
4.3	33	22	38	36					
4.45	33	22	39	54	30	20			
6.15	33	21	38	24					
6.3	33	21	40	48					
6.45	33	21	42	81					
Promedio	33	22	39	39					

Tabla 1.4 Características de la abscisa 7+300. (Universidad de Cuenca - Empresa Pública)

7+300									
Estrato	Profundidad m	Vs m/s	Vp m/s	Resistividad omh-m	NF m	ϕ' °	c' kPa	Cu kPa	Observaciones
Coluvial: Arenas Limosas SM, Limos de baja plasticidad ML, Gravas con limo y arena	0 – 10	360 – 530	500 – 1900	160 – 360	6	33 – 36	15	50	Nivel freático o zona saturada cerca de la superficie. Suelos gravosos, >20% grava. SPT hasta 5 m de profundidad corresponde a suelos gravosos. NF se presenta cuando Vp está alrededor de 1200 m/s
Coluvial: Suelos gravosos	10 – 16	530 – 600 – 430	1900 – 1290	270 – 220		33 – 36	40	50	La resistividad corresponde a depósitos de arena saturada. Los valores de Vs se pueden confundir con roca fracturada. Los SPT en PC02 revela materiales arenosos, y el MASW indica saturación a baja profundidad.
Coluvial: Suelos gravosos en zona de transición más consolidada.	16 – 30	700	1600 – 2000	200 – 140		33 – 36	80 – 150	50	Suelos gravosos, conglomerados, o sedimentarios competentes. En los perfiles sísmicos con Vp 1800 – 1900 m/s se aprecia un cambio de material que corresponde a Vs 700 m/s. En SPZ02 se observaron aglomerados de brechas en matriz arcillosa hasta los 17 m de profundidad, con relación de vacíos $e = 0.3$
Roca alterada	30 – 40	700	2000 – 2400			46	450		La tendencia de Vs indica roca alterada o suelos gravosos. La tendencia de VP es para roca

									alterada. La resistividad se mantiene cerca de los 300 ohm m. Se comporta como suelos gravosos o roca suave.
Roca firme	>40	700	>2400			65	4170		La tendencia daría un Vs mayor a 2400 m/s y Vs se mantiene. Resistencia a tensión 150 kPa.
Prof SPT	Strength, Hanna (2001), ϕ'_{cv}	Residual strength, Tiwari and Marui (2005), ϕ'_r	Peak strength, Stroud (1989), ϕ'_{max}	Strength, Schmertman (1979), Cu kPa	Strength, ϕ'_{max}	Strength, c' kPa	ϕ' Vs	c' Vs, kPa	Observaciones
0.3									Ensayo SP en PC02: No se espera cohesión real de estos materiales, por lo que el intercepto de la envolvente de Mohr Coulomb es importante a mayor confinamiento. Se considera el ángulo de fricción crítico de 33 grados para alta movilización y de 36 grados para resistencia pico. Cu no incrementa con la profundidad.
1.4									
2.1									
3.2									
4	36								
5	37								
Promedio	36								

1.6.4. Tipos de movimientos en taludes y laderas.

La inestabilidad de los taludes y ladera dependes de varios factores ambientales, geológicos y sísmicos, estos se presentan debido a diferentes tipos de movimientos de masa de tierra los cuales se detallará a continuación.

➤ Desprendimiento

Se da en taludes de grandes pendientes de tipo rocoso, sus movimientos son extremadamente rápidos lo cual puede generar graves consecuencias al caer sobre una superficie, este tipo de movimientos ocurre cuando los taludes presentan inestabilidad que puede estar asociado a las lluvias intensas que se generen a su alrededor.

Dependiendo del tipo de desprendimiento se han clasificado de la siguiente manera: desprendimientos por Gelifracción, reblandecimiento del pie y por descalce.

➤ Deslizamientos

Son tipos de movimientos rotacionales y traslacionales en rocas y suelos provocados por la inestabilidad del talud. “Los deslizamientos se producen cuando en la franja se alcanza la tensión tangencial máxima en todos sus puntos”. (Rivera, 2017)

Los suelos coluviales se pueden formar principalmente por los deslizamientos presentes en su zona como los planares, rotaciones, etc., ya que son materiales transportados por la gravedad. Los deslizamientos en nuestra zona de estudio han formado estratos de suelo variables en la zona crítica teniendo una resistencia baja en el contacto rocoso debido a las intensas lluvias lo que lo hace un suelo inestable.

➤ Reptación

Este proceso consiste en el desplazamiento del suelo superficial y subsuperficial, generado por los cambios entre ciclos húmedos y secos de la cubierta coluvial. Se considera un movimiento extremadamente lento, sin embargo, puede

preceder a otros procesos que involucran un mayor volumen de material, por lo general ocurre en arcillas.

La zona crítica de estudio presenta coluviales en diferentes estratos de profundidad, los cuáles, en su mayoría son arcillosos, el proceso de reptación que ha sufrido se ha ido intensificando debido a los depósitos glaciares y humedales presentes provocando la inestabilidad de las pendientes en las laderas.

En un estudio realizado utilizando la técnica de Persistent Scatterers, que consiste en el procesamiento de imágenes satelitales tomando puntos como referencias y determinando las diferencias de posición, se pudo evidenciar que en la locación de análisis del presente proyecto el suelo se desplazó aproximadamente 12 mm al cabo de un año.

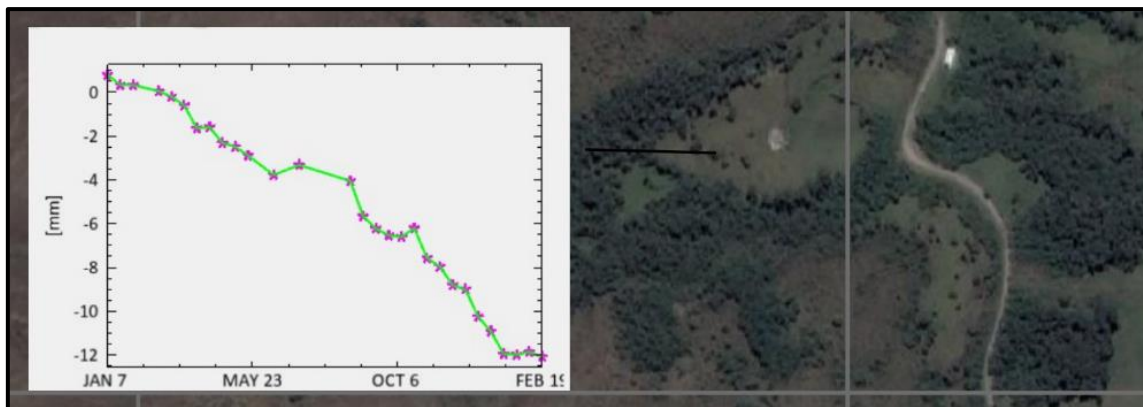


Figura 1.4 Desplazamientos del suelo desde enero 7 a febrero 19 medidos con la técnica Persistent Scatterers. (Encalada, 2015)

Estos deslizamientos e inestabilidades de los taludes han añadido presiones adicionales en la tubería del canal de conducción. Debido a que el canal fue construido en los años 70, el material utilizado fue hormigón simple, cuyas propiedades mecánicas no son idóneas para los diversos fenómenos que ha enfrentado con el paso del tiempo.

1.6.5. Distribución normal en estadística

La distribución normal nos permite calcular la probabilidad de valores que suceden dentro de datos previamente obtenidos. Para el cálculo de valores se dividen en rangos equivalentes los datos iniciales, donde posteriormente se realiza un histograma del cual se obtiene un polígono de frecuencias, que representa la distribución teórica de la característica observada. (Pértegas Díaz & Pita Fernández, 2001)

1.6.6. Estabilidad de Taludes

Los deslizamientos de tierra son producidos de manera artificial o natural, en donde las fisuras o grietas que se forman provocan la pérdida de cohesión del suelo lo cual da lugar a los desplazamientos de tierra del lugar. Los deslizamientos en las carreteras son unos de los problemas que afectan en mayor grado a las construcciones hidráulicas, por lo que, para asegurar su tiempo de vida útil es fundamental garantizar la estabilidad del talud en la zona de construcción para evitar los daños catastróficos que pueden ocurrir.

Los factores principales en la estabilidad de taludes son: valles de laderas de fuerte pendiente, diaclasas, grietas, fallas, materiales sueltos o débiles sobresaturados por el agua que los lubrica, estratos gruesos fuertes con alternancia de capas delgadas, zonas frías y semiáridas, temperatura deshielo, movimientos sísmicos y precipitaciones fluviales. (Taype Ramos)

➤ Capacidad de infiltración

Es la cantidad máxima de agua que en determinadas condiciones puede absorber el suelo, esta característica puede variar en función a la humedad, tipo y grado de compactación que tenga el mismo. Existen varios factores que influyen en el proceso de la capacidad de infiltración.

- La acumulación de depósitos de suelos sobre la superficie.
- Composición de los estratos de suelo.
- Porosidad.
- Suelos arenosos, arcillosos y la vegetación.

1.6.7. Drenajes

El drenaje es la remoción del exceso de aguas (Villón, 2007) en un lugar en particular, se da de manera natural debido a las condiciones topográficas de la zona o la permeabilidad del suelo, así como también puede suceder de manera artificial con obras de ingeniería civil que tienen ese fin.

El lavado de finos como consecuencia de la infiltración del agua lluvia en las bases de una estructura o una tubería puede provocar asentamientos diferenciales por los vacíos dejados por este fenómeno.

1.6.8. Drenajes artificiales

Para mejorar las condiciones del suelo de la zona de estudio es primordial utilizar un sistema de drenaje para mejorar la estabilidad del talud y reducir la infiltración captando la escorrentía hasta llevar el agua a otro sitio evitando la erosión del suelo.

Los sistemas de drenajes son construidos para proteger la estabilidad de taludes cercanos a una estructura como una vía o cimentaciones. Por el tipo de construcción los drenes se pueden clasificar en dos tipos: abiertos o cerrados.

Entre los elementos que conforman un sistema de drenaje artificial se puede tener:

- **Zanjas de coronación:** son zanjas construidas en la parte alta de un talud con el fin de desviar la escorrentía de la cuenca de captación y así asegurar la estabilidad del talud evitando deslizamientos por exceso de presión de poros o erosión, deben ser construidos no tan cerca del borde para asegurar su eficiencia y que no se conviertan en otra causa del problema que se busca solucionar (deslizamientos).

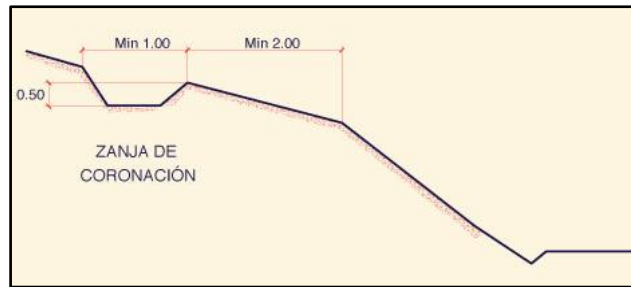


Figura 1.5 Detalle típico de una zanja de coronación. (Ponce, 2018)

- **Cortacorrientes:** Son utilizados para reducir la velocidad de la escorrentía en la pendiente principal por medio de diques construidos transversales al talud. Se los suele proteger de la erosión por medio de sacos elaborados con suelo y cemento o con vegetación.

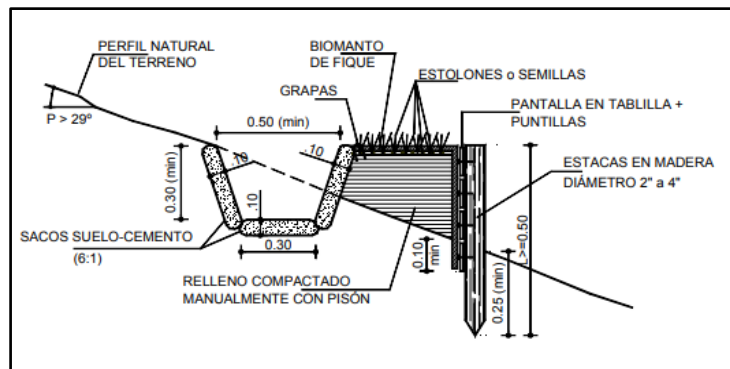


Figura 1.6 Sección típica de un cortacorriente. (Suárez, Control de erosión en taludes y obras de ingeniería, 2019)

- **Torrenteras o canal en gradería:** Recogen las aguas de escorrentía de las zanjas, tomacorrientes o diques y suelen presentar elementos que ayudan a disipar la energía del flujo del líquido.

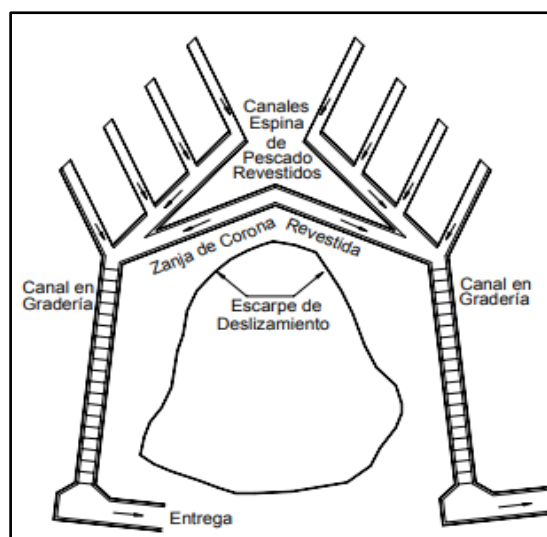


Figura 1.7 Vista en planta de un sistema de drenaje alrededor de un talud. (Suarez, 1998)

1.6.9. Subdrenajes horizontales

Uno de los principales problemas en las laderas montañosas de la sierra son los deslizamientos presentes debido a las características del suelo y las condiciones climáticas a las que se ve expuesto. En estas zonas montañosas existen depósitos glaciares e intensas lluvias las cuales contribuyen a los deslaves en esos sectores, una de las soluciones utilizadas en proyectos ingenieriles son los subdrenajes debido a que ayuda a reducir o impedir que aumente la presión de poros del suelo logrando que este tenga la resistencia óptima para la construcción de obras a su alrededor.

- **Cortinas subterráneas impermeables:** La función de las cortinas impermeables es frenar el paso de las aguas subterráneas, es decir impedir que lleguen a la zona de inestabilidad del talud provocando deslizamientos. Estas pueden ser construidas con zanjas rellenas de arcilla, asfalto, concreto, tablestacados o lechadas de bentonita.

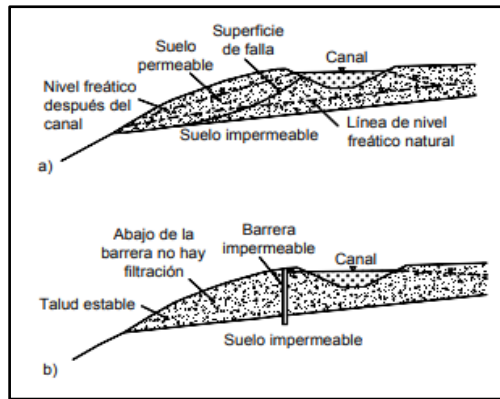


Figura 1.8 Ejemplo de uso de cortina impermeable. (Cornforth, 2005)

- **Drenes transversales de penetración:** Es un sistema de drenaje utilizado para disminuir la presión que se ejerce en el suelo y aumentar la estabilidad del talud en zonas de difícil acceso. Consiste en tuberías de PVC con perforaciones con diámetros mayores a 50mm las cuales se introducen mediante carros perforados en el terreno natural. Es necesario considerar el posible taponamiento de las perforaciones de la tubería por el material del suelo o la vegetación de la zona por lo que generalmente estas perforaciones son cubiertas con geotextil.

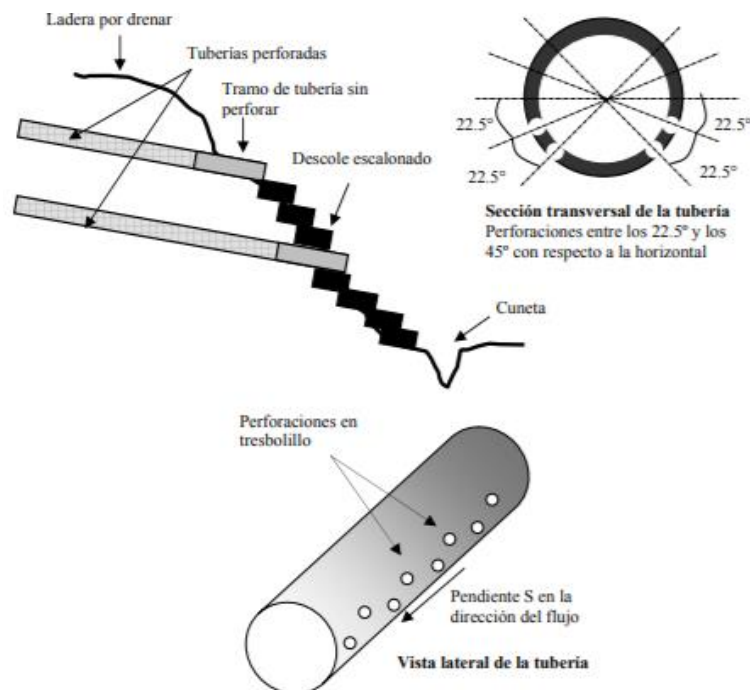


Figura 1.9 Drenes transversales de penetración. (Orozco Rivadeneira, 2007)

Una de las principales ventajas de su uso es la sencillez y rapidez de su instalación debido a que alcanza la superficie del talud en su totalidad siendo un drenaje por gravedad, la cual será recolectada en los sistemas de drenaje superficial del proyecto.

1.6.10. Terraceo

Para realizar asegurar la estabilidad de taludes es primordial contar con medidas de prevención y control a fin de reducir los niveles de amenaza y riesgo en la zona. Uno de los principales problemas presentes en la zona además de la inestabilidad es la erosión, por lo que realizar un terraceo en la superficie permitirá construir obras para controlarla y facilitar el establecimiento de vegetación, sin embargo, se debe tener en consideración que cada terraza deberá ser estable independientemente.

La construcción de bermas es un sistema de terraceo que permite asegurar un factor de seguridad óptimo para evitar los deslizamientos.

1.6.11. Tuberías de hierro dúctil fundido

El hierro dúctil tiene propiedades indispensables para la conducción de agua bajo presión. Los deslizamientos y reptaciones en el tramo crítico a tratar han causado que la tubería actual de hormigón simple que sirve para la conducción de agua hacia la represa Chanlud se vea afectada por fallas debido a la presión que el suelo ejerce sobre la misma. Una de las ventajas al usar tuberías de hierro dúctil es el margen de seguridad que tienen contra las fallas que provocan los movimientos y esfuerzos residuales teniendo una vida útil de larga duración, tiene una gran resistencia para soportar el manejo inapropiado y condiciones inestables del suelo.

1.6.12. Tuberías de hormigón armado

Estas tuberías son las más comunes, rápidas y económicas debido a su demanda en el mercado para la conducción de líquidos, tienen un buen funcionamiento debido a la solidez de las mismas. Una de las ventajas en su uso

es el menor impacto ecológico que genera en su medio, pues al ser una mezcla de arena, grava triturada y cemento tiene el menor impacto ecológico respecto a otros materiales que se usan en la fabricación de tuberías de conducción. Sin embargo, al ser elementos rígidos que funcionan óptimamente en redes hidráulicas libres o de baja presión no serían una opción favorable a elegir en la solución de nuestros diseños, debido a que la actual estructura de hormigón simple se ha visto afectada por las presiones del suelo y los deslizamientos que se han producido a lo largo de los años. El usar esta tubería en el tramo crítico del proyecto podría volver a generar las mismas complicaciones que tiene la tubería actual y se terminaría usando más presupuesto en reparar las fallas que provoquen la presión del suelo en la tubería o incluso volver a colocar una nueva sección de tubería en el sitio.

1.6.13. Estabilización de taludes usando geomallas biaxiales.

Las geomallas se componen de mallas de polipropileno y mallas de alta densidad haciendo que su uso para estabilizar taludes sea muy eficiente al aumentar el factor de seguridad del terreno, reducir grietas, etc. (Yoza Pincay, 2017)

1.6.14. Filtros de Geotextil

Los geotextiles son muy utilizados en la ingeniería civil para la separación, filtración, drenaje, protección y reforzamiento del suelo así también para controlar su erosión. Para su aplicación estos deben cumplir con ciertas normas de resistencia que permitan proporcionar estabilidad bajo el esfuerzo mecánico el cual es causado por la fragmentación y operaciones constructivas.

La durabilidad de los filtros de geotextiles se debe a que están elaborados por fibras poliméricas y resinas los cuales los hacen resistentes a agresiones ambientales. Son versátiles y flexibles lo cual permite que se adapten sobre cualquier superficie de suelo, no requieren equipo especializado por lo que se vuelve económicamente viable para aplicarle en la zona de análisis y de esta manera controlar la erosión y filtraciones.

1.6.15. Conductividad hidráulica

La conductividad hidráulica en los suelos depende de su porosidad, grado de saturación y la movilidad de líquidos y gases dentro del mismo. Se tiene dos tipos de conductividad hidráulica en suelos totalmente saturados y en suelos parcialmente saturados.

Conductividad hidráulica en suelos totalmente saturados.

Según la Ley de Darcy que relaciona la resistencia de la matriz del suelo para fluir agua y las fuerzas que actúan en cada elemento, cuando la presión de poros es positiva, el flujo del agua es saturado. (Donado Garzón, 2004)

Conductividad hidráulica en suelos parcialmente saturados.

Ocurre sobre el nivel freático, donde la ley de Darcy es factible siempre que se tenga en cuenta la conductividad hidráulica con el contenido de humedad.

CAPÍTULO 2

2. DESARROLLO DEL PROYECTO

2.1 Metodología

El presente análisis es de tipo técnico-descriptivo, debido a que se basó en el análisis de información recolectada en el sitio como son las propiedades geológicas, hidráulicas, sísmicas y estudios de suelos. La información recabada ha permitido corroborar la información de manera técnica por medio de programas que ayudaron a obtener resultados aproximados a la realidad.

Para conocer a detalle las fallas estructurales que se presentan en todo el tramo del canal de la hidroeléctrica Saucay se recolecto información de estudios realizados por otras empresas. Los perfiles y secciones de suelo se obtuvieron por medio del programa CIVIL 3D, estos resultados nos permitieron conocer la característica propia de la geología del lugar, pendientes y taludes, etc.

2.2 Trabajo de laboratorio

Análisis estadístico de datos

Se utilizaron los informes técnicos que resultaron de ensayos de laboratorio como granulometría, permeabilidad, compresibilidad, corte directo y densidad natural realizados a muestras del suelo de la zona de estudio en puntos cuyas calicatas se denominan de la siguiente manera: TPM02, TPM04, TPM11, TPC02, SPZ01 y que están cerca de las abscisas 7+150, 7+310, 7+270, 7+320, 7+210 respectivamente.

Así se obtuvieron los parámetros obtenidos por medio de la inferencia bayesiana presentados en el apéndice A en las tablas Tabla A., Tabla A.5 y Tabla A.6. Estos fueron ingresados al software de análisis de estabilidad de taludes y se evaluó la necesidad de complementar los taludes adyacentes al canal con alguna obra civil de acuerdo con los resultados que el programa arroje. Debido a que estas muestras no fueron tomadas directamente en zonas cercanas al canal (foco objetivo del proyecto), se calculó probabilísticamente parámetros que se

aproximen a la realidad con ayuda de una base de datos de más de 70 valores cuyo comportamiento se asemeja a una distribución normal y se comparará con los obtenidos en los estudios anteriormente mencionados planteando hipótesis para mantenerlos o descartarlos y utilizar la media de la base de datos previamente mencionada.

Análisis de estabilidad de taludes

➤ Análisis de elementos finitos

Se utilizará el software Slide de la firma Rocscience para evaluar el comportamiento de los distintos perfiles ingresados al sistema complementándolos con los parámetros establecidos anteriormente por medio de los análisis probabilísticos y de ensayos de laboratorio. El programa se encarga de realizar un modelado estadístico multidimensional a partir de eventos aleatorios, definiendo desde el inicio el número de eventos a ejecutar. (Iman & Davenport, 1980)

2.3 Descripción de las alternativas

2.3.1. Regeneración de tramos con problemas frecuentes o más afectados, con secciones nuevas de hormigón e impermeabilización del lomo.

Existen tramos que presentan daños significativos en su infraestructura, como consecuencia de los asentamientos e infiltraciones que ocurren muy a menudo, esto se muestra en las secciones 7+130 – 7+390 las cuales se evidencia deterioro total y se presentan juntas constructivas abiertas debido a las constantes lluvias que se presentan en el sitio y la falta de drenajes para que se efectúe una correcta evacuación del agua. Para mejorar estas falencias se recomienda cambiar estas secciones ya que en el análisis realizado a las secciones de tuberías existentes se determinó que no sería factible la colocación de epóxico, puesto que la tubería se muestra totalmente deteriorada.

Previo a la colocación de las nuevas secciones se compactará el terreno base, se añadirá una geomembrana para impermeabilizar la zanja del canal subterráneo y por encima de la capa de arena que se encuentra sobre el lomo de la tubería de concreto se construirá un dren francés. La operación del canal de conducción tendrá que verse interrumpida debido al mantenimiento, la factibilidad de la creación de un canal de conducción temporal será analizada posteriormente.

2.3.2. Estabilización de taludes adyacentes al canal de conducción con zanjas de drenaje y cortinas impermeabilizantes

Con el fin de evitar la paralización de operaciones en la hidroeléctrica por demasiado tiempo, se construirá sobre la capa de arena que envuelve el canal una zanja de drenaje impermeabilizada en su base con geotextiles que nos permita la estabilización de taludes para así reducir el impacto de las lluvias en el suelo por debajo de la tubería de concreto consiguiendo de esta manera mitigar los asentamientos diferenciales que se podrían presentar.

Paralelamente se implementarán cortinas impermeabilizantes para prevenir una falla en el talud contiguo al canal por las variaciones que se presentan en el caudal de flujo subterráneo (aumento de presión de poros).

2.3.3. Diseño de zanja de coronación compuesta de terrazas estabilizadoras con geomalla y vegetación.

La presencia de material coluvial ha influenciado a que esta zona sufra de desprendimientos constantes de material desde lo alto de sus taludes, con los datos analizados se identificó que la zona que posee mayor riesgo de desplazamientos de suelo se encuentra en los tramos 7+100 – 7+560 (abscisa del canal) es por este motivo que se diseñó terrazas estabilizadoras, las cuales se les reducirá el valor de la pendiente con el fin de disminuir el riesgo de desprendimientos de suelos.

Las terrazas generalmente son construidas de forma perpendicular a la pendiente del talud esto se implementa con el fin de que intercepte la escorrentía superficial que aquí ocurre, es por este motivo que las pendientes de los taludes estarán cubiertas de material vegetal debido a que esta zona es un sitio pedregoso es decir no existe variedad de vegetación se recomienda sembrar pasto.

Estas terrazas estarán constituidas de zanjas trapezoidales con el objetivo de disipar el peso del agua que cae sobre los taludes, las cuales acarrearán depósitos de suelos coluviales hacia el pie del talud, se plantea diseñar una zanja de coronación las mismas que estarán cubiertas por una geomembrana la cual permitirá recoger el agua superficial de la parte alta del talud la cual llegará a las cunetas para su correcta evacuación.

Debido a que en el tramo 7+520 – 7+550 ya existe un dren francés el cual no satisface las necesidades que esta obra requiere se realizará una ampliación de este incrementando su profundidad a 3m, el cual estará relleno de material granular de $\frac{3}{4}$ " y una tubería embebida de 4" de diámetro para ayudar a la evacuación de las aguas lluvias del sitio.

Este tipo de obras está siendo implementados en varios sectores aledaños a esta obra hidroeléctrica ya que muchos taludes son de similares características geotécnicas y al encontrarse adyacentes a vías de primer orden es de vital importancia implementar una solución y garantizar un buen servicio a la ciudadanía.

Restricciones

2.4.1. La falta de datos sobre las características del suelo por debajo del canal de conducción restringe el análisis de las necesidades a satisfacer de la obra por las diferencias que podrá haber entre los parámetros obtenidos por métodos probabilísticos ante los reales.

2.4.2. El clima resultará problemático durante la época de lluvias en la ejecución de la alternativa seleccionada, dada la ocurrencia de deslizamientos de tierra que obstruyen el paso de la única vía de acceso que hay para acceder a los siguientes tramos.

2.4.3. La necesidad de crear un canal temporal de conducción para evitar pérdidas económicas por interrupciones en las operaciones de la hidroeléctrica Saucay.

2.4.4. Coste del transporte de los elementos prefabricados desde el lugar de producción hasta la zona de uso final.

2.4.5. Falta de información sobre las secciones transversales de la tubería-terreno para seleccionar con precisión la alternativa más eficiente.

CAPÍTULO 3

3. DISEÑOS Y ESPECIFICACIONES

3.1 Diseños

Análisis de la amenaza sísmica.

El análisis de amenaza sísmica permitió predecir la intensidad del sismo en un sitio determinado, para ello se consideró datos relevantes como la historia sísmica, evidencias geológicas y actividades de fallas. A continuación, se detalla el estudio de peligrosidad sísmica y daños ocasionados con datos referenciales facilitados por la Universidad de Cuenca sobre su Reporte de Registro Acelerografico. (ver Apéndice B-Ilustración 1,2,3.)

Estimación de daños estructurales en tuberías como consecuencia de movimientos sísmicos.

A continuación, se presenta una estimación aproximada de roturas en la tubería a consecuencia de los movimientos sísmicos presentados en el Ecuador. Tomando como referencia los datos de sismicidad producidos en la zona en el año 2016 como consecuencia del terremoto ocurrido en Pedernales, Manabí.

Así mismo se consideró el valor de velocidad sónica de 3766.67 m/seg y los valores obtenidos por medio de los análisis de suelo realizados a diferentes profundidades que van desde 4 a 6m dando como resultado que el material predominante en el sitio de análisis son gravas arcillosas (GC) y arenas limo-arcillosas (SM y SC).

3.1.1 Evaluación de la amenaza sísmica

a) Asignar un factor de amenaza según el tipo de suelo, según tabla 3.1

Tabla 3.1. Factor de amenaza por deformación permanente del suelo (FTPS)

Denominación	Descripción	FDPS
Baja	Suelos bien consolidados, terrenos con pendientes bajas, rellenos bien compactados, áreas alejadas de cauces de ríos o fallas geológicas.	1.0
Moderada	Suelos consolidados, terrenos con pendientes menores al 25%, rellenos compactados, áreas cercanas a cruces de ríos o fallas geológicas.	1.5
Alta	Suelos mal consolidados, terrenos con pendientes superiores al 25%, áreas ubicadas muy cerca o dentro de cauces de ríos o fallas geológicas.	2.0

b) Asignar factor de amenaza por licuefacción, según tabla 3.2.

Tabla 3.2. Factor de amenaza por licuefacción (FLPS)

Denominación	Descripción	FDPS
Baja	Suelos bien consolidados y con alta capacidad de drenaje, estratos subyacentes sin contenido de arenas apreciable.	1.0
Moderada	Suelos con moderada capacidad de drenaje, estratos subyacentes con contenido de arenas moderado.	1.5
Alta	Suelos mal drenados, niveles freáticos altos, estratos subyacentes con alto contenido de arenas, zonas deltaicas de ríos y depósitos aluviales.	2.0

c) Asignar factor de amenaza por deformación permanente, según tabla 3.3.

Tabla 3.3: Factor de amenaza por deformación permanente (FDPS)

Denominación	Descripción	FDPS
Baja	Suelos bien consolidados, terrenos con pendientes bajas, rellenos bien compactados, áreas alejadas de cauces de ríos o fallas geológicas.	1.0
Moderada	Suelos consolidados, terrenos con pendientes menores al 25%, rellenos compactados, áreas cercanas a cruces de ríos o fallas geológicas.	1.5
Alta	Suelos mal consolidados, terrenos con pendientes superiores al 25%, áreas ubicadas muy cerca o dentro de cauces de ríos o fallas geológicas.	2.0

Con este análisis realizado obtenemos un resultado de 4.5 lo que indica que su amenaza sísmica es alta. Este resultado fue corroborado analizando el perfil de la abscisa más crítica (7+320) en condiciones dinámicas por medio del software Slide. Ver

3.1.2 Estimación de la vulnerabilidad.

El análisis de vulnerabilidad o daños que valla a sufrir la tubería de conducción va a estar expresado en “fallas por kilómetro de longitud”. Para esto debemos tomar en cuenta lo siguiente:

- o Tipo de material de la tubería de conducción.
- o Diámetros de tuberías
- o Factor de amenaza sísmica (calculado anteriormente)
- o Factores de corrección según el tipo de material y tiempo de vida útil.

3.1.3 Cálculo del número de fallas por kilómetro con tubería de hormigón deteriorada.

Se analizaron los 9 kilómetros de longitud del canal de conducción y el tramo más crítico del proyecto que corresponde a una longitud de 0.4 km aproximadamente.

Datos:

Material: tubería de concreto reforzado.

Características: en mal estado

Diámetro de tubería: 1800 mm

Tramo: 0.4 km de longitud en áreas de alta amenaza sísmica (Fas > 4)

El total de fallas esperadas se calcula con la ecuación (3.1)

$$\#de\ fallas = L * IBD * FMC$$

Ecuación (3.1)

Donde:

L=longitud de área de estudio.

IBD= Índice básico de daños tomando como referencia la intensidad de Mercalli.

FMC= Factores de corrección por tipo de material.

Nota: Para determinar el valor de IBD se debe considerar el estado de la tubería, si es vieja o está en mal estado este índice se incrementa en un 50%.

$$\# de fallas = (0.4km)(8)(2.60)$$

$$\# de fallas = 8.32 fallas/km$$

3.1.4 Cálculo del número de fallas por kilómetro con tubería de hormigón reforzado nuevo.

Datos:

Material: Tubería de hormigón armado.

Características: Nueva

Diámetro de tubería: 1800 mm

Tramo: 0.4 km de longitud en áreas de alta amenaza sísmica (Fas > 4)

$$\# \text{ de fallas} = (0.4\text{km})(4)(2.60)$$

$$\# \text{ de fallas} = 4.16 \text{ fallas/km}$$

3.1.5 Cálculo del número de fallas por kilómetro con tubería de acero dúctil.

Datos:

Material: Tubería de acero dúctil.

Características: Nueva

Diámetro de tubería: 1800 mm

Tramo: 0.4 km de longitud en áreas de alta amenaza sísmica (Fas > 4)

$$\# \text{ de fallas} = (0.4\text{km})(4)(0.25)$$

$$\# \text{ de fallas} = 0.4 \text{ fallas/km}$$

3.1.6 Cálculo del número de fallas por kilómetro con tubería de hierro fundido.

Datos:

Material: Tubería de hierro fundido.

Características: Nueva

Diámetro de tubería: 1800 mm

Tramo: 0.4 km de longitud en áreas de alta amenaza sísmica (Fas > 4)

$$\# \text{ de fallas} = (0.4\text{km})(4)(1)$$

$$\# \text{ de fallas} = 1.6 \text{ fallas/km}$$

3.1.7 Cálculo del número de fallas por kilómetro con tubería de PVC.

Datos:

Material: Tubería de PVC.

Características: Nueva

Diámetro de tubería: 1800 mm

Tramo: 0.4 km de longitud en áreas de alta amenaza sísmica (Fas > 4)

$$\# \text{ de fallas} = (0.4\text{km})(4)(1.5)$$

$$\# \text{ de fallas} = 2.4 \text{ fallas/km}$$

Realizado el análisis del número de fallas por kilómetro considerando las características actuales de la tubería y que se encuentra deteriorada obtenemos una cantidad de 8.32 fallas en los 0.4 km de análisis, debemos considerar que si se instala tuberías nuevas de igual material o diferente las fallas/km se reducirían de manera considerable tal como se expresa en la siguiente tabla.

Tabla 3.4 Porcentaje reducción de fallas/km según el tipo de material en tuberías.

Autores

Tipo de material	Reducción de fallas/km
Hormigón armado (nuevo)	50%
Acero dúctil	95%
Hierro fundido	80%
PVC	70%

Es por ello se consideró el uso de tuberías de hierro fundido para el reemplazo de las secciones comprometidas estructuralmente.

3.2 Análisis de estabilidad de taludes.

El análisis de estabilidad de taludes se basará en métodos probabilísticos para determinar el peligro de falla que esta genera y de esta manera poder plantear una solución al problema y evitar posibles deslizamientos a futuro que puedan afectar la vida de muchas personas y animales que estén en sus alrededores.

Análisis de elementos finitos

Haciendo uso del software Slide de la firma Rocscience y utilizando los datos detallados en las tablas A.2, A.4, A.5 y A.6, se realizó un análisis de la estabilidad de taludes con métodos determinísticos. Este método de análisis consiste en determinar a partir de datos obtenidos del terreno los parámetros resistentes del suelo simular el comportamiento de las partículas con los datos ingresados, y a partir de ello establecer un factor de seguridad para una superficie de falla determinada. La información arrojada por el programa puede ser apreciada en las figuras 5-9, en la tabla a continuación se puede apreciar un resumen de dichos datos.

Para la condición de inclusión de drenajes se consideró una eficiencia del mecanismo del 40%.

Tabla 3.5. Análisis de estabilidad de taludes en abscisa 7+320. Autores

Descripción	FS	Mejora relativa con condición original
Abscisa 7+320 en condición original	1.321	-
Abscisa 7+320 en condición original más nivel freático	1.312	-0.68%
Abscisa 7+320 con terraceo	1.434	8.55%
Abscisa 7+320 con terraceo más nivel freático	1.434	8.55%
Abscisa 7+320 con terraceo, nivel freático y drenaje	1.438	8.86%

Se puede apreciar una mejora en el comportamiento del suelo tras haber añadido el terraceo a la superficie inicial, por lo que se corrobora la necesidad de este diseño constructivo para estabilizarlo.

3.3 Material predominante en los taludes de la zona.

En base a la información recopilada se ha identificado las zonas que poseen mayor inestabilidad en sus taludes, como se puede observar en la figura 3.1, toda el área que se encuentra delimitada por la línea fucsia representa la zona más propensa a sufrir deslizamientos, ya que en esta zona predominan los depósitos de materiales coluviales los cuales representan un alto riesgo de inestabilidad y peligro para la ciudadanía ya que se encuentran ubicados a orillas de una vía de comunicación. Sus grandes pendientes influyen a que este problema se presente constantemente por lo que es necesario reducir su inclinación con el objetivo de crear una superficie estable.

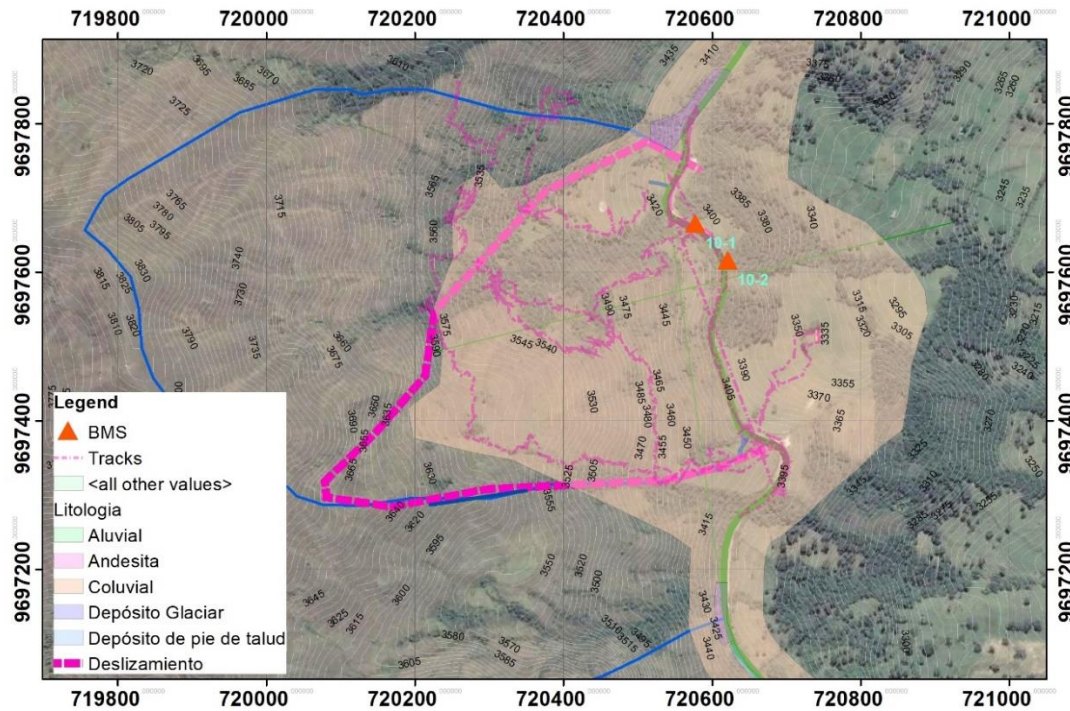


Figura 3.1 Zonas de riesgo por deslizamientos de material. Ing. Jhonny Encalada Guachun

3.4 Análisis del hormigón

Calidad

La tubería de hormigón con el que actualmente cuenta el canal de conducción es de 1.80 m de diámetro interno y 20 cm de espesor, se extrajeron muestras de las secciones de tuberías de hormigón para llevarlas al laboratorio y analizar su resistencia a la compresión (ver figura 3.2), mediante muestras extraídas del sitio, aunque no se tomaron especímenes del espesor que posee, se logró extraer la información necesaria para este análisis.

Debido a los esfuerzos a los que ha estado expuesta la tubería de conducción es necesario conocer la calidad del hormigón, durabilidad, densidad, porosidad e identificar el nivel de fisuras considerablemente graves que estas puedan presentar. Las pruebas de ultrasonido permiten conocer todos estos parámetros sin destruir la estructura que se desea analizar, esta prueba se la realiza en campo y consiste en medir el tiempo de recorrido de una onda ultrasónica dentro del hormigón, entre un transductor emisor y un transductor receptor, acoplados al hormigón que se desea ensayar. (ITEC, Instituto de Tecnología de la Construcción, s.f.)



Figura 3.2 Extracción de muestras de hormigón. (Universidad de Cuenca - Empresa Pública)

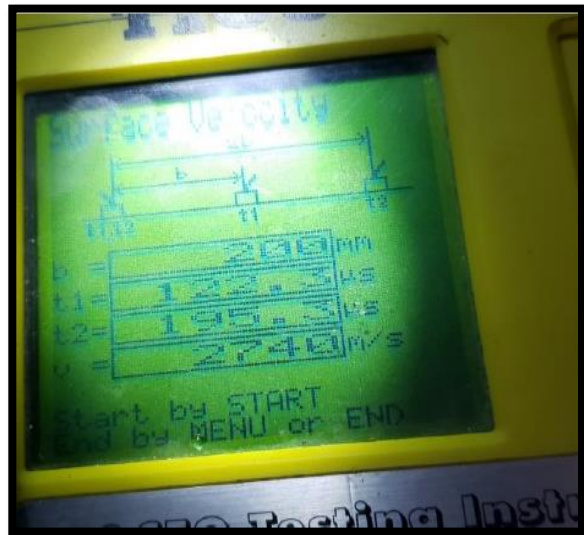


Figura 3.3 Pruebas de campo con el equipo de ultrasonido. (Universidad de Cuenca - Empresa Pública)

A continuación, se presenta un resumen de los resultados obtenidos de las pruebas de ultrasonido realizadas en los hormigones, con su respectiva categorización en términos de calidad, la metodología de cálculo de la velocidad está presentada en el manual de usuario del equipo Proceq Tico Ultrasonic instrument. (ver tabla 3.5)

Tabla 3.56 Calidad del hormigón del canal como respuesta a los impulsos ultrasónicos. (Universidad de Cuenca - Empresa Pública)

Abscisa	Tipo de medición	Tiempo t1	Tiempo t2	Distancia entre transductores (m/s)	Velocidad del pulso (m/s)	Calidad del hormigón		Observaciones
						Método * 1	Método **2	
6+200	indirecta	86.3	176.3	200	2220	Pobre		
6+250	indirecta	122.9	24.7	200	1612	Muy pobre	Pobre	Posible micro fisuración interna
6+300	indirecta	122.3	195.3	200	2740	Pobre	Regular	
6+350	indirecta	144.2	235	200	2200	Pobre		
6+400	indirecta	128.9	218	200	2240	Pobre		
6+450	indirecta	93.2	203	200	1821	Muy pobre	Pobre	Posible micro fisuración interna
7+950	indirecta	156.1	444	200	695	Muy pobre	Pobre	Posible micro fisuración interna
8+000	indirecta	114.2	229	200	1742	Muy pobre	Pobre	Posible micro fisuración interna
*Según Leslie y Chessman								
** Según Agraval et Al.								

Resistencia a la tracción.

Esta resistencia es importante con respecto al agrietamiento que se está produciendo en el canal de conducción, debido a que este ensayo se encarga de determinar el índice de formación y propagación de las grietas, al mismo tiempo permitirá conocer las falencias que presenta el hormigón para proponer alternativas de solución o tratamiento que permitan mejorar las condiciones de servicio. Los resultados de las pruebas realizadas que se detallan en la tabla 3.6 fueron realizadas en campo por el método de adherencia de Pull off, el cual está avalado por la norma ASTM D7234.

Tabla 3.7 Resultados de las pruebas de resistencia a la tracción mediante pruebas Pull - off. Empresa Pública de la Universidad de Cuenca – UCUENCA EP

Abscisa	Ubicación	Diámetro pastilla (cm)	Área pastilla (cm)	Carga de tensión Kn	Resistencia a la tracción Mpa	Resistencia promedio	Tipo de falla
6+195	Cara derecha	5	19.63	7.09	3.61	3.55	100% hormigón
	Clave	5		7.48	3.81		
	Cara izquierda	5		6.36	3.24		
6+250	Cara derecha	5	19.63	6.99	3.56	3.75	100% hormigón
	Clave	5		8.52	4.34		
	Cara izquierda	5		6.60	3.36		
6+300	Cara derecha	5	19.63	7.81	3.96	3.07	100% hormigón
	Clave	5		7.97	4.06		
	Cara izquierda	5		2.30	1.17		
6+350	Cara derecha	5	19.63	5.18	2.64	2.94	100% hormigón
	Clave	5		5.54	2.82		
	Cara izquierda	5		6.62	3.37		
6+400	Cara derecha	5	19.63	6.58	3.35	3.94	100% hormigón
	Clave	5		9.84	5.01		
	Cara izquierda	5		6.81	3.47		
6+450	Cara derecha	5	19.63	6.24	3.18	2.50	100% hormigón
	Clave	5		3.48	1.77		
	Cara izquierda	5		4.99	2.54		
7+950	Cara derecha	5	19.63	6.13	3.12	3.69	100% hormigón
	Clave	5		8.44	4.30		
	Cara izquierda	5		7.19	3.66		
8+000	Cara derecha	5	19.63	5.30	2.70	2.86	100% hormigón
	Clave	5		2.43	1.24		
	Cara izquierda	5		9.09	4.63		
Elemento analizado: Hormigón base, evitando posibles recubrimientos de tratamiento.							
Tipo de limpieza del elemento: Mecánica							
Observaciones: Todas las abscisas analizadas cumplen con la normativa ACI 440, excepto la abscisa 8+700, todos los hormigones son aptos para recibir tratamientos estructurales adheridos sin necesidad de anclajes, y/o tratamientos con epóxicos estructurales, con la observación en la abscisa 8+700 y alrededores se necesitará también anclaje.							

Patologías encontradas

Para determinar las zonas más afectadas de acuerdo con los análisis presentados se utilizó el método de determinación de la tipología de fisuración acorde a lo que establece la norma ACI 224R-19 (ver tabla 3.7), de acuerdo con esto se presenta el siguiente resumen en la tabla 3.8.

Tabla 3.8 Guía para anchos de fisura aceptables. ACI 224 R – 19.

Exposure condition	Crack width	
	in	mm
Dry air or protective membrane	0.016	0.41
Humidity, moist air, soil	0.012	0.30
Deicing chemicals	0.007	0.18
Seawater and seawater spray, wetting and drying	0.006	0.15
Water – retaining structures	0.004	0.10

Tabla 3.9 Resumen de deterioros y patologías encontradas en el canal, Abscisas

7+086 - 8+020. Empresa Pública de la Universidad de Cuenca – UCUENCA EP

Abscisas en el canal	Descripción del evento	Longitud canal afectado (m)	Longitud a intervenir (m)	Abscisas en la vía
7+086 – 7+089	Entrada a canal (malla)			7+756 – 7+759
7+101 – 7+107	Fracturas en muros y soleras en actividad	6.00		7+791 – 7+797
7+137 – 7+175	Fisuras en las partes laterales de la sección del canal	38.00		7+997 – 7+835
7+175 – 7+230	Daño estructural en toda la sección del canal	55.00		7+835 – 7+830
7+252 – 7+257	Dos juntas constructivas fracturadas	0.00		7+912 – 7+917
7+275	Junta constructiva fracturada	0.00		7+935
7+285	Junta constructiva fracturada	0.00		7+945
7+294	Junta constructiva fracturada	0.00		7+964
7+303	Junta constructiva fracturada	0.00		7+963
7+325	Junta constructiva fracturada	0.00		7+985
7+325 – 7+380	Daño estructural en toda la sección del canal	55.00		7+985 – 8+040
7+380 – 7+385	Daño estructural en toda la sección de la cámara	5.00		8+040 – 8+045
7+960	Junta constructiva fisurada	1.00	3.20	8+530
7+980 – 8+150	Canal completamente saturado por la humedad exterior	170.00		
7+980	Junta constructiva fisurada	1.00	3.20	8+540
7+985	Junta constructiva fisurada	1.00	5.50	8+645
7+988	Junta constructiva fisurada	1.00	5.22	8+548
7+997	Junta constructiva fisurada	1.00	6.22	8+657
8+020	Junta constructiva fisurada	1.00	5.22	8+580

Dentro de los análisis realizamos se encontró que existen dos tramos críticos, el primero va desde la abscisa 7+130 – 7+390 el cual presenta deterioro tonal de su infraestructura y el segundo va desde la abscisa 7+980 – 8+150 en esta sección existen 19 juntas constructivas abiertas las cuales permiten que se generen fugas, a estas ya se les ha brindado mantenimiento y reparaciones con materiales elastoméricos sin lograr un resultado eficiente puesto que las fisuras incrementan sus fallas.

3.5 Consideraciones para el diseño

Para el análisis del siguiente proyecto se estudiaron diferentes estudios de suelos, sísmicos, hidráulicos y resistencia de hormigón, los cuales se detallarán a continuación en el uso de resultados aplicado para las diferentes soluciones planteadas.

Para conocer el tipo de suelo que se presenta a lo largo del canal de conducción se manejaron los resultados de la clasificación de suelo. En el ensayo de granulometría se utilizaron diferentes tipos de mallas, así se obtuvo el tipo de material predominante en la zona.

Límites de ATTERBERG se obtuvieron los resultados de límite plástico y límite líquido nos permitió conocer el contenido de humedad por debajo del cual el suelo se comporta como un material plástico. Con la realización de los dos ensayos anteriores se obtuvieron los siguientes resultados:

- ✓ Perforación TPM 11 M1: arcilla ligera arenosa CL
- ✓ Perforación TPC 01: Grava limosa con arena GM
- ✓ Perforación TPM 03 M2: Arcilla ligera arenosa CL.
- ✓ Perforación TPM 03 M1: Arena limosa SM

Para determinar el factor de seguridad de los taludes existentes en el sitio se utilizó el ensayo de corte directo que indica como resultado una cohesión=0,00 kg/cm² y el Ángulo de fricción de 36°.

El ensayo de penetrómetro se lo analizó para conocer la resistencia que opone el suelo cuando se lo hinca con este equipo, este ensayo determino que posee estratos de suelos rocosos.

Para realizar el análisis de la estabilidad de los taludes se consideró los ensayos de granulometría y corte directo que especifican el tipo de material predominante del sitio, con esto se determinó que es un material granular no cohesivo.

Realizando el análisis de peligrosidad sísmica presente en el suelo se utilizó el ensayo de velocidad sónica y el reporte de Registro Acelero gráfico reportando los movimientos que se presentaron en el último terremoto ocurrido el 16 de abril del 2016.

Para realizar el diseño de las zanjas trapezoidales que estarán ubicadas en cada terraza de suelo se considerara los estudios hidrológicos, para conocer la cantidad de precipitación que afecta a la zona. Así conocer el caudal de agua que deberán conducir estas zanjas hasta una cuneta de evacuación. Para conocer la velocidad con que irá el agua por este sector se utilizará la ecuación de Manning.

Ensayos considerados para determinar solución al problema de tubería de conducción y análisis al hormigón que actualmente posee:

- ✓ Resistencia a la compresión.
- ✓ Prueba de campo con el equipo de ultrasonido aplicado a las tuberías de hormigón.
- ✓ Ensayo de resistencia a la tracción del hormigón mediante pruebas Pull-off.

Los ensayos antes mencionados se utilizaron para conocer el tipo de falencia que posee la tubería de conducción, conocer las secciones críticas a las cuales se les está brindando una solución ya que los estudios reflejaron que la resistencia del hormigón de estas secciones es baja, por lo que consecuentemente en un futuro ocasionaría un colapso de esta.

3.6 Alternativas de solución.

Alternativa 1 - Regeneración de tramos con problemas frecuentes o más afectados, con secciones nuevas de hierro fundido dúctil e impermeabilización del lomo.

Existen tramos que presentan daños significativos en su infraestructura, como consecuencia de los asentamientos e infiltraciones que ocurren muy a menudo, esto se muestra en las secciones 7+130 – 7+390 las cuales evidencian deterioro total y juntas constructivas abiertas debido a las constantes lluvias que se presentan en el sitio y la falta de drenajes para que se efectúe una correcta evacuación del agua. Para mejorar estas falencias se recomienda cambiar estas secciones ya que en el análisis realizado a las secciones de tuberías existentes se determinó que no sería factible la colocación de epóxico, puesto que la tubería se muestra totalmente deteriorada.

Previo a la colocación de las nuevas secciones se compactará el terreno base, se añadirá una geomembrana para impermeabilizar la zanja del canal subterráneo y por encima de la capa de arena que se encuentra sobre el lomo de la tubería de concreto se construirá un dren francés.

La operación del canal de conducción tendrá que verse interrumpida debido al mantenimiento.

Alternativa 2 - Estabilización de taludes adyacentes al canal de conducción con terrazas y subdrenes horizontales perforados.

Con el fin de evitar la paralización de operaciones en la hidroeléctrica por demasiado tiempo, se construirá sobre la capa de arena que envuelve el canal una zanja de drenaje impermeabilizada en su base con geotextiles que nos permita la estabilización de taludes para así reducir el impacto de las lluvias en el suelo por debajo de la tubería de concreto consiguiendo de esta manera mitigar los asentamientos diferenciales que se podrían presentar.

Asimismo, se añadirán subdrenes con el objetivo de reducir el nivel freático por debajo de la tubería, desacelerando el proceso natural de lavado de finos por la infiltración del agua lluvia.

Alternativa 3 - Diseño de zanja de coronación compuesta de terrazas estabilizadoras con geomalla y vegetación.

La presencia de material coluvial ha influenciado a que esta zona sufra de desprendimientos constantes de material desde lo alto de sus taludes, con los datos analizados se identificó que la zona que posee mayor riesgo de desplazamientos de suelo se encuentra en los tramos 7+100 – 7+560 (abscisa del canal) es por este motivo que se diseñó terrazas estabilizadoras, las cuales se les reducirá el valor de la pendiente con el fin de disminuir el riesgo de desprendimientos de suelos. Las terrazas generalmente son construidas de forma perpendicular a la pendiente del talud esto se implementa con el fin de que intercepte la escorrentía superficial que aquí ocurre, es por este motivo que las pendientes de los taludes estarán cubiertas de material vegetal debido a que esta zona es un sitio pedregoso es decir no existe variedad de vegetación se recomienda sembrar pasto.

Estas terrazas estarán constituidas de zanjas trapezoidales con el objetivo de disipar el peso del agua que cae sobre los taludes, las cuales acarrearán depósitos de suelos coluviales hacia el pie del talud, se plantea diseñar una zanja de coronación las mismas que estarán cubiertas por una geomembrana la cual

permitirá recoger el agua superficial de la parte alta del talud la cual llegará a las cunetas para su correcta evacuación.

Debido a que en el tramo 7+520 – 7+550 ya existe un dren francés el cual no satisface las necesidades que esta obra requiere se realizará una ampliación de este incrementando su profundidad a 3m, el cual estará relleno de material granular de ¾” y una tubería perforada embebida de 4” de diámetro para ayudar a la evacuación de las aguas lluvias del sitio.

Este tipo de obras está siendo implementado en varios sectores aledaños a esta obra hidroeléctrica ya que muchos taludes son de similares características geotécnicas y al encontrarse adyacentes a vías de primer orden es de vital importancia implementar una solución y garantizar un buen servicio a la ciudadanía.

3.7 Selección de alternativa óptima

Tomando en cuenta la necesidad de la evacuación de escorrentía superficial a una zona más estable del talud y la prioridad de asegurar la integridad estructural del canal de conducción Chanlud-Tuñi se optó por seguir las 2 primeras alternativas presentadas con la finalidad de proveer confianza en la eficiencia de la hidroeléctrica Saucay I mejorando los factores que ayudan a prolongar la vida útil del canal: reducir desplazamientos diferenciales por lavado de finos y reducir deslizamientos de suelo en los taludes adyacentes.

Diseño de estructura de control de escorrentía

3.7.1 Dimensionamiento de zanjas de terrazas de drenaje

➤ Caudal de escorrentía.

$$Q = C * I * A$$

Ecuación (3.5)

Donde:

Q= Caudal (m³/seg)

I= Intensidad de lluvia (mm/h)

A= área que se va a drenar (ha)

C= Coeficiente de escorrentía

La Geotechnical Engineering Office (1984) recomienda utilizar para taludes un valor de C=1.0 lo cual indica una sobreestimación de la escorrentía, se toma en cuenta esto debido a los procesos de sedimentación que se puedan presentar.

$$Q = (1) * (0.09)(10)$$

$$Q = 0.9 \text{ m}^3/\text{seg}$$

➤ Velocidad de flujo

La velocidad de flujo se la obtendrá con la ecuación de Manning, para esto debe considerarse que la velocidad máxima permisible no debe superar los 4,5 m/seg como indica la norma ecuatoriana, esto para evitar el desgaste del recubrimiento del concreto y posibles erosiones. Para impedir la sedimentación en el canal debido a materiales que puedan bajar se recomienda que la pendiente no debe ser menor al 2%. El material predominante en el diseño de este tipo de zanjas de drenaje es el hormigón armado por lo que su coeficiente de rugosidad es igual a 0.013.

$$V = \frac{1}{\eta} (R^{0.67} S^{0.5})$$

Ecuación (3.6)

Donde:

V= Velocidad en m/seg

η = Factor de rugosidad

R= Profundidad hidráulica media. Área /perímetro (m)

S= Pendiente promedio del canal

$$V = \frac{1}{0.013} (0.25^{0.67} 0.02^{0.5})$$

$$V = 4.30 \text{ m/seg}$$

➤ **Cálculo de la sección del canal**

Para seleccionar la velocidad con la que se considera que el agua va a pasar por el canal de drenaje se seleccionaron valores de acuerdo al tipo de material, para esto se determinaron los valores que recomiendan Agres y Scoates (tabla 3.9). Debido a que el canal que se desea implementar en la parte alta del canal será de hormigón armado se considera realizar el diseño con una velocidad de 4,5 m/s.

Tabla 3.10 Velocidades máximas permitidas en canales. Agres y Scoates, 1939, aumentada con valores de Foster, 1967

Material	Velocidad (m/s)
Suelo arenoso muy suelto	0.30 – 0.45
Arena gruesa o suelo arenoso suelto	0.46 – 0.60
Suelo arenoso promedio	0.61 – 0.75
Suelo franco arenoso	0.76 – 0.83
Suelo franco de aluvión o ceniza volcánica	0.84 – 0.90
Césped de crecimiento ralo o débil	0.90
Suelo franco pesado o franco arcilloso	0.90 – 1.20
Suelo con vegetación regular	1.22
Suelo arcilloso o cascajo	1.20 – 1.50
Césped vigoroso, denso y permanente	1.52 – 1.83
Conglomerados, cascajo cementado, pizarra blanda	1.80 – 2.40
Roca dura	3.00 – 4.50
Hormigón	4.51 – 6.00

Con respecto a lo señalado anteriormente se calcula el caudal que se estima que pase por la zanja de coronación.

$$Q = A * V$$

Ecuación (3.7)

Donde:

Q= caudal m³/seg

A= Área de la sección m²

V= Velocidad m/seg

$$A = \frac{Q}{V}$$

$$A = \frac{0.9 \text{ m}^3/\text{seg}}{4.5 \text{ m/seg}}$$

$$A = 0.2 \text{ m}^2$$

➤ **Cálculo del tirante (*h*)**

Para determinar la altura con la que va a ser diseñada la zanja de coronación, se necesita conocer el ángulo de inclinación, es por esta razón que se ha tomado como referencia la pendiente más crítica analizada dentro del perfil de suelo.

$$h = \sqrt{\frac{A * \text{Cos } \alpha}{2 - \text{sen } \alpha}}$$

Ecuación (3.8)

Donde:

A= sección del canal en m²

α = Angulo del talud con respecto a la vertical. Se recomienda usar un ángulo de 30°

$$h = \sqrt{\frac{0.2 \text{ m}^2 * \text{Cos } 30}{2 - \text{sen } 30}}$$

$$h = 0.35 \text{ m}$$

➤ **Cálculo de la base de fondo (b)**

$$b = \frac{A}{h} * h * \operatorname{tg} \alpha$$

Ecuación (3.9)

$$b = \frac{0.2 \text{ m}^2}{0.35 \text{ m}} * 0.35 \text{ m} * \operatorname{tg} 30$$

$$b = 0.30 \text{ m}$$

➤ **Cálculo de la longitud de talud (L)**

$$L = \frac{h}{\cos \alpha}$$

Ecuación (3.10)

$$L = \frac{0.35 \text{ m}}{\cos 30}$$

$$L = 0.40 \text{ m}$$

Por todos los cálculos realizados anteriormente se determina que el perímetro mojado es:

$$P = b + 2L$$

Ecuación (3.11)

$$P = 0.30\text{m} + 2(0.40\text{m})$$

$$P = 1.1 \text{ m}$$

➤ **Cálculo de la revancha (r)**

Esta ecuación está definida empíricamente con el objetivo de crear un margen de seguridad o excedente de longitud para que en caso de incrementos de agua no existan derrames de agua.

$$r = \frac{1}{3} * h$$

Ecuación (3.12)

$$r = 0.10m$$

Se determina que el canal va a ser de las siguientes medidas: b= 30 cm, h=50 cm, l =40 cm y un excedente para evitar reboses de agua de 10cm.

3.7.2 Dimensionamiento de terrazas estabilizadoras.

Cuando existen inestabilidades de taludes se pueden analizar varias soluciones tomando en cuenta el factor de seguridad y el tipo de suelo que predomine en la zona, para conocer si el talud es considerablemente inestable se debe analizar a detalle la estructura y composición de sus materiales constitutivos. En este análisis se prevé realizar una estabilidad de talud construyendo terrazas de tierra, las cuales permitirán disminuir las pendientes del sitio, al disminuir la pendiente del talud se reduce el riesgo de que ocurran deslizamientos ya que se disminuyen las fuerzas actuantes que recaen en ellos.

Para determinar la pendiente idónea que deberán tener los taludes se utilizó la tabla 3.10. la cual indica una pendiente sugerida a utilizar tomando en cuenta el tipo de material que se encuentra en el lugar, en este caso tenemos un suelo no cohesivo, es decir material granular sin ninguna cementación lo que hace que sean más inestables y de fácil desprendimiento. Por esto se ha seleccionado el material roca blanda y arena pues es el material más predominante en los taludes. (Jaime Suarez, 2019)

Tabla 3.11 Pendientes típicas para taludes en cortes. (Asociación de carreteras del Japón)

Material	Propiedades	Altura del Corte	Pendiente Sugerida
Roca dura			0.3H:1V a 0.8H:1V
Roca blanda			0.5H:1V a 1.2H:1V
Arena	Poco densa		1.5H:1V a 2H:1V
	Denso	Menos de 5 5 a 10	0.8H:1V a 1H:1V 1H:1V a 1.2H:1V
Suelo arenoso	Poco denso	Menos de 5 5 a 10	1H:1V a 1.2H:1V 1.2H:1V a 1.5H:1V
	Densa	Menos de 5 5 a 10	0.8H:1V a 1H:1V 1H:1V a 1.2H:1V
Mezcla de arena con grava o masas de roca	Poco densa	Menos de 10 10 a 15	1H:1V a 1.2H:1V 1.2H:1V a 1.5H:1V
Suelos cohesivos		0 a 10	0.8H:1V a 1.2H:1V
Suelos cohesivos mezclados con masa de roca o bloques		Menos de 5 5 a 10	1H:1V a 1.2H:1V 1.2H:1V a 1.5H:1V

Se elaborarán terrazas de 6 metros de berma, con taludes de 7 metros de altura, siguiendo una relación 1:1 de acuerdo con lo antes expuesto. Adicionalmente las terrazas contarán con un 2% de pendiente transversal para mejorar la eficiencia de drenaje de estas.

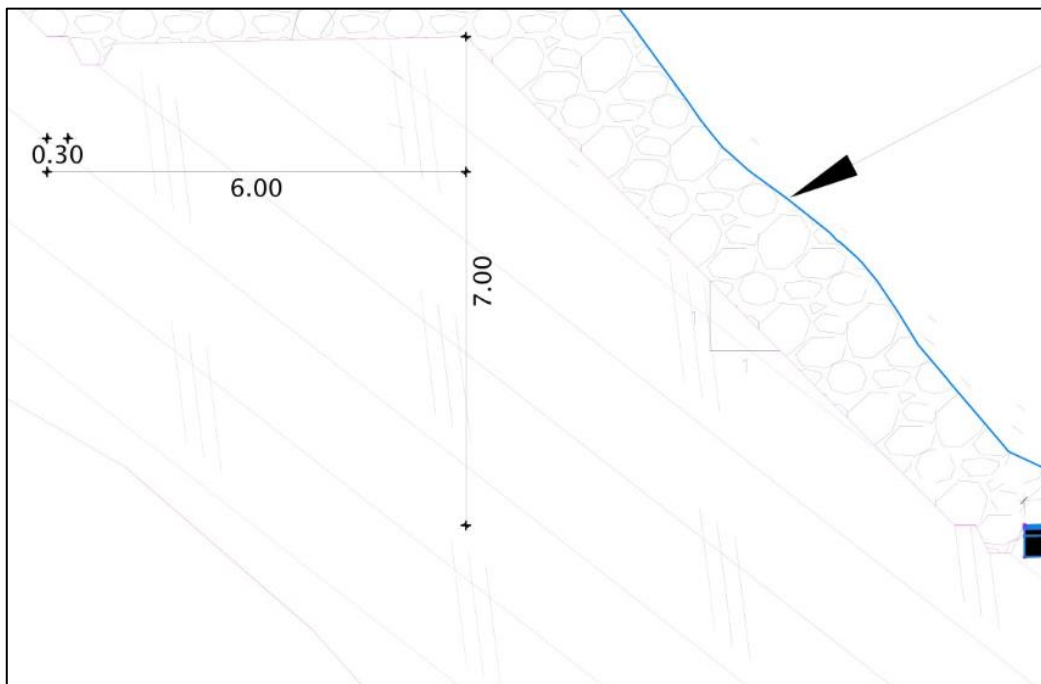


Figura 3.4 Detalle de la terraza a elaborar. Autores

Las terrazas estabilizadoras estarán cubiertas por vegetación esto con el fin de reducir el exceso de agua que cae en el lugar debido a las altas precipitaciones y proteger al talud de las corrientes de viento, para una correcta plantación se debe tomar en cuenta el ángulo de inclinación de la pendiente, la misma que no debe ser mayor de 60° por lo que es de difícil acceso y también al momento de que el agua lluvia cae, esta no es interceptada por el talud por lo que no existiría infiltración y por ende no existiría la humedad necesaria para que la vegetación germinase y prospere.

Para esto se debe considerar que existen ciertos tipos de plantas originarios del lugar los cuales pueden tener ventajas y desventajas para su colocación que se pueden apreciar en la tabla 3.16.

Tabla 3.12 Ventajas y desventajas de los diversos tipos de plantas. (Gray & Sotir, 1996)

Tipo	Ventajas	Desventajas
Pastos	Versátiles y baratos, variedades para escoger con diferentes tolerancias; fácil de establecer; buena densidad de cobertura.	raíces poco profundas y se requiere mantenimiento permanente.
Juncos	Crecen rápidamente y son fáciles de establecer en las riberas de ríos.	Difíciles de obtener y el sistema de plantación no es sencillo.
Hierbas	Raíz relativamente profunda.	Algunas veces son difíciles de establecer y no se consiguen raíces.
Arbustos	Variedades para escoger. Existen especies que se reproducen por estaca. Raíz profunda, buena cobertura, bajo mantenimiento.	Algunas veces son difíciles de establecer.
Arboles	Raíces profundas, no requieren mantenimiento.	Es demorado su establecimiento y generalmente son más costosos.

Tomando en cuenta estas características se determinó realizar terrazas estabilizadoras de corte con una pendiente 0.75H: 1V con lo cual obtendríamos un ángulo de inclinación de 39.80°.

3.8 Especificaciones técnicas

- **Rubro No. 1.1 Limpieza y desbroce de material a máquina incluye desalojo.**

Descripción

Se realizará las extracciones de materia vegetal sobre toda la superficie donde se realizarán las adecuaciones del proyecto.

Procedimiento

Se señalará el área a excavar mediante cal e hitos para la delimitación del terreno.

Unidad: m²

Materiales mínimos: estacas, cal.

Equipo mínimo: herramienta manual.

Mano de obra mínima: maestro mayor, Peón, maquinista.

Medición y forma de pago

El área total se calculará mediante las medidas adoptadas y se realizará el pago en unidad de superficie de metro cuadrado (m²).

- **Rubro No. 1.2 Trazado y replanteo**

Descripción

Se entiende como trazado y replanteo, al trazado de área donde se realizará las excavaciones para reparar las secciones de tuberías y estabilización de taludes de acuerdo con las especificaciones técnicas de los planos constructivos.

Procedimiento

Se colocarán hitos en toda la sección a excavar, estos se mantendrán hasta la culminación de la obra. La correcta ejecución de este rubro será verificada por el fiscalizador de obra.

Unidad: m²

Materiales mínimos: estacas, pintura esmalte.

Equipo mínimo: herramienta manual, equipo topográfico.

Mano de obra mínima: maestro mayor, peón, topógrafo.

Medición y forma de pago

El área total se calculará mediante las medidas adoptadas y se realizará el pago en unidad de superficie de metro cuadrado (m²).

➤ **Rubro No. 2.1 Excavación de terreno natural**

Descripción

La estabilización de taludes requiere de excavación o retirada de material, para la cual se utilizará una retroexcavadora. En las zonas más peligrosas el contratista dispondrá de las medidas de seguridad que se requieran utilizar en estas áreas.

Unidad: m³

Equipo mínimo: herramienta menor, retroexcavadora.

Mano de obra mínima calificada: Estructura ocupacional C2, Estructura Ocupacional E2, Estructura Ocupacional D2.

Medición y forma de pago

Se calculará todo el volumen a excavar y se pagará por unidad de superficie metro cúbico (m³).

➤ **Rubro No. 2.2 Desalojo de material residual**

Descripción

Se retiro todo el material natural y defectuosa sobrante a una escombrera cerca del sitio. El rubro incluye el desalojo total, en las áreas que se determine como necesarias.

Unidad: m³

Materiales mínimos: ninguno.

Equipo mínimo: herramienta menor y volqueta.

Mano de obra mínima: Operador de volqueta, operador de retroexcavadora, maestro mayor y Peón.

Medición y forma de pago

Se medirá el volumen del terreno desalojado y material defectuoso su forma de pago es en la unidad de metro cubico (m^3).

➤ **Rubro No. 2.3 Compactación de terrazas**

Descripción

Se define como compactación al apisonamiento de tierra con la finalidad de aumentar el nivel de densidad del material que compone un terreno.

Procedimiento

Luego del corte de tierra que se realizara en los taludes que poseen grandes pendientes, se procederá a la compactación, colocando varias capas de agua y con ayuda de un liso ayudan a que el suelo quede firme.

Unidad: m^3

Materiales mínimos: Agua.

Equipo mínimo: herramienta menor, plancha vibropisonadora.

Mano de obra mínima: Peón, cadenero, topógrafo.

Medición y forma de pago

Se medirá el volumen de suelo a compactar según las secciones de suelo obtenidas por medio del software Civil 3D la unidad de pago será en metros cúbicos (m^3).

➤ **Rubro No. 2.4 Compactación de terrazas y zanjas**

Descripción

Se define como compactación al apisonamiento de tierra con la finalidad de aumentar el nivel de densidad del material que compone un terreno.

Procedimiento

Luego del corte de tierra que se realizara en los taludes que poseen grandes pendientes, se procederá a la compactación, colocando varias capas de agua y con ayuda de un liso ayudan a que el suelo quede firme.

Unidad: m³

Materiales mínimos: Agua.

Equipo mínimo: herramienta menor y compactador mecánico.

Mano de obra mínima: Peón, albañil y maestro de obra.

Medición y forma de pago

Se medirá el volumen de suelo a compactar según las secciones de suelo obtenidas por medio del software Civil 3D la unidad de pago será en metros cúbicos (m³).

➤ **Rubro No. 3.1 Excavación de material**

Descripción

Dentro de la excavación se ha considerado por separado la extracción de las secciones de tuberías deterioradas que equivale a una longitud de 300 m. ya que esto tendrá otro manejo por ser material de hormigón, por lo que será enviado a otro tipo de escombreras.

Procedimiento

Primero se procederá a la excavación del material natural de suelo para luego extraer la tubería deteriorada.

Unidad: m³

Equipo mínimo: herramienta menor, retroexcavadora y volqueta.

Mano de obra mínima: Operador de retroexcavadora, operador de volqueta, maestro mayor y Peón.

Medición y forma de pago

Se medirá el volumen de acuerdo con la profundidad a la que está ubicada la tubería a extraer, la forma de pago se la realizará por unidad de metro cubico (m³).

➤ **Rubro No. 3.2 Suministro e instalación de tubería de hierro dúctil**

Descripción

Se instalará una tubería de hierro fundido dúctil prefabricada por vibro compresión bajo el estándar ISO 2531, clase 60, carga de rotura 60 kg/m² de 2000 mm de diámetro nominal, 2.38 m de longitud total de las cuales 2.35 mm de longitud son útiles. Posee junta de caucho EPDM. Para la instalación de este tipo de tubería se necesita equipos que puedan transportarlas de un lugar a otro tomado en cuenta el peso y la longitud de estas y el cuidado que se le debe brindar para evitar daños de su estructura.

Unidad: m

Materiales mínimos: lubricante de unión

Equipo mínimo: camión grúa, retrocargadora, rodillo y herramienta menor.

Mano de obra mínima: Operador de camión grúa, operador de retrocargadora, maestro mayor y Peón.

Medición y forma de pago

El pago se lo realizara por unidad de acuerdo con el número de tubos que se han instalados (u).

➤ **Rubro No. 3.3 Desalojo de sección defectuosa**

Descripción

Se desalojará las secciones defectuosas de hormigón simple que abarcan el tramo crítico del canal de conducción. Para el desalojo se necesita equipos que puedan transportarlas de un lugar a otro tomado en cuenta el peso y la longitud de estas.

Unidad: m

Equipo mínimo: Volqueta.

Mano de obra mínima: Operador de volqueta y peón.

Medición y forma de pago

El pago se lo realizara por unidad de acuerdo con el número de tubos desalojados (u).

➤ **Rubro No. 3.4 Relleno y compactación con arena**

Descripción

Se define como compactación al apisonamiento de tierra con la finalidad de aumentar el nivel de densidad del material que compone un terreno.

Procedimiento

Luego del corte de tierra que se realizara en los taludes que poseen grandes pendientes, se procederá a la compactación, colocando varias capas de agua y arena y con ayuda de la vibropisonadora ayudan a que el suelo quede firme.

Unidad: m³

Materiales mínimos: Agua y arena.

Equipo mínimo: herramienta menor, plancha vibropisonadora.

Mano de obra mínima: Peón, maestro.

Medición y forma de pago

Se medirá el volumen de suelo a compactar según las secciones de suelo obtenidas por medio del software Civil 3D la unidad de pago será en metros cúbicos (m³).

➤ Rubro No. 3.5 Relleno y compactación con material natural

Descripción

Se define como compactación al apisonamiento de tierra con la finalidad de aumentar el nivel de densidad del material que compone un terreno.

Procedimiento

Luego del corte de tierra que se realizara en los taludes que poseen grandes pendientes, se procederá a la compactación, colocando varias capas de material natural y agua y con ayuda de vibropisonadora ayudan a que el suelo quede firme.

Unidad: m³

Materiales mínimos: Agua.

Equipo mínimo: herramienta menor, plancha vibropisonadora.

Mano de obra mínima: Peón, operador, maestro.

Medición y forma de pago

Se medirá el volumen de suelo a compactar según las secciones de suelo obtenidas por medio del software Civil 3D la unidad de pago será en metros cúbicos (m³).

➤ Rubro No. 3.6 Impermeabilización con geotextil.

Descripción

Se procederá con la colocación de geotextil la cual servirá como barrera entre el material natural y la piedra ¾”.

Unidad: m²

Materiales mínimos: geotextil, clavos.

Equipo mínimo: herramienta menor.

Mano de obra mínima: maestro mayor y Peón.

Medición y forma de pago

Se medirá la extensión a utilizar según la forma que tienen las zanjas y un excedente que ayudara a dejar impregnada la geomembrana en el suelo, el pago se lo realizara por metros cuadrados utilizados (m²).

➤ **Rubro No. 4.1 Instalación de subdrén horizontal**

Descripción

Se instalarán subdrenes a base de tuberías PVC perforadas de 2" de diámetro en modo horizontal con un ángulo de 5° de inclinación.

Unidad: m

Materiales mínimos: tubería perforada de PVC 2"

Equipo mínimo: máquina de rotopercusión para instalación de subdrenes.

Mano de obra mínima: maestro mayor y operario.

Medición y forma de pago

Se medirá la longitud de tubería utilizada para la instalación en m.

➤ **Rubro No. 5.1 Revegetación**

Descripción

Se plantarán semillas de árboles endémicos de la zona como pajarito, palo borracho o sauce.

Unidad: m²

Materiales mínimos: semillas de árboles.

Equipo mínimo: herramienta menor.

Mano de obra mínima: maestro mayor y Peón.

Medición y forma de pago

Se establecerá el área cubierto por las semillas y se pagará por m² planteado

CAPÍTULO 4

4. ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL.

4.1 Objetivos

Objetivo General

El objetivo general de este proyecto es obtener el Estudio de Impacto Ambiental, acerca de la implementación de una zanja de coronación y cambio de sección de tuberías del canal de conducción de la Central Hidroeléctrica Saucay, conocer el impacto que traería este mantenimiento para los habitantes del sector y la flora y fauna del sitio.

Objetivos específicos

1. Analizar los daños ambientales graves que pueda sufrir el lugar
2. Delimitar el área de influencia que va abarcar el proyecto.
3. Formular un plan de manejo ambiental que identifique las medidas de mitigación.

4.2 Descripción del proyecto

En la parte nor oriental de Cuenca se encuentra el canal de conducción construido con hormigón simple en la vía Chanlud – Tuñi con una longitud total de 9 kilómetros. Este canal se ha visto afectado estructuralmente desde su construcción a lo largo de los años. Se ha podido detectar dos sectores en los cuales se presentan principalmente estos problemas: 7+100-7+500 y 7+800-8+100. El presente proyecto se enfocará en el diagnóstico del problema ocurrido en el primer tramo crítico. Este canal de conducción se encarga de llevar el agua hacia la represa Chanlud para su óptimo funcionamiento, los tramos del canal presentan fallas como juntas separadas, fisuras, grietas, entre otras.

Pese a que la geología del suelo sugeriría una zona rocosa podemos llegar a encontrar depósitos glaciares, coluviales, o de pie de talud lo que hace difícil remover esos materiales en la obra. Los humedales en nuestra zona a analizar

contienen mucha agua creando flujos subterráneos debido a las infiltraciones que se producen, como existe saturación en la microcuenca el material existente se está lavando lo que produce los deslizamientos continuamente debido a la falta de drenaje de los materiales existente en la geología del suelo.

Por los deslizamientos producidos constantemente el material se ha debilitado afectando a la rigidez del suelo, produciendo consecuentemente daños severos en la estructura que se encuentra en su zona. La construcción de la represa Chanlud terminó en los años 70 indicativo de que su canal de conducción fue construido en el mismo año y al ser una estructura vieja fue construido solo con hormigón construido en sitio en base a moldes sin ningún refuerzo en su interior. Como se tiene una estructura muy rígida debido a los grandes movimientos que han ocurrido en su sector la estructura se ha ido deteriorando y es por ello por lo que se requiere estabilizar los taludes adyacentes al canal para evitar derrumbes del material y lavado de finos de la estructura base de la tubería de hormigón.

Se decidió realizar las siguientes actividades con el fin de alcanzar ese objetivo: reemplazo de tuberías con una integridad estructural comprometida, impermeabilización del lomo de la tubería haciendo uso de un geotextil y construcción de zanjas de drenaje para redirigir la escorrentía de las precipitaciones y así evitar el lavado de finos. El proyecto se encuentra localizado dentro de áreas especiales para la conservación de la biodiversidad, por lo que se requerirá tomar medidas para reducir el impacto que este proyecto tendrá en el medio ambiente de la zona.

4.3 Descripción de las actividades del proyecto

La problemática de nuestro proyecto se basa en el lavado de finos de la estructura base del canal de conducción ocurrido por el flujo subterráneo del agua. Por lo que se necesitará optimizar la vida útil del canal a través de asegurar una mayor impermeabilización, para lograr esto se realizarán las siguientes actividades:

- 4.3.1. Fase de construcción
 - 4.3.1.1. Desbroce de vegetación en la zona de construcción.
 - 4.3.1.2. Excavación de terreno natural para definición de zanjas de drenaje.
 - 4.3.1.3. Transporte de material residual en la construcción de zanjas de drenaje.
 - 4.3.1.4. Nivelación de la zanja de drenaje.
 - 4.3.1.5. Relleno con material granular de alto diámetro para construcción de dren francés.
 - 4.3.1.6. Compactación de material granular del dren francés.
- 4.3.2. Fase de mantenimiento
 - 4.3.2.1. Excavación de material de cobertura de tuberías de hormigón comprometidas estructuralmente.
 - 4.3.2.2. Retiro de la tubería averiada y posterior traslado para su disposición.
 - 4.3.2.3. Compactación de la cama y cobertura de arena para la nueva sección de hormigón
 - 4.3.2.4. Colocación de nueva tubería de hormigón.
 - 4.3.2.5. Impermeabilización de la capa de arena con el uso de geotextil.
 - 4.3.2.6. Despeje de residuos orgánicos y no orgánicos de las zanjas de drenaje.
- 4.3.3. Fase de cierre
 - 4.3.3.1. Revegetación de la zona con flora silvestre.
 - 4.3.3.2. Limpieza de escombros como resultado del fin de obra.

4.4 Identificación de factores, aspectos e impactos ambientales

Durante la ejecución del proyecto debemos controlar 3 medios que podrían verse afectados por las actividades previamente mencionadas, y estos son: físico, biótico y socioeconómico. Dentro de cada uno de estos medios tenemos que considerar los siguientes factores ambientales que se verán involucrados por el proyecto a realizarse y se enlistan a continuación:

Medio físico: suelo y agua subterránea

Medio biótico: Flora y fauna

Medio Socioeconómico: población, empleo, paisaje

Tabla 4.1 Factores e impactos ambientales del proyecto a realizar

Medio	Factores ambientales	Impactos ambientales
Físico	Suelo	<ul style="list-style-type: none"> • Alteración de la forma natural del terreno debido a los procesos de excavación que se realizarían para la reparación del canal. • Contaminación con residuos de la obra.
	Agua subterránea	Variación en los caudales de flujo en los acuíferos de la zona de construcción
Biótico	Fauna y flora	Destrucción de hábitat de especies endémicas que habiten la zona y/o ser ahuyentados por el ruido causado por las maquinarias utilizadas en el proyecto para la excavación, compactación y transporte del material.
Socioeconómico	Población	Reducción en costos de energía eléctrica gracias a la optimización de la eficiencia de la planta hidroeléctrica, economizando el estilo de los habitantes cercanos.
	Empleo	Generación de plazas de empleo lo que mejorará el estilo de vida de las personas contratadas para la obra.
	Paisaje	Alteración de la vista natural de la zona con la construcción de nuevos elementos de drenaje.

4.5 Certificado de intersección ambiental

Durante la realización de cualquier tipo de proyecto, ya sea de construcción, comercio o algún otro tipo de industria, se requiere obtener un certificado que evidencie el impacto que este puede tener con el medio ambiente, para esto se debe ingresar a la página del Ministerio del Ambiente y Agua en la plataforma de regularización indicando el impacto que tendrá por consumo/ingresos y por el dimensionamiento.

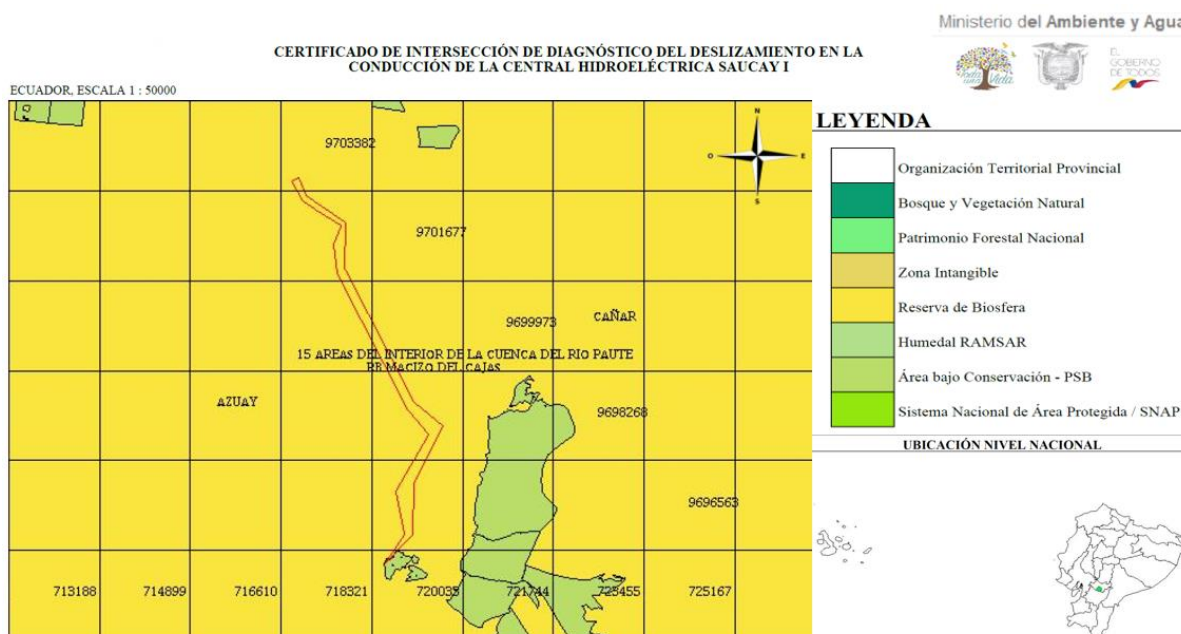


Figura 4.1 Certificado de intersección del proyecto con áreas de conservación de la biodiversidad vegetal y animal del país.

4.6 Línea base ambiental

Para la línea base ambiental del presente proyecto se tomarán en consideración la caracterización del clima (temperatura, precipitación, tipo de clima), caracterización de aguas superficiales (hidrología, características físico-químicas del agua), caracterización del aire (tendencias históricas, comparación de los agentes presentes desde el 2008 hasta el 2018), caracterización de los suelos y caracterización de la vida silvestre (flora y fauna de la zona de estudio).

4.6.1. Caracterización del clima

4.6.1.1. Precipitación

Este factor climático es crítico para el presente proyecto debido a que el suelo en el área de estudio pierde su rigidez por las frecuentes precipitaciones y

humedales que se encuentran en la zona. De acuerdo con la información registrada en la estación Chanlud, la cuenca del río Machángara cuenta con una precipitación anual promedio de 1365,7 mm.

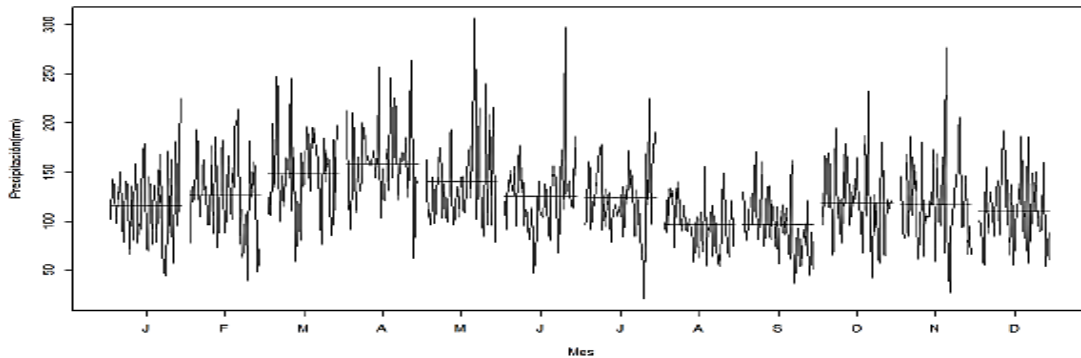


Figura 4.2 Precipitación mensual de la estación Chanlud (1965-2015). (Saquisilí, 2019)

4.6.1.2. Zona Geomorfológica de la zona de estudio

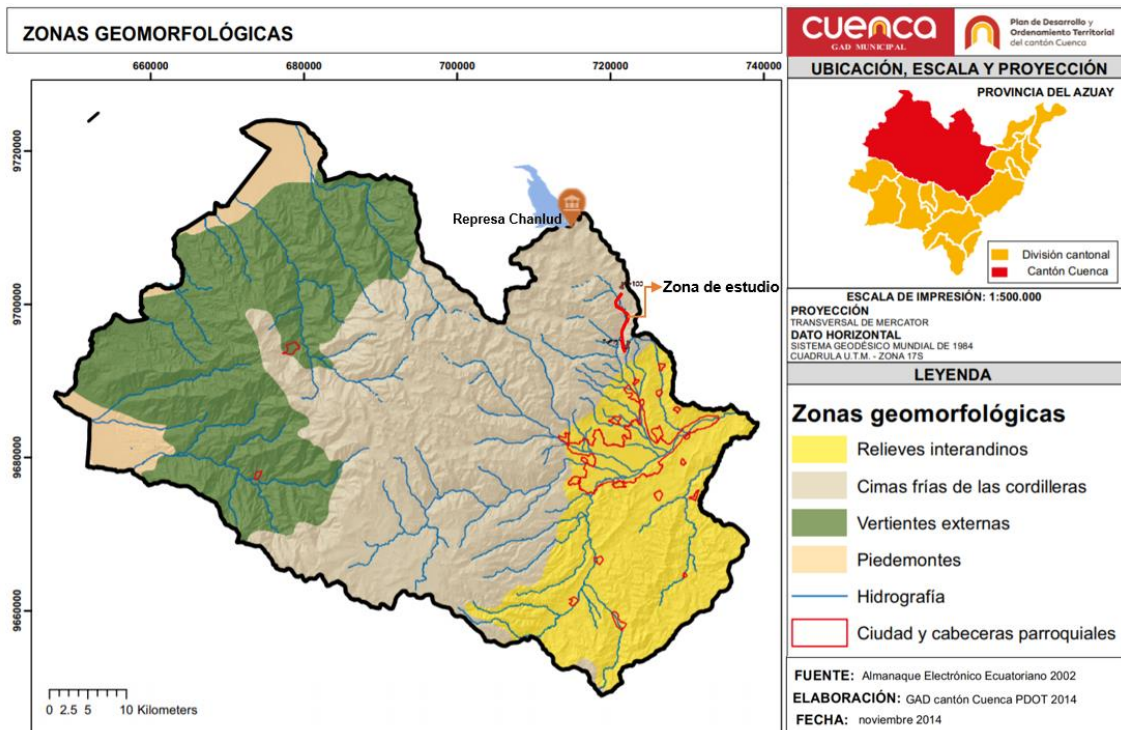


Figura 4.3 Zonas geomorfológicas del cantón Cuenca. (Gobierno Autónomo Descentralizado Municipal Cuenca, 2015)

El cantón Cuenca cuenta con 4 zonas geomorfológicas las cuales se diferencian por su clima, tipo de vegetación, población. La zona de estudio que consiste en el tramo crítico del canal de conducción de la represa Chanlud se encuentra localizada dentro de la zona geomorfológica de climas fríos de las cordilleras.

4.6.1.3. Temperatura

Para empezar con la construcción de una obra es primordial conocer las condiciones de temperatura a la que serán expuestos los obreros como los materiales de construcción. La provincia de Azuay tiene un sistema de monitoreo de variables meteorológicas en Cuenca la cual consiste en sensores referenciales que realizan mediciones por punto ubicados en distintos sectores del cantón. El sensor más cercano a nuestra zona de estudio está ubicado en la calle Paseo Río Machángara y Av. Octavio Chacón (Parque Industrial), sin embargo, el sensor no se encuentra registrando datos, por lo que el siguiente sensor más cercano se encuentra ubicado 17.6 kilómetros en el aeropuerto Mariscal La Mar, del cual se obtendrán los datos de temperatura de la última semana del año 2021.

El Instituto de Estudios de Régimen Seccional del Ecuador (IERSE) proporciona la información de temperatura, humedad y presión de los sensores a cada hora del día. Durante la última semana del presente año se tienen las temperaturas máximas y mínimas del cantón.

Tabla 4.2 Temperatura en la zona de estudio. (Universidad del Azuay, s.f.)

Día	Temperatura mínima (°C)	Temperatura máxima (°C)
1/01/2021	11.8	22.1
2/01/2021	11.8	23.4
3/01/2021	12	25.3
4/01/2021	12.5	24.2
5/01/2021	12	22.6
6/01/2021	10.2	24.8
7/01/2021	10.1	22.4
8/01/2021	12	20

La temperatura mínima se produjo el 7/01/21 alrededor de las 6:00 am y su temperatura máxima se dio el 3/01/2021 alrededor de las 9:00 am. La zona de estudio corresponde al clima frío de cordillera, la constituye el páramo siendo la zona de abastecimiento de agua (Gobierno Autónomo Descentralizado Municipal Cuenca, 2015).

4.6.2. Medio físico acuático

4.6.2.1. Hidrología

Se necesita reconocer las características hidrológicas de la subcuenca en la que nos encontramos debido a que las mismas son las que permiten abastecer de agua de escorrentía al río Machángara del cual se conduce agua hacia la represa Chanlud.

El canal sobre el cual se trata el proyecto está localizado dentro de la cuenca previamente mencionada, por consecuente se podría afectar con contaminación o disminución en los caudales en alguno de sus 3 principales ríos: el río Machángara alto, río Chulco y el río Machángara bajo. El río Machángara cuenta con un caudal medio registrado aguas arriba por las presas de Chanlud y El Labrado de $7 \text{ m}^3/\text{s}$. (Domínguez, 2011)

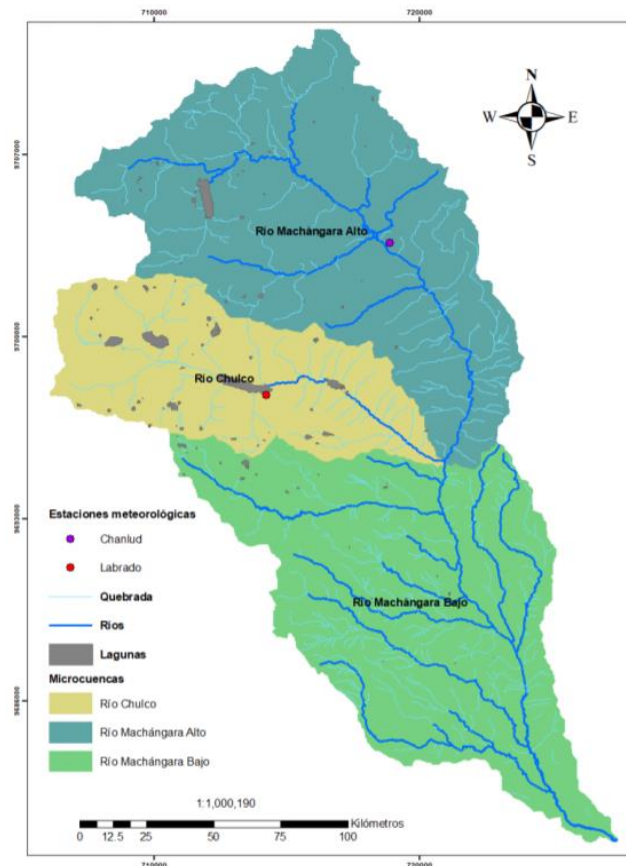


Figura 4.4 Ubicación de la cuenca del río Machángara y sus respectivos cuerpos hídricos (Saquisilí, 2019)

4.6.2.2. Calidad de agua superficial

A partir de un estudio realizado entre los años 2012 y 2015 (Pauta, y otros, 2019) en el río Machángara cerca de la parroquia de Chiquintad se obtuvieron valores máximos y mínimos de diversos parámetros de calidad del agua. El sitio de muestreo M1 se encuentra a 16 kilómetros de la zona de estudio.

Tabla 4.3 Resultados de los parámetros fisicoquímicos. (Pauta, y otros, 2019)

PARÁMETROS FÍSICOQUÍMICOS	Máx	Mín	Tabla 10 TULAS
Color UC (Pt-Co)	61	2	Inapreciable
Turbiedad NTU (FTU)	54.7	2.26	-
Sólidos Suspendidos mg/L	134	2	80
Oxígeno Disuelto mg/L	8.9	6.25	-
DBO5 mg/L	10.08	0.15	50
Conductividad $\mu\text{S/cm}$	150.3	67.2	-
Cloruros mg/L	9.1	3	1000
E. Coli NMP/100 ml	2×10^6	33	-

Al comparar los datos con los límites permisibles de la ley ambiental vigente, la tabla 10 del TULAS (descarga a cuerpos de agua dulce) se puede apreciar que el contenido de sólidos suspendidos totales en el río se excede en algunas ocasiones que podrían afectar al ecosistema de la cuenca hidrográfica.

4.6.3. Calidad del aire

4.6.3.1. Tendencias históricas de calidad de aire

Para el presente estudio se obtuvo información para la calidad del aire del Instituto de Estudios de Régimen Seccional del Ecuador (IERSE) para una serie de tiempo desde el 2008 hasta el 2018. Los parámetros medidos en esta serie de tiempo son Dióxido de Nitrógeno NO_2 , Dióxido de Azufre SO_2 , Ozono O_3 y material particulado. De toda la red de estaciones que posee el IERSE, se seleccionará la estación de monitoreo de la escuela Héctor Sempertégui de la ciudad de Cuenca dado que es la más cercana a la zona de estudio (canal de conducción Chanlud-Tuñi) a 15.9 kilómetros.

Tabla 4.4 Parámetros de Dióxido de Nitrógeno NO₂ con los valores: máximos, mínimos y promedios respecto al límite permisible por la norma ecuatoriana desde el año 2008 hasta el 2018.

Parámetro	Años	Valores máximos ug/m ³	Valores mínimos ug/m ³	Valores Promedios ug/m ³	Límite permisible por la normativa ecuatoriana ug/m ³
Dióxido de Nitrógeno NO₂	2008	10.46	4.30	6.87	40
	2009	17.23	2.64	7.87	
	2010	16.59	7.66	11.47	
	2011	16.79	3.32	9.52	
	2012	12.24	0.95	6.75	
	2013	22.50	8.80	12.84	
	2014	13.90	6.20	10.68	
	2015	18.08	6.92	9.60	
	2016	18.00	5.50	12.86	
	2017	29.20	8.42	15.08	
	2018	27.30	8.20	18.35	

Tabla 4.5 Parámetros de Dióxido de Azufre SO₂ con los valores: máximos, mínimos y promedios respecto al límite permisible por la norma ecuatoriana desde el año 2008 hasta el 2018.

Parámetro	Años	Valores máximos ug/m ³	Valores mínimos ug/m ³	Valores Promedios ug/m ³	Límite permisible por la normativa ecuatoriana ug/m ³
Dióxido de Azufre SO₂	2008	19.31	1.06	9.67	60
	2009	94.35	3.62	16.47	
	2010	17.42	2.00	8.42	
	2011	23.59	2.64	8.10	
	2012	12.95	1.34	4.64	
	2013	28.90	1.50	5.73	
	2014	17.81	0.03	6.51	
	2015	16.89	<0.01	6.17	
	2016	71.41	<0.01	13.49	
	2017	54.60	-0.01	17.15	
	2018	17.50	0.50	4.71	

Tabla 4.6 Parámetros de Ozono O₃ con los valores: máximos, mínimos y promedios respecto al límite permisible por la norma ecuatoriana desde el año 2008 hasta el 2018.

Parámetro	Años	Valores máximos ug/m ³	Valores mínimos ug/m ³	Valores Promedios ug/m ³	Límite permisible por la normativa ecuatoriana ug/m ³
Ozono O₃	2008	58.37	20.21	34.67	100
	2009	52.59	13.48	33.34	
	2010	37.12	14.50	28.55	
	2011	35.07	17.76	25.19	
	2012	48.89	14.91	30.89	
	2013	51.10	25.10	37.10	
	2014	52.50	26.50	39.50	
	2015	60.09	28.42	45.08	
	2016	53.86	32.57	39.97	
	2017	68.29	19.46	40.43	
	2018	58.70	30.90	47.44	

Tabla 4.7 Parámetros de partículas sedimentables con los valores: máximos, mínimos y promedios respecto al límite permisible por la norma ecuatoriana desde el año 2008 hasta el 2018.

Parámetro	Años	Valores máximos mg/cm ²	Valores mínimos mg/cm ²	Valores Promedios mg/cm ²	Límite permisible por la normativa ecuatoriana mg/cm ²
Partículas sedimentables mg/cm²	2008	1.007	0.146	0.48	1
	2009	0.39	0.07	0.18	
	2010	0.762	0.06	0.28	
	2011	0.50	0.08	0.28	
	2012	0.327	0.062	0.17	
	2013	0.74	0.14	0.55	
	2014	0.96	0.14	0.38	
	2015	0.49	0.00	0.28	
	2016	0.35	0.09	0.25	
	2017	0.90	0.00	0.30	
	2018	0.44	0.15	0.24	

Dióxido de Nitrógeno



Gráfico 4.1 Monitoreo de Dióxido de Nitrógeno NO₂ 2008 - 2018. (Universidad de Cuenca - Empresa Pública).

Desde el año 2008 hasta el 2014 la cantidad de dióxido de nitrógeno ha sido variable, sin embargo, se puede percibir un incremento en la calidad del aire con respecto al NO₂ a partir del año 2015, aún incluso cuando se ha contado con ese incremento en el susodicho año no se ha superado el máximo permitido por la normativa ecuatoriana.

Dióxido de Azufre

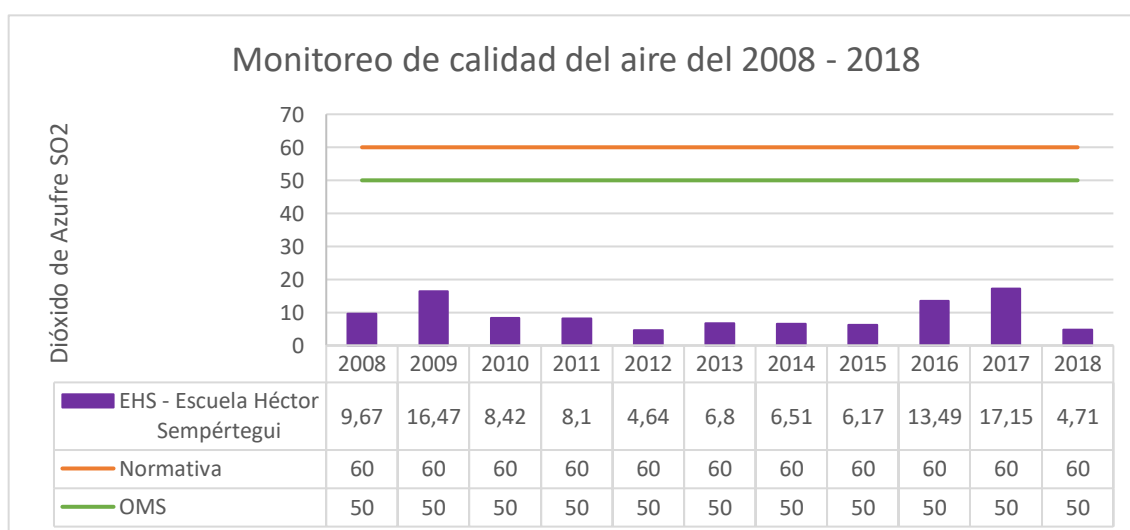


Gráfico 4.2 Monitoreo de Dióxido de Azufre SO₂ 2008 - 2018. (Universidad de Cuenca - Empresa Pública)

La cantidad de dióxido de azufre que se encuentra en esta zona desde el año 2008 ha presentados altibajos, alcanzando su mayor valor en el año 2017, el cual, no sobrepasa el límite de la normativa ecuatoriana, ni el límite de la Organización Mundial de la Salud (OMS)

Ozono O3

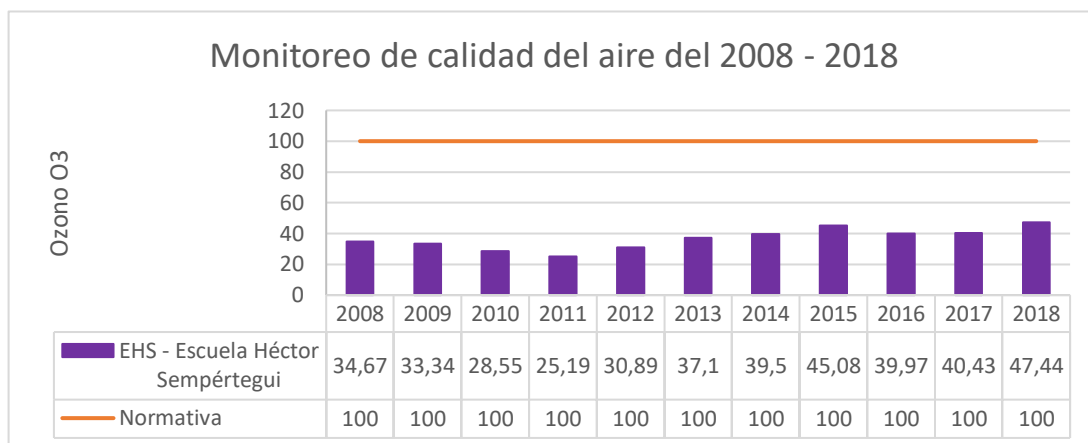


Gráfico 4.3 Monitoreo de Dióxido de Ozono O₃ 2008 - 2018. (Universidad de Cuenca - Empresa Pública)

Desde el año 2008 hasta el 2011, la cantidad de ozono iba disminuyendo, sin embargo, desde el año 2012 hasta el 2015 empezó a incrementarse, a pesar de que se registró un descenso en el año 2016 este fue aumentando hasta alcanzar la mayor cantidad de 47,44 de ozono en el 2018, el cual, se encuentra muy por debajo del límite permitido.

Partículas sedimentables



Gráfico 4.4 Monitoreo de Partículas Sedimentables 2008 - 2018. (Universidad de Cuenca - Empresa Pública)

Las partículas sedimentables presentes en el aire se han encontrado por debajo del límite permitido por 10 años. En el año 2014 se registró un valor muy alto en comparación a los registrados, el cual estaba cerca del límite permitido en la normativa.

El registro histórico de la calidad de aire que contiene monitoreos de: dióxido de nitrógeno, dióxido de azufre, ozono y partículas sedimentables, durante 10 años se ha mantenido y de manera casi constante por debajo del límite máximo permitido por la normativa ecuatoriana. Los parámetros del aire en la zona nos permiten establecer la buena calidad que lo caracteriza actualmente, y por consecuencia se requiere evitar perjudicar sus valores en lo menor posible de manera que se necesita reducir las emisiones de gases contaminantes.

4.6.3.2. Calidad del aire en la zona propuesta para el proyecto

La calidad del aire en la zona de estudio respecto a la normativa ecuatoriana es buena, debido a que se encuentra en la zona del páramo donde no existe mayores concentraciones de población, sin embargo, la provincia de Azuay ha optado por realizar monitoreos constantes debido a la presencia de ceniza que se llega a producir por la actividad volcánica cerca de sus alrededores para evaluar cómo afecta al aire de la zona.

4.6.4. Caracterización de la calidad de suelos existentes

La parroquia Chiquintad es la más cercana a nuestra zona de estudio, en donde se obtuvieron valores de pH promedio de sus comunidades los cuales se encontraban entre 4.1 y 5.5, lo cual es un indicativo que el suelo presenta problemas de acidez lo cual se da en regiones con presencia de lluvias constantes. (Gobierno Autónomo Descentralizado Parroquial , 2014 - 2019)

El suelo presente en la zona de estudio (Tipo 4) representa el 65% de la superficie del cantón Cuenca y se emplea para el uso hidrológico y de la fauna silvestre (Gobierno Autónomo Descentralizado Municipal Cuenca, 2015). Al encontrarnos en un área protegida para preservar la biodiversidad se requiere controlar los valores del pH para asegurar la supervivencia de especies vegetales endémicas.

4.6.5. Medio biótico

La zona de estudio se encuentra dentro de la reserva de biosfera del Cajas. El desarrollo humano ha ido evolucionando gracias a los recursos que encontraba en la naturaleza, año tras año, la sobreexplotación de estos ha ido afectando al ecosistema, por lo consiguiente se deben tomar medidas de mitigación al momento de desarrollar proyectos u obras que afecten la vida silvestre presente en el medio.

Conocer el tipo de clima de nuestro proyecto nos permite conocer el tipo de vida silvestre (flora y fauna) que posee el sector en el que trabajamos y como esta variante ambiental desempeña un papel importante en el nicho ecológico de cada una de las especies y esto como consecuencia nos permitirá tomar las respectivas medidas de mitigación para reducir el impacto que tengamos el biosistema.

4.6.5.1. Flora

El tipo de ecosistema que abarca nuestra zona de estudio es: Arbustal siempre verde y Herbazal del páramo donde los arbustos llegan a una altura de 3m que llegan a mezclarse con pajonales. El cantón Cuenca cuenta con 1850 especies nativas, 811 especies endémicas y 100 especies introducidas aproximadamente. La especie endémica *Oreopanax avicenniifoliu* es la tiene una gran distribución en las parroquias del cantón. (Gobierno Autónomo Descentralizado Municipal Cuenca, 2015)

4.6.5.2. Fauna

La fauna del sector es conocida por poseer diferentes grupos de aves, anfibios y mamíferos, cuyas especies características se encuentran detalladas en la Tabla 4.8.

Tabla 4.8 Especies características en la zona de estudio. (Gobierno Povoicial del Azuay , 2015)

Grupo	Especies características
Avifauna	Caracara curianguine y Cóndor Andino.
Anfibios	Jambados
Mamíferos	Venados de cola blanca, musaraña montana de sur y oso de anteojos.

4.7 Evaluación del impacto ambiental

La metodología para emplearse se basó en el análisis del proyecto, donde se realiza una definición del entorno para identificar sus componentes y las acciones que pueden causar impactos en el entorno. Una vez definidas las acciones se realizará la identificación y valoración de los efectos que pueden provocar, donde posteriormente se realizará el establecimiento de medidas correctivas y los planes para el control ambiental. En este estudio se utilizará la matriz propuesta por Conesa-Fernández en 1997 que se aprecia en la Tabla 4.9. permite identificar los impactos ambientales que un proyecto tendrá de acuerdo con las

actividades que este requiera para su ejecución. Usando las actividades establecidas al inicio de este documento se evaluaron sus características y como estas afectarían al ambiente.

De la tabla en cuestión se determinó que aquellas actividades que repercuten en el ambiente de manera negativa al tener un grado de riesgo entre 18 y 30 (el cual es mayor a 12, indicador de grado de riesgo medio a alto):

- Excavación del material para la construcción de zanjas de drenaje.
- Transporte de desechos o residuos durante la construcción de zanjas de drenaje.
- Excavación del material para la remoción y reemplazo de tuberías de hormigón averiadas.
- Desechar tubería vieja de hormigón.
- Transporte de materiales residuales durante el reemplazo de tuberías de hormigón.

Los ítems mencionados anteriormente generan un impacto en el suelo, agua y/o la topografía del paisaje natural de la zona. Por lo que se necesitarán emplear medidas de mitigación para reducir el daño que se causaría al medio ambiente.

Tabla 4.9 Matriz Conesa-Fernández de impactos ambientales del proyecto del canal de conducción Chanlud-Tuñi

			IDENTIFICACION DE IMPACTOS AMBIENTALES PARA ESTE ESTUDIO																		VALORACION									
ACTIVIDADES	ASPECTO AMBIENTAL	IMPACTO	Severidad (S)			Probabilidad Ocurrencia (P)			(T)	Extensión (E)			Intensidad (I)			Duración (Du)			Desarrollo (De)			Recuperación (R)			Interacción (Ia)			(Mg)	(Imp)	
			1	2	3	1	2	3	Relevancia del Impacto T=SxP	0	1	2	0	1	2	0	1	2	0	1	2	0	1	2	0	1	2	Magnitud del Impacto Mg = E + I + Du + De + R + Ia	Importancia del Impacto Imp = Mg x T	
Colocación de nuevas secciones de tubería	Excavación de material	Alteración en la topografía de la zona		2				3	6		1			1			0				1			0			1		4	24
	Desechar sección de concreto vieja estructuralmente comprometida	Generación de residuos sólidos de bajo nivel de degradación.		2				3	6		1			0			0				1			1			1		4	24
	Transporte de material/desechos	Generación de gases contaminantes				3		3	9	0				0			0				1			1			0		2	18
	Ruido producido por las maquinarias	Generación de contaminación acústica		1				3	3	3	0				0			0				1			0			1		2
Construcción de zanjas de drenaje	Excavación de material	Alteración en la topografía de la zona		2				3	6		1			0					2		1			0			1		5	30
	Transporte de material/desechos	Generación de gases contaminantes				3		3	9	0				0			0				1			1			0		2	18
	Ruido producido por las maquinarias	Generación de contaminación acústica		1				3	3	3	0				0			0				1			1			0		2

4.8 Plan de manejo ambiental

La importancia de nuestras medidas de mitigación radica en la eliminación de riesgos que pueden presentarse en el ecosistema de la zona de estudio, dentro de las medidas expuestas consideramos que las más importantes son las siguientes: revegetación inmediata del suelo, especificar un adecuado diseño de obras de drenaje y siembra de especies, separar los residuos de construcción y demolición de acuerdo con su origen.

Tabla 4.10 Actividades y medidas de prevención

Medidas de Prevención	Actividades					
	Limpieza y desbroce de la zona.	Excavación de terreno natural	Transporte de material residual	Construcción de zanjas de drenaje	Remoción de secciones dañadas de tubería de hormigón	Colocación de nuevas secciones de hormigón
Revegetación inmediata del suelo	X	X		X		
Especificar un adecuado diseño de obras de drenaje y siembra de especies	X	X		X		
Realizar las operaciones de movimientos de tierra en el período seco de la zona de estudio		X	X			
Separar los residuos de construcción y demolición de acuerdo con su origen.	X	X	X		X	
Determinar un lugar a por lo menos 500 m de cada área de construcción para guardar provisionalmente los residuos.		X		X	X	X
Disponer de dispositivos de señalización para prevenir cualquier desastre natural frecuente en la zona de la obra.		X	X	X	X	X
Capacitar a los trabajadores de acuerdo con las normas de seguridad de construcción.	X	X	X	X	X	X

Verificar que los proveedores de materiales cuenten con permisos ambientales.	X		X	X	X	X
Delimitar rutas de acceso de ingresa y salida.	X	X	X		X	X
Ratificar que el traslado de materiales se realice con el mínimo de accidentes.		X		X	X	X

4.9 Conclusiones

El presente proyecto presenta un impacto ambiental bajo acorde a los lineamientos de la autoridad ambiental pese a que interseca con áreas del interior de la cuenca del río Paute. Su bajo impacto ambiental se ha verificado con la valoración de cada una de las actividades de las fases del proyecto las cuales son: montaje y levantamiento de construcciones prefabricadas en el lugar y alquiler de grúas con operador y otros equipos que no pueden asignarse a un tipo de construcción específico con operario.

La alteración a la topografía de la zona por medio de la excavación del terreno natural y la generación de escombros que este tipo de obras generará deben ser actividades que se realicen con planes de contingencia que reduzcan el impacto ambiental. Para la labor que se llevará a cabo se tendrán como medidas de prevención un diseño adecuado de las obras de drenaje, separar los residuos de acuerdo con su origen, realizar la obra durante la época seca de la zona para evitar el lavado de los residuos y que posteriormente cause variaciones en el pH del suelo o las características fisicoquímicas del agua superficial o subterránea que terminen.

Bajo estas condiciones y de acuerdo con la categorización del MAAE para nuestro proyecto se establece que el proyecto es ambientalmente sostenible.

CAPÍTULO 5

5. PRESUPUESTO

5.1 Descripción de rubros

- **Rubro No. 1.1 Limpieza y desbroce de material a máquina incluye desalojo.**

Descripción

Se realizará las extracciones de materia vegetal sobre toda la superficie donde se realizarán las adecuaciones del proyecto.

Procedimiento

Se señalará el área a excavar mediante cal e hitos para la delimitación del terreno.

Unidad: m²

Materiales mínimos: estacas, cal.

Equipo mínimo: herramienta manual.

Mano de obra mínima: maestro mayor, Peón, maquinista.

Medición y forma de pago

El área total se calculará mediante las medidas adoptadas y se realizará el pago en unidad de superficie de metro cuadrado (m²).

- **Rubro No. 1.2 Trazado y replanteo**

Descripción

Se entiende como trazado y replanteo, al trazado de área donde se realizará las excavaciones para reparar las secciones de tuberías y estabilización de taludes de acuerdo con las especificaciones técnicas de los planos constructivos.

Procedimiento

Se colocarán hitos en toda la sección a excavar, estos se mantendrán hasta la culminación de la obra. La correcta ejecución de este rubro será verificada por el fiscalizador de obra.

Unidad: m²

Materiales mínimos: estacas, pintura esmalte.

Equipo mínimo: herramienta manual, equipo topográfico.

Mano de obra mínima: maestro mayor, peón, topógrafo.

Medición y forma de pago

El área total se calculará mediante las medidas adoptadas y se realizará el pago en unidad de superficie de metro cuadrado (m²).

➤ **Rubro No. 2.1 Excavación de terreno natural**

Descripción

La estabilización de taludes requiere de excavación o retirada de material, para la cual se utilizará una retroexcavadora. En las zonas más peligrosas el contratista dispondrá de las medidas de seguridad que se requieran utilizar en estas áreas.

Unidad: m³

Equipo mínimo: herramienta menor, retroexcavadora.

Mano de obra mínima calificada: Estructura ocupacional C2, Estructura Ocupacional E2, Estructura Ocupacional D2.

Medición y forma de pago

Se calculará todo el volumen a excavar y se pagará por unidad de superficie metro cúbico (m³).

➤ **Rubro No. 2.2 Desalojo de material residual**

Descripción

Se retirará todo el material natural sobrante a una escombrera cerca del sitio. El rubro incluye el desalojo total, en las áreas que se determine como necesarias.

Unidad: m³

Materiales mínimos: ninguno.

Equipo mínimo: herramienta menor y volqueta.

Mano de obra mínima: Operador de volqueta, operador de retroexcavadora, maestro mayor y Peón.

Medición y forma de pago

Se medirá el volumen del terreno desalojado y material defectuoso su forma de pago es en la unidad de metro cubico (m³).

➤ **Rubro No. 2.3 Compactación de terrazas**

Descripción

Se define como compactación al apisonamiento de tierra con la finalidad de aumentar el nivel de densidad del material que compone un terreno.

Procedimiento

Luego del corte de tierra que se realizara en los taludes que poseen grandes pendientes, se procederá a la compactación, colocando varias capas de agua y con ayuda de un liso ayudan a que el suelo quede firme.

Unidad: m³

Materiales mínimos: Agua.

Equipo mínimo: herramienta menor, plancha vibropisonadora.

Mano de obra mínima: Peón, cadenero, topógrafo.

Medición y forma de pago

Se medirá el volumen de suelo a compactar según las secciones de suelo obtenidas por medio del software Civil 3D la unidad de pago será en metros cúbicos (m³).

➤ **Rubro No. 2.4 Compactación de terrazas y zanjas**

Descripción

Se define como compactación al apisonamiento de tierra con la finalidad de aumentar el nivel de densidad del material que compone un terreno.

Procedimiento

Luego del corte de tierra que se realizara en los taludes que poseen grandes pendientes, se procederá a la compactación, colocando varias capas de agua y con ayuda de un liso ayudan a que el suelo quede firme.

Unidad: m³

Materiales mínimos: Agua.

Equipo mínimo: herramienta menor y compactador mecánico.

Mano de obra mínima: Peón, albañil y maestro de obra.

Medición y forma de pago

Se medirá el volumen de suelo a compactar según las secciones de suelo obtenidas por medio del software Civil 3D la unidad de pago será en metros cúbicos (m³).

➤ **Rubro No. 3.1 Excavación de material**

Descripción

Dentro de la excavación se ha considerado por separado la extracción de las secciones de tuberías deterioradas que equivale a una longitud de 300 m. ya que esto tendrá otro manejo por ser material de hormigón, por lo que será enviado a otro tipo de escombreras.

Procedimiento

Primero se procederá a la excavación del material natural de suelo para luego extraer la tubería deteriorada.

Unidad: m³

Equipo mínimo: herramienta menor, retroexcavadora y volqueta.

Mano de obra mínima: Operador de retroexcavadora, operador de volqueta, maestro mayor y Peón.

Medición y forma de pago

Se medirá el volumen de acuerdo con la profundidad a la que está ubicada la tubería a extraer, la forma de pago se la realizará por unidad de metro cubico (m³).

➤ **Rubro No. 3.2 Instalación de tubería de hierro dúctil**

Descripción

Se instalará una tubería de hierro fundido dúctil prefabricada por vibro compresión, clase 60, carga de rotura 60 kg/m² de 2000 mm de diámetro nominal, 2.38 m de longitud total de las cuales 2.35 m de longitud son útiles. Posee junta de caucho EPDM. Para la instalación de este tipo de tubería se necesita equipos que puedan transportarlas de un lugar a otro tomando en cuenta el peso y la longitud de estas y el cuidado que se le debe brindar para evitar daños de su estructura.

Unidad: m

Materiales mínimos: lubricante de unión

Equipo mínimo: camión grúa, retrocargadora, rodillo y herramienta menor.

Mano de obra mínima: Operador de camión grúa, operador de retrocargadora, maestro mayor y Peón.

Medición y forma de pago

El pago se lo realizara por unidad de acuerdo con el número de tubos que se han instalados (u).

➤ **Rubro No. 3.3 Desalojo de sección defectuosa**

Descripción

Se desalojará las secciones defectuosas de hormigón simple que abarcan el tramo crítico del canal de conducción. Para el desalojo se necesita equipos que puedan transportarlas de un lugar a otro tomado en cuenta el peso y la longitud de estas.

Unidad: m

Equipo mínimo: Volqueta.

Mano de obra mínima: Operador de volqueta y peón.

Medición y forma de pago

El pago se lo realizara por unidad de acuerdo con el número de tubos desalojados (u).

➤ **Rubro No. 3.4 Relleno y compactación con arena**

Descripción

Se define como compactación al apisonamiento de tierra con la finalidad de aumentar el nivel de densidad del material que compone un terreno.

Procedimiento

Luego del corte de tierra que se realizara en los taludes que poseen grandes pendientes, se procederá a la compactación, colocando varias capas de agua y arena y con ayuda de la vibropisonadora ayudan a que el suelo quede firme.

Unidad: m³

Materiales mínimos: Agua y arena.

Equipo mínimo: herramienta menor, plancha vibropisonadora.

Mano de obra mínima: Peón, maestro.

Medición y forma de pago

Se medirá el volumen de suelo a compactar según las secciones de suelo obtenidas por medio del software Civil 3D la unidad de pago será en metros cúbicos (m³).

➤ **Rubro No. 3.5 Relleno y compactación con material natural**

Descripción

Se define como compactación al apisonamiento de tierra con la finalidad de aumentar el nivel de densidad del material que compone un terreno.

Procedimiento

Luego del corte de tierra que se realizara en los taludes que poseen grandes pendientes, se procederá a la compactación, colocando varias capas de material natural y agua y con ayuda de vibropisonadora ayudan a que el suelo quede firme.

Unidad: m³

Materiales mínimos: Agua.

Equipo mínimo: herramienta menor, plancha vibropisonadora.

Mano de obra mínima: Peón, operador, maestro.

Medición y forma de pago

Se medirá el volumen de suelo a compactar según las secciones de suelo obtenidas por medio del software Civil 3D la unidad de pago será en metros cúbicos (m³).

➤ **Rubro No. 3.6 Impermeabilización con geotextil.**

Descripción

Se procederá con la colocación de geotextil la cual servirá como barrera entre el material natural y la piedra ¾”.

Unidad: m²

Materiales mínimos: geotextil, clavos.

Equipo mínimo: herramienta menor.

Mano de obra mínima: maestro mayor y Peón.

Medición y forma de pago

Se medirá la extensión a utilizar según la forma que tienen las zanjas y un excedente que ayudara a dejar impregnada la geomembrana en el suelo, el pago se lo realizara por metros cuadrados utilizados (m²).

➤ **Rubro No. 4.1 Instalación de subdrén horizontal**

Descripción

Se instalarán subdrenes a base de tuberías PVC perforadas de 2" de diámetro en modo horizontal con un ángulo de 5° de inclinación.

Unidad: m

Materiales mínimos: tubería perforada de PVC 2"

Equipo mínimo: máquina de rotopercusión para instalación de subdrenes.

Mano de obra mínima: maestro mayor y operario.

Medición y forma de pago

Se medirá la longitud de tubería utilizada para la instalación en m.

➤ **Rubro No. 5.1 Revegetación**

Descripción

Se plantarán semillas de árboles endémicos de la zona como pajarito, palo borracho o sauce.

Unidad: m²

Materiales mínimos: semillas de árboles.

Equipo mínimo: herramienta menor.

Mano de obra mínima: maestro mayor y Peón.

Medición y forma de pago

Se establecerá el área cubierto por las semillas y se pagará por m² planteado

5.2 Análisis de costos unitarios

Código	1.1			Unidad	m ²
Detalle	Limpieza y desbroce de material a máquina incluye desalojo				

1. MANO DE OBRA					
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	RENDIMIENTO	P. UNITARIO	COSTO
		A	R	B	D=(A/R)*B
Peón	Hora	2	0.5	1.26	5.040
Maestro	Hora	5%	0.05	3.82	0.191
SUBTOTAL					5.231
2. EQUIPOS					
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	RENDIMIENTO	P. UNITARIO	COSTO
		A	R	B	D=(A/R)*B
Retroexcavadora	Hora	0.05	0.05	40	2.000
Volqueta		1	0.016	0	0.000
5% M.O.		5%			0.100
SUBTOTAL					2.100
3. MATERIALES					
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	RENDIMIENTO	P. UNITARIO	COSTO
		A	R	B	D=(A/R)*B
SUBTOTAL					0.000
4. TRANSPORTE					
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	RENDIMIENTO	P. UNITARIO	COSTO
		A	R	B	D=(A/R)*B
SUBTOTAL					0.000
TOTAL COSTOS INDIRECTOS					7.331
INDIRECTOS DE OBRA				15%	1.100
COSTO TOTAL DEL RUBRO					8.431
VALOR OFERTADO					8.43

Código	1.2			Unidad	m ²
Detalle	Trazado y replanteo				

1. MANO DE OBRA					
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	RENDIMIENTO	P. UNITARIO	COSTO
		A	R	B	D=(A/R)*B
Peón	Hora	0.1	0.5	3.41	0.682
Maestro		15%			0.102
SUBTOTAL					0.784

2. EQUIPOS					
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	RENDIMIENTO	P. UNITARIO	COSTO
		A	R	B	D=(A/R)*B
% MO		0.05			0.013
Teodolito	Hora	2	16	2	0.250
SUBTOTAL					0.263
3. MATERIALES					
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	RENDIMIENTO	P. UNITARIO	COSTO
		A	R	B	D=(A/R)*B
Cementina	Saco	0.05	10	5.28	0.026
Madera, cuartón	Unidad	0.2	15	0.4	0.005
Clavos	Caja	0.08	0.08	1	1.00
SUBTOTAL					1.032
4. TRANSPORTE					
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	RENDIMIENTO	P. UNITARIO	COSTO
		A	R	B	D=(A/R)*B
SUBTOTAL					0.000
TOTAL COSTOS INDIRECTOS					2.079
INDIRECTOS DE OBRA				15%	0.312
COSTO TOTAL DEL RUBRO					2.390
VALOR OFERTADO					2.39

Código	2.1			Unidad	m ³
Detalle	Excavación del terreno natural				

1. MANO DE OBRA					
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	RENDIMIENTO	P. UNITARIO	COSTO
		A	R	B	D=(A/R)*B
Maestro	HH	1	0.05	5.625	0.281
		15%			0.042
SUBTOTAL					0.323
2. EQUIPOS					
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	RENDIMIENTO	P. UNITARIO	COSTO
		A	R	B	D=(A/R)*B
Alquiler retroexcavadora	HH	1	0.054	30	1.620
H. menor		5%			0.081
SUBTOTAL					1.701
3. MATERIALES					
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	RENDIMIENTO	P. UNITARIO	COSTO
		A	R	B	D=(A/R)*B
SUBTOTAL					0.000

4. TRANSPORTE					
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	RENDIMIENTO	P. UNITARIO	COSTO
		A	R	B	$D=(A/R)*B$
SUBTOTAL					0.000
TOTAL COSTOS INDIRECTOS					2.024
INDIRECTOS DE OBRA				15%	0.304
COSTO TOTAL DEL RUBRO					2.328
VALOR OFERTADO					2.330

Código	2.2			Unidad	m ³
Detalle	Desalojo de material residual Volqueta distancia 5km				

1. MANO DE OBRA					
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	RENDIMIENTO	P. UNITARIO	COSTO
		A	R	B	$D=(A/R)*B$
Chofer		0.05	0.85	5.20	0.32
OPERADOR		0.05	0.70	4.04	0.02
SUBTOTAL					0.33
2. EQUIPOS					
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	RENDIMIENTO	P. UNITARIO	COSTO
		A	R	B	$D=(A/R)*B$
Volqueta 8 m ³	H	0.05	0.85	30.00	1.76
Retroexcavadora	H	0.05	0.70	35.00	2.50
SUBTOTAL					4.26
3. MATERIALES					
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	RENDIMIENTO	P. UNITARIO	COSTO
		A	R	B	$D=(A/R)*B$
SUBTOTAL					
4. TRANSPORTE					
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	RENDIMIENTO	P. UNITARIO	COSTO
		A	R	B	$D=(A/R)*B$
SUBTOTAL					
TOTAL COSTOS INDIRECTOS					4.60
INDIRECTOS DE OBRA				15%	0.69
COSTO TOTAL DEL RUBRO					5.29
VALOR OFERTADO					5.29

Código	2.3			Unidad	m ²
Detalle	Compactación de la terraza				

1. MANO DE OBRA					
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	RENDIMIENTO	P. UNITARIO	COSTO
		A	R	B	D=(A/R)*B
Peón	hora	0.04	0.1	3.41	1.36
Cadenero	hora	2	0.1	3.45	0.35
Topógrafo	hora	1	0.1	3.82	0.38
SUBTOTAL					2.09
2. EQUIPOS					
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	RENDIMIENTO	P. UNITARIO	COSTO
		A	R	B	D=(A/R)*B
Plancha vibropisonadora	hora	0.6	0.2	6.26	18.78
SUBTOTAL					18.78
3. MATERIALES					
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	RENDIMIENTO	P. UNITARIO	COSTO
		A	R	B	D=(A/R)*B
SUBTOTAL					
4. TRANSPORTE					
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	RENDIMIENTO	P. UNITARIO	COSTO
		A	R	B	D=(A/R)*B
SUBTOTAL					
TOTAL COSTOS INDIRECTOS					20.871
INDIRECTOS DE OBRA				15%	3.13065
COSTO TOTAL DEL RUBRO					24.00165
VALOR OFERTADO					24

Código	2.4			Unidad	m
Detalle	Compactación de la zanja				

1. MANO DE OBRA					
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	RENDIMIENTO	P. UNITARIO	COSTO
		A	R	B	D=(A/R)*B
Peón	hora	0.3	1	3.41	1.02
Albañil	hora	0.25	1	3.45	3.45
Maestro de obra	hora	0.1	1	3.82	3.82
SUBTOTAL					8.29

2. EQUIPOS					
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	RENDIMIENTO	P. UNITARIO	COSTO
		A	R	B	D=(A/R)*B
Compactador mecánico	hora	0.25	1	6.25	1.5625
SUBTOTAL					1.5625
3. MATERIALES					
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	RENDIMIENTO	P. UNITARIO	COSTO
		A	R	B	D=(A/R)*B
SUBTOTAL					
4. TRANSPORTE					
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	RENDIMIENTO	P. UNITARIO	COSTO
		A	R	B	D=(A/R)*B
SUBTOTAL					
TOTAL COSTOS INDIRECTOS					9.8555
INDIRECTOS DE OBRA				15%	1.478325
COSTO TOTAL DEL RUBRO					11.333825
VALOR OFERTADO					11.33

Código	3.1			Unidad	m ³
Detalle	Excavación de material				

1. MANO DE OBRA					
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	RENDIMIENTO	P. UNITARIO	COSTO
		A	R	B	D=(A/R)*B
Operario		0.10	0.80	3.93	0.49
Maestro					
SUBTOTAL					0.49
2. EQUIPOS					
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	RENDIMIENTO	P. UNITARIO	COSTO
		A	R	B	D=(A/R)*B
Retroexcavadora	hora	0.10	0.90	22.50	2.50
SUBTOTAL					2.50
3. MATERIALES					
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	RENDIMIENTO	P. UNITARIO	COSTO
		A	R	B	D=(A/R)*B
SUBTOTAL					

4. TRANSPORTE					
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	RENDIMIENTO	P. UNITARIO	COSTO
		A	R	B	$D=(A/R)*B$
SUBTOTAL					
TOTAL COSTOS INDIRECTOS					2.99
INDIRECTOS DE OBRA				15%	0.45
COSTO TOTAL DEL RUBRO					3.44
VALOR OFERTADO					3.44

Código	3.2			Unidad	m
Detalle	Suministro e instalación de tubería de hierro dúctil				

1. MANO DE OBRA					
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	RENDIMIENTO	P. UNITARIO	COSTO
		A	R	B	$D=(A/R)*B$
Peón	hora	1.27	2.35	3.55	1.92
Maestro	hora	1.93	2.35	3.21	2.64
SUBTOTAL					4.56
2. EQUIPOS					
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	RENDIMIENTO	P. UNITARIO	COSTO
		A	R	B	$D=(A/R)*B$
Camión grúa	hora	0.46	2.35	54.81	10.80
Retrocargadora	hora	0.63	2.35	35.74	9.64
Pisón vibrante	hora	2.16	2.35	3.43	3.16
SUBTOTAL					23.60
3. MATERIALES					
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	RENDIMIENTO	P. UNITARIO	COSTO
		A	R	B	$D=(A/R)*B$
Lubricante	kg	0.10	2.35	3.56	0.15
Tubo de H.A.	m	1.05	2.35	921.96	411.94
SUBTOTAL					412.09
4. TRANSPORTE					
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	RENDIMIENTO	P. UNITARIO	COSTO
		A	R	B	$D=(A/R)*B$
SUBTOTAL					
TOTAL COSTOS INDIRECTOS					440.25
INDIRECTOS DE OBRA				15%	66.04
COSTO TOTAL DEL RUBRO					506.28
VALOR OFERTADO					506.28

Código	3.3			Unidad	m ³
Detalle	Desalojo de sección defectuosa Volqueta distancia 5 km				

1. MANO DE OBRA					
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	RENDIMIENTO	P. UNITARIO	COSTO
		A	R	B	D=(A/R)*B
Chofer		0.05	0.70	5.15	0.38
Peón				5.60	0.02
SUBTOTAL					0.40
2. EQUIPOS					
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	RENDIMIENTO	P. UNITARIO	COSTO
		A	R	B	D=(A/R)*B
Volqueta	hora	0.05	0.85	22.00	1.29
SUBTOTAL					1.29
3. MATERIALES					
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	RENDIMIENTO	P. UNITARIO	COSTO
		A	R	B	D=(A/R)*B
SUBTOTAL					
4. TRANSPORTE					
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	RENDIMIENTO	P. UNITARIO	COSTO
		A	R	B	D=(A/R)*B
SUBTOTAL					
TOTAL COSTOS INDIRECTOS					1.70
INDIRECTOS DE OBRA				15%	0.25
COSTO TOTAL DEL RUBRO					1.95
VALOR OFERTADO					1.95

Código	3.4			Unidad	m ³
Detalle	Relleno y compactación con arena				

1. MANO DE OBRA					
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	RENDIMIENTO	P. UNITARIO	COSTO
		A	R	B	D=(A/R)*B
Peón		0.6	1	3.6	2.16
Maestro		0.2	1	3.65	0.73
SUBTOTAL					2.89

2. EQUIPOS					
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	RENDIMIENTO	P. UNITARIO	COSTO
		A	R	B	D=(A/R)*B
Plancha vibropisonadora	u	0.6	1	6.26	3.76
Herramientas		5%			0.19
SUBTOTAL					3.94
3. MATERIALES					
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	RENDIMIENTO	P. UNITARIO	COSTO
		A	R	B	D=(A/R)*B
arena	m3	1.05	1	13.5	14.18
SUBTOTAL					14.18
4. TRANSPORTE					
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	RENDIMIENTO	P. UNITARIO	COSTO
		A	R	B	D=(A/R)*B
SUBTOTAL					
TOTAL COSTOS INDIRECTOS					21.01
INDIRECTOS DE OBRA				15%	3.15
COSTO TOTAL DEL RUBRO					24.16
VALOR OFERTADO					24.16

Código	3.5			Unidad	m ³
Detalle	Relleno y compactación con material natural				

1. MANO DE OBRA					
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	RENDIMIENTO	P. UNITARIO	COSTO
		A	R	B	D=(A/R)*B
Peón		1.07	1	3.6	3.85
Operador		0.53	1	3.65	1.93
Maestro		0.05	1	4.04	0.20
SUBTOTAL					5.99
2. EQUIPOS					
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	RENDIMIENTO	P. UNITARIO	COSTO
		A	R	B	D=(A/R)*B
Plancha vibropisonadora	U	0.6	1	6.26	3.76
Herramientas		5%			0.19
SUBTOTAL					3.94
3. MATERIALES					
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	RENDIMIENTO	P. UNITARIO	COSTO
		A	R	B	D=(A/R)*B
Agua	m ³	0.03	1	0.85	0.03
SUBTOTAL					0.03

4. TRANSPORTE					
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	RENDIMIENTO	P. UNITARIO	COSTO
		A	R	B	D=(A/R)*B
SUBTOTAL					
TOTAL COSTOS INDIRECTOS					9.96
INDIRECTOS DE OBRA				15%	1.49
COSTO TOTAL DEL RUBRO					11.45
VALOR OFERTADO					11.45

Código	3.6			Unidad	m ²
Detalle	Impermeabilización con geotextil				

1. MANO DE OBRA					
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	RENDIMIENTO	P. UNITARIO	COSTO
		A	R	B	D=(A/R)*B
Peón	Hora	0.21	1	4.6	0.97
Maestro	Hora	0.21	1	7.18	1.51
SUBTOTAL					2.47
2. EQUIPOS					
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	RENDIMIENTO	P. UNITARIO	COSTO
		A	R	B	D=(A/R)*B
SUBTOTAL					
3. MATERIALES					
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	RENDIMIENTO	P. UNITARIO	COSTO
		A	R	B	D=(A/R)*B
Lamina de geotextil	m ²	1.1	1	3.96	4.36
Clavo de acero	U	2	1	0.64	1.28
Perfil de remate	m	0.3	1	2.72	0.82
SUBTOTAL					6.45
4. TRANSPORTE					
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	RENDIMIENTO	P. UNITARIO	COSTO
		A	R	B	D=(A/R)*B
SUBTOTAL					
TOTAL COSTOS INDIRECTOS					8.93
INDIRECTOS DE OBRA				15%	1.34
COSTO TOTAL DEL RUBRO					10.26
VALOR OFERTADO					10.26

Código	4.1			Unidad	m
Detalle	Instalación de subdrén horizontal				

1. MANO DE OBRA					
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	RENDIMIENTO	P. UNITARIO	COSTO
		A	R	B	D=(A/R)*B
Operador		1	0.9	3.51	3.90
Maestro		1	0.75	3.55	4.73
SUBTOTAL					8.63
2. EQUIPOS					
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	RENDIMIENTO	P. UNITARIO	COSTO
		A	R	B	D=(A/R)*B
Equipo de perforación	Hora	1.00	1.25	150.00	120.00
SUBTOTAL					120.00
3. MATERIALES					
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	RENDIMIENTO	P. UNITARIO	COSTO
		A	R	B	D=(A/R)*B
Tubería PVC perforada 2"	m	1.05	1.00	2.30	2.42
Geotextil NT 2000	m	1.10	1.00	3.96	4.36
SUBTOTAL					6.78
4. TRANSPORTE					
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	RENDIMIENTO	P. UNITARIO	COSTO
		A	R	B	D=(A/R)*B
SUBTOTAL					
TOTAL COSTOS INDIRECTOS					135.41
INDIRECTOS DE OBRA				15%	20.31
COSTO TOTAL DEL RUBRO					155.72
VALOR OFERTADO					155.72

Código	5.1			Unidad	m ²
Detalle	Revegetación				

1. MANO DE OBRA					
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	RENDIMIENTO	P. UNITARIO	COSTO
		A	R	B	D=(A/R)*B
Peón		0.24	0.80	3.41	1.02
Maestro		0.12	0.80	3.82	0.57
SUBTOTAL					1.60

2. EQUIPOS					
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	RENDIMIENTO	P. UNITARIO	COSTO
		A	R	B	D=(A/R)*B
Herramienta menor	% MO	0.05			0.08
SUBTOTAL					0.08
3. MATERIALES					
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	RENDIMIENTO	P. UNITARIO	COSTO
		A	R	B	D=(A/R)*B
Planta	U	2	4	5	2.5
Abono orgánico	kg	1	1	1.1	1.1
SUBTOTAL					3.6
4. TRANSPORTE					
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	RENDIMIENTO	P. UNITARIO	COSTO
		A	R	B	D=(A/R)*B
SUBTOTAL					
TOTAL COSTOS INDIRECTOS					5.28
INDIRECTOS DE OBRA				15%	0.79
COSTO TOTAL DEL RUBRO					6.07
VALOR OFERTADO					6.07

Presupuesto referencial de las obras a implementarse en el canal de conducción de la Central Hidroeléctrica Saucay.

Proyecto	Análisis y diagnóstico de deslizamientos en el canal de conducción Saucay I
-----------------	---

Código	Descripción	U	Cantidad	P. Unitario	Total
1	Actividades preliminares				21492.69
1.1	Limpieza y desbroce de material a máquina incluye desalojo	m ²	1021.25	8.43	8609.15
1.2	Trazado y replanteo	m ²	5390.61	2.39	12883.55
2	Construcción de terrazas de drenaje				273759.73
2.1	Excavación del terreno natural	m ³	30404.36	2.33	70842.16
2.2	Desalojo de material residual	m ³	30404.36	5.29	160839.06
2.3	Compactación de la terraza	m ²	1618.56	24.00	38845.32
2.4	Compactación de la zanja	m	285.37	11.33	3233.19
3	Reemplazo de tuberías D=1800 mm				309537.20
3.1	Excavación de material	m ³	5572.80	3.44	19170.43
3.2	Instalación de tubería de hierro dúctil	m	400.00	506.28	202512.00

3.3	Desalojo de sección defectuosa	m ³	213.63	5.29	1130.09
3.4	Relleno y compactación con arena	m ³	1622.12	24.16	39190.52
3.5	Relleno y compactación con material natural	m ³	2932.80	11.45	33580.56
3.6	Impermeabilización con geotextil	m ²	1360.00	10.26	13953.60
4	Subdrén horizontal				43601.60
4.1	Instalación de subdrén horizontal	m	280.00	155.72	43601.60
5	Mitigación de impacto ambiental				6198.99
5.1	Revegetación	m ²	1021.25	6.07	6198.99
MONTO TOTAL					654590.22

Dentro de las obras de mejoramiento para repotenciar el funcionamiento de la Hidroeléctrica Saucay se plantea la construcción de terrazas de drenaje, el reemplazo de secciones de hierro fundido y la construcción de un subdrén horizontal. Para la implementación de las obras diseñadas para mejoramiento del canal se invertiría un monto de \$ **654590.22**

5.3 Descripción de cantidades de obra

1.1 Limpieza y desbroce de material

Descripción	Cantidad	Unidad
Área 1	1,000.19	m ²
Área 2	21.06	m ²
Total	1,021.25	

1.2 Trazado y replanteo

Descripción	Cantidad	Unidad
Canal y terraceo	4301.90	m ²
Reposicionamiento de vía	1088.70	m ²
Total	5390.61	

2.1. Excavación del terreno natural

Descripción	Área	A promedio	Longitud	Volumen	Unidad
7+200	168.382	177.2825	20	3545.65	m ³
7+220	186.183	182.8855	20	3657.71	m ³
7+240	179.588	153.7555	20	3075.11	m ³
7+260	127.923	146.729	20	2934.58	m ³
7+280	165.535	181.9415	20	3638.83	m ³
7+300	198.348	190.3965	20	3807.93	m ³
7+320	182.445	192.0345	20	3840.69	m ³
7+340	201.624	295.193	20	5903.86	m ³
7+360	388.762	388.762	20	-	m ³
Total				30404.36	

2.3 Compactación de la zanja

Descripción	Longitud	Unidad
1ra zanja	124.425	m
2da zanja	87.986	m
3ra zanja	72.954	m
Total	285.365	

2.4 Compactación de la terraza

Descripción	Área	Unidad
1ra terraza	647.525	m ²
2da terraza	536.782	m ²
3ra terraza	434.248	m ²
Total	1618.555	

3.1 Excavación del material

Descripción	Cota terreno	Cota tubería	Prof	Prof exc	a de zanja	A exc	A prom	L	V exc	Unidad
7+100	3425.6	3423.01	2.59	4.59	3	13.77	13.83	20	276.6	m ³
7+120	3425.64	3423.01	2.63	4.63	3	13.89	13.74	20	274.8	m ³
7+140	3425.56	3423.03	2.53	4.53	3	13.59	13.38	20	267.6	m ³
7+160	3425.44	3423.05	2.39	4.39	3	13.17	13.305	20	266.1	m ³
7+180	3425.55	3423.07	2.48	4.48	3	13.44	13.68	20	273.6	m ³
7+200	3425.73	3423.09	2.64	4.64	3	13.92	14.76	20	295.2	m ³
7+220	3426.31	3423.11	3.2	5.2	3	15.6	15.93	20	318.6	m ³
7+240	3426.55	3423.13	3.42	5.42	3	16.26	15.57	20	311.4	m ³
7+260	3426.11	3423.15	2.96	4.96	3	14.88	13.665	20	273.3	m ³
7+280	3425.32	3423.17	2.15	4.15	3	12.45	13.155	20	263.1	m ³
7+300	3425.8	3423.18	2.62	4.62	3	13.86	14.055	20	281.1	m ³
7+320	3425.95	3423.2	2.75	4.75	3	14.25	14.655	20	293.1	m ³
7+340	3426.23	3423.21	3.02	5.02	3	15.06	14.685	20	293.7	m ³
7+360	3426	3423.23	2.77	4.77	3	14.31	14.28	20	285.6	m ³
7+380	3425.99	3423.24	2.75	4.75	3	14.25	14.235	20	284.7	m ³
7+400	3426	3423.26	2.74	4.74	3	14.22	12.84	20	256.8	m ³
7+420	3425.06	3423.24	1.82	3.82	3	11.46	12.885	20	257.7	m ³
7+440	3426	3423.23	2.77	4.77	3	14.31	13.8	20	276	m ³
7+460	3425.64	3423.21	2.43	4.43	3	13.29	13.215	20	264.3	m ³
7+480	3425.58	3423.2	2.38	4.38	3	13.14	12.975	20	259.5	m ³
7+500	3425.54	3423.27	2.27	4.27	3	12.81	12.81	20	-	m ³
Total									5572.8	

3.3 Desalojo de sección tubería

Descripción	A	L	V	Unidad
Tubería a desechar	0.53	400	213.628	m ³
Total			213.628	

3.4 Relleno de arena de tubería

Descripción	A	A prom	L	V	Unidad
7+100	4.055	4.055	20	81.106	m ³
7+120	4.055	4.055	20	81.106	m ³
7+140	4.055	4.055	20	81.106	m ³
7+160	4.055	4.055	20	81.106	m ³
7+180	4.055	4.055	20	81.106	m ³
7+200	4.055	4.055	20	81.106	m ³
7+220	4.055	4.055	20	81.106	m ³
7+240	4.055	4.055	20	81.106	m ³
7+260	4.055	4.055	20	81.106	m ³
7+280	4.055	4.055	20	81.106	m ³
7+300	4.055	4.055	20	81.106	m ³
7+320	4.055	4.055	20	81.106	m ³
7+340	4.055	4.055	20	81.106	m ³
7+360	4.055	4.055	20	81.106	m ³
7+380	4.055	4.055	20	81.106	m ³
7+400	4.055	4.055	20	81.106	m ³
7+420	4.055	4.055	20	81.106	m ³
7+440	4.055	4.055	20	81.106	m ³
7+460	4.055	4.055	20	81.106	m ³
7+480	4.055	4.055	20	81.106	m ³
7+500	4.055	4.055	20	-	m ³
Total				1622.124	

3.5 Relleno con material natural

Descripción	Cota tFin	Cota lomo	Prof	A	A prom	L	V	Unidad
7+100	3425.6	3423.01	2.39	7.17	7.23	20	144.6	m ³
7+120	3425.64	3423.01	2.43	7.29	7.14	20	142.8	m ³
7+140	3425.56	3423.03	2.33	6.99	6.78	20	135.6	m ³
7+160	3425.44	3423.05	2.19	6.57	6.705	20	134.1	m ³
7+180	3425.55	3423.07	2.28	6.84	7.08	20	141.6	m ³
7+200	3425.73	3423.09	2.44	7.32	8.16	20	163.2	m ³
7+220	3426.31	3423.11	3	9	9.33	20	186.6	m ³
7+240	3426.55	3423.13	3.22	9.66	8.97	20	179.4	m ³
7+260	3426.11	3423.15	2.76	8.28	7.065	20	141.3	m ³
7+280	3425.32	3423.17	1.95	5.85	6.555	20	131.1	m ³
7+300	3425.8	3423.18	2.42	7.26	7.455	20	149.1	m ³
7+320	3425.95	3423.2	2.55	7.65	8.055	20	161.1	m ³
7+340	3426.23	3423.21	2.82	8.46	8.085	20	161.7	m ³
7+360	3426	3423.23	2.57	7.71	7.68	20	153.6	m ³
7+380	3425.99	3423.24	2.55	7.65	7.635	20	152.7	m ³
7+400	3426	3423.26	2.54	7.62	6.24	20	124.8	m ³
7+420	3425.06	3423.24	1.62	4.86	6.285	20	125.7	m ³
7+440	3426	3423.23	2.57	7.71	7.2	20	144	m ³
7+460	3425.64	3423.21	2.23	6.69	6.615	20	132.3	m ³
7+480	3425.58	3423.2	2.18	6.54	6.375	20	127.5	m ³
7+500	3425.54	3423.27	2.07	6.21	6.21	20	-	m ³
Total							2932.8	

3.6 Impermeabilización con geotextil

Descripción	a de zanja	L	Area
7+100	3.4	20	68
7+120	3.4	20	68
7+140	3.4	20	68
7+160	3.4	20	68
7+180	3.4	20	68
7+200	3.4	20	68
7+220	3.4	20	68
7+240	3.4	20	68
7+260	3.4	20	68
7+280	3.4	20	68

7+300	3.4	20	68
7+320	3.4	20	68
7+340	3.4	20	68
7+360	3.4	20	68
7+380	3.4	20	68
7+400	3.4	20	68
7+420	3.4	20	68
7+440	3.4	20	68
7+460	3.4	20	68
7+480	3.4	20	68
7+500	3.4	20	-
Total			1360

4.1 Instalación de subdrén horizontal

Descripción	L	Unidad
Dren 1	40	m
Dren 2	40	m
Dren 3	40	m
Dren 4	40	m
Dren 5	40	m
Dren 6	40	m
Dren 7	40	m
Total	280	

5.4 Cronograma valorado

	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Total
Actividades preliminares	\$ 14,427.36	\$ 7,065.33	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	21492.69
Limpieza y desbroce de material a máquina incluye desalojo	\$ 4,304.57	\$ 4,304.57	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	8609.14593
Trazado y replanteo	\$ 10,122.79	\$ 2,760.76	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	12883.546
Construcción de terrazas de drenaje	\$ 20,442.46	\$100,981.00	\$ 80,787.66	\$ 71,548.61	\$ -	\$ -	\$ -	273759.729
Excavación del terreno natural	\$ 6,250.78	\$ 18,752.34	\$ 23,961.32	\$ 21,877.73	\$ -	\$ -	\$ -	70842.1588
Desalojo de material residual Volqueta distancia 5km	\$ 14,191.68	\$ 42,575.05	\$ 54,401.45	\$ 49,670.89	\$ -	\$ -	\$ -	160839.064
Compactación de la terraza	\$ -	\$ 38,845.32	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	38845.32
Compactación de la zanja	\$ -	\$ 808.30	\$ 2,424.89	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	3233.18545
Reemplazo de tuberías D=1800 mm	\$ 1,513.97	\$ 10,744.42	\$ 12,697.55	\$227,654.97	\$ 29,777.82	\$ 21,285.21	\$ 5,863.27	309537.201
Excavación de material	\$ 958.52	\$ 5,751.13	\$ 7,348.67	\$ 5,112.12	\$ -	\$ -	\$ -	19170.432
Suministro e instalación de tubería de hierro dúctil	\$ -	\$ -	\$ -	\$202,512.00	\$ -	\$ -	\$ -	202512
Desalojo de sección defectuosa Volqueta distancia 5 km	\$ 322.88	\$ 807.21	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	1130.09371
Relleno y compactación con arena	\$ -	\$ -	\$ -	\$ 10,514.53	\$ 19,117.32	\$ 9,558.66	\$ -	39190.5154
Relleno y compactación con material natural	\$ -	\$ -	\$ -	\$ 5,330.25	\$ 10,660.50	\$ 11,726.54	\$ 5,863.27	33580.56
Impermeabilización con geotextil	\$ 232.56	\$ 4,186.08	\$ 5,348.88	\$ 4,186.08	\$ -	\$ -	\$ -	13953.6
Subdrén horizontal	\$ -	\$ -	\$ -	\$ 43,601.60	\$ -	\$ -	\$ -	43601.6
Instalación de subdrén horizontal	\$ -	\$ -	\$ -	\$ 43,601.60	\$ -	\$ -	\$ -	43601.6
Mitigación de impacto ambiental	\$ -	\$ -	\$ -	\$ 1,239.80	\$ 4,132.66	\$ 826.53	\$ -	6198.99357
Revegetación	\$ -	\$ -	\$ -	\$ 1,239.80	\$ 4,132.66	\$ 826.53	\$ -	6198.99357
	\$ 72,767.57	\$237,581.50	\$186,970.40	\$688,089.97	\$ 67,820.96	\$ 44,223.48	\$ 11,726.54	654590.215

CAPÍTULO 6

6. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Conclusiones

Las conclusiones que se detallan a continuación están basadas en los resultados de los análisis realizados al canal de conducción de la hidroeléctrica Saucay I mediante las metodologías explicadas, las cuales permiten presentar varias soluciones constructivas que a futuro se podrían implementar en el sitio.

1. Las infiltraciones de aguas subsuperficiales en conjunto con movimientos geológicos naturales como deslizamientos, reptación y sismos contribuyeron a afectar la estructura del canal de conducción a través de desplazamientos diferenciales por el lavado de finos así como también presiones mayores a las idealizadas para la sección de tubería. Dando como resultado fallas de distinto tipo como fisuras longitudinales, fisuras en juntas, o como se pudo apreciar en el informe de la U. de Cuenca, una completa sección comprometida.
2. El hormigón simple utilizado para la construcción del canal hace casi 50 años no es el más adecuado para la importancia de la obra y la vida útil esperada. En la tabla 3.8 se detalla que uno de los mejores materiales para utilizar será el hierro dúctil, que tendrá la capacidad de soportar las sobrepresiones que se puedan dar por asentamientos diferenciales no controlables.
3. Para lograr la estabilidad de los taludes paralelos a la línea de conducción se requiere controlar la presión de poros causada por el agua de lluvia que se infiltra, seleccionar la estructura más adecuada para el sitio y mejorar la geometría del talud de acuerdo con las características geológicas de la zona. Una de las soluciones consideradas para ello fue la utilización de muros de estabilización, pero se descartó por la altura de 20 metros que se hubiera necesitado alcanzar, por esto el uso de terrazas de disipación de energía fue la alternativa por la que

se optó, con el fin de controlar la reptación local. A su vez se utilizaron subdrenajes horizontales por debajo de la tubería para reducir en un 40% el nivel freático, evitando así el lavado de finos.

Recomendaciones

- Con la finalidad de mantener en buen estado y correcto funcionamiento el canal de conducción de la Central Hidroeléctrica Saucay, se recomienda considerar una transición total de la sección de tubería de conducción que va desde la abscisa 7+100 hasta 7+500

- Para evitar los deslizamientos de suelo desde la parte alta del talud, debido al desprendimiento que se genera cuando existen la temporada alta de lluvias, se recomienda estabilizar los taludes e implementar una zanja de coronación, con el fin de recoger la mayor cantidad de fluido para luego depositarle en una zanja o cuneta para su correcta evacuación evitando el desprendimiento de material granular que se pudiese encontrar en lo alto del talud.

- La implementación de un material impermeabilizante que cubra y proteja a la tubería de las infiltraciones a las que está expuesta es de vital importancia, ya que no permitiría el acceso de las aguas subterráneas del sector y por ende cause daños y fisuras a la misma. Es por esto que se recomienda cubrir a la tubería con una membrana de Geotextil de polietileno de alta densidad con 8mm de espesor, la cual se ha implementado en otras obras de iguales características demostrando una gran eficiencia además que son de fácil manejo y de bajo costo.

BIBLIOGRAFÍA

Álvarez Guale, R. J. (14 de Noviembre de 2011). Obtenido de http://raulalvarezguale.info/wp-content/uploads/sites/836/2016/05/2.8_Regla_de_Bayes.pdf

Asociación de carreteras del Japón. (s.f.). *Serie de trabajos de tierra en carreteras*.

Atkinson, J. (1993). *An introduction to the mechanics of soils and foundations*.

Bartlett, J.-B. (5 de Enero de 2018). *Probability concepts explained: Bayesian inference for parameter estimation*. Obtenido de Towards Data Science: <https://towardsdatascience.com/probability-concepts-explained-bayesian-inference-for-parameter-estimation-90e8930e5348>

Botía Díaz, W. A. (2015). *Manual de procedimientos de ensayos de suelos y memoria de cálculo*. Bogotá.

Cornforth, D. (2005). Landslides in Practice: Investigation, Analysis, and Remedial/Preventative Options in Soils. En D. Cornforth, *Landslides in Practice: Investigation, Analysis, and Remedial/Preventative Options in Soils* (pág. 596). Jhon Wiley and sons Inc.

Cortez Flores, D. (2014). *Granulometría*. Cajamarca.

Díaz, J., Jara, M., & Rivas, F. (1 de Diciembre de 2019). *Evaluación de la distribución y capacidad de flujo del sistema de drenaje de depósitos de relaves Mina Chépica*. Obtenido de ResearchGate: https://www.researchgate.net/publication/338988355_Evaluacion_de_la_distribucion_y_capacidad_de_flujo_del_sistema

Domínguez, J. M. (2011). *Estudio de impacto ambiental definitivo (EIAD) de la sustitución de la central hidroeléctrica Saymirín I-II: Construcción del tanque de carga, tubería de presión y casa de máquinas para el proyecto Saymirín V (7.0 MW)*. Cuenca.

Donado Garzón, L. D. (2004). *Modelo de conductividad hidráulica en suelos*. Bogotá.

Empresa Pública de la Universidad de Cuenca. (s.f.).

Encalada, J. (2015). Cuenca.

Encalada, J. (2015). *Parámetros de resistencia y cálculo de asentamientos utilizando ensayo SPT*.

Escobar, C. (2017). *Geotecnia para el tropico Andino*. Manizales.

Gobierno Autónomo Descentralizado Municipal Cuenca. (Febrero de 2015). Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial del Cantón Cuenca. Ecuador.

Gobierno Autónomo Descentralizado Parroquial . (2014 - 2019). Plan de desarrollo y ordenamiento territorial Chiquintad. Azuay, Ecuador.

Gobierno Povicinal del Azuay . (2015). Plan de desarrollo y ordenamiento territorial del Azuay actualizado 2015 - 2030. Azuay, Ecuador.

Gray, & Sotir. (1996). *La vegetación y los deslizamientos*.

Iman, R., & Davenport, J. (Enero de 1980). *Latin hypercube sampling (program user's guide)*. Obtenido de Research Gate: https://www.researchgate.net/publication/215519837_Latin_hypercube_sampling_program_user's_guide_LHC_in_FORTRAN

INEC. (2010). *Censo 2010. Población y vivienda, una historia para ver y sentir*.

ITEC, Instituto de Tecnología de la Construcción. (s.f.). *CONSTRUMÁTICA*. Obtenido de CONSTRUMÁTICA: https://www.construmatica.com/construpedia/M%C3%A9todos_de_Ensayo_del_Hormig%C3%B3n_no_Destructivos:_Ultrasonidos.#:~:text=Este%20aparato%20mide%20el%20tiempo,al%20hormig%C3%B3n%20que%20se%20ensaya.

Jaime Suarez. (2019). *Conformacion de la superficie del talud*. Colombia.

Labuz, J. (14 de Noviembre de 2017). *Mohr-Coulomb failure criterion*. Obtenido de Research Gate: https://www.researchgate.net/publication/307108665_Mohr-coulomb_failure_criterion

López Menardi, R. E. (2003). *Determinación in situ de propiedades ingenieriles de los suelos y su relación con el ensayo normal de penetración*. Buenos Aires.

- Ministerio de Desarrollo Urbano y Vivienda. (2016). *Guía práctica para la ejecución de estudios geotécnicos y trabajos de cimentación de conformidad con la Norma Ecuatoriana de la Construcción NEC 2015*. Quito.
- Mohr, O. (1900). Welche Umstände bedingen die Elastizitätsgrenze und den Bruch eines Materials? . En O. Mohr, *Zeit des Ver Deut Ing* (págs. 44: 1524-1530).
- Olivera, C., Carvajal, A., & Banegas, G. G. (2018). *Ensayo de corte directo*. Obtenido de Mecánica de suelos 1 UNITEC: <https://mecanicadesuelos1unitec.wordpress.com/ensayo-de-corte-directo/>
- Olivos, M. (1 de Junio de 2015). *Estimación del ángulo de fricción interna y cohesión no drenada a partir de correlaciones basadas en ensayos in situ para suelos del Piedemonte de los cerros orientales de Bogotá DC*. Obtenido de <http://polux.unipiloto.edu.co:8080/00002524.pdf>
- Orozco Rivadeneira, M. M. (2007). *Sistemas de subdrenaje en obras de estabilización*. Bogotá.
- Pauta, G., Velasco, M. G., Vásquez, G., Rivera, S., Morales, O., & Abril, A. (2019). Evaluación de la calidad del agua de los ríos de la ciudad de Cuenca, Ecuador. *MASKANA Vol. 10*, 76-88.
- Pértegas Díaz, S., & Pita Fernández, S. (2001). *La distribución normal*.
- Ponce, V. (Febrero de 2018). *Drenaje de carreteras*. Obtenido de Ponce.sdsu.edu: http://ponce.sdsu.edu/drenaje_de_carreteras_c.html
- Ramírez Carvajal , R. (Septiembre de 1997). *Propiedades Físicas, químicas y biológicas de los suelos* . Obtenido de <http://bibliotecadigital.agronet.gov.co/bitstream/11348/6636/1/083.pdf>
- Rendón Macías, M. E., Riojas Garza, A., Contreras Estrada, D., & Martínez Ezquerro, J. D. (2018). *Análisis Bayesiano. Conceptos básicos y prácticos para su interpretación y uso*. México.
- Rivera, O. (2017). *Conceptos basicos de los deslizamientos de tierra*. EAE.
- Sanhueza, P. &. (2013). *Scielo*. Obtenido de Scielo: <http://dx.doi.org/10.4067/S0718-915X2013000100003>

- Saquisilí, S. (2019). *Desarrollo de un modelo estocástico para la predicción de sequías usando índices climáticos y datos de reanálisis para la subcuenca del río Machángara*. Cuenca.
- Solaque Guzmán, D. P. (2008). *Comparación del ángulo de fricción crítico con el ángulo de reposo. Análisis de la influencia de algunos factores en la determinación del ángulo de reposo*. Bogotá.
- Suarez, D. J. (1998). *Deslizamientos y estabilidad de taludes en zonas tropicales*. Bucaramanga, Colombia: Ingeniería de Suelos Ltda.
- Suárez, J. (2008). *Resistencia al cortante*.
- Suárez, J. (15 de Marzo de 2019). *Control de erosión en taludes y obras de ingeniería*. Obtenido de erosion.com.com: <http://www.erosion.com.co/presentaciones/category/9-control-de-erosion-en-zonas-tropicales.html?download=50:074-capitulo10-controldeerosionentaludesyobrasdeingenieria>
- Taype Ramos, V. (s.f.). *Estabilidad de taludes en obras de ingeniería civil*. Obtenido de https://d1wqtxts1xzle7.cloudfront.net/38578170/estabilidad_de_taludes.pdf?1440600748=&response-content-disposition=inline%3B+filename%3DEstabilidad_de_taludes.pdf&Expires=1594593586&Signature=Q4cMFD1P7YCqVw1NqLJFz3bcjeTfDpDnKeBanx7MzDwTtYLU92UtD8ad34uvxpY
- Theory, S. (2018). *Bayesian Inference*. Obtenido de Seeing Theory: <https://seeing-theory.brown.edu/doc/bayesian-inference.pdf>
- Torres Cruz, J. A. (2019). *Desarrollo de un módulo ejecutable para la ejecución por lotes del simulador GRO con análisis de sensibilidad de parámetros*. Madrid.
- Universidad de Cuenca - Empresa Pública. (s.f.). *Patologías del hormigón*. Cuenca.
- Universidad del Azuay. (s.f.). *Instituto de Estudios de Régimen Seccional del Ecuador (IERSE)*. Obtenido de gis.uazuay.edu.ec/proyectos/meteorologia-continua/
- Vásquez, A. (17 de Septiembre de 2019). *Prospección Geofísica para el estudio de la conducción Chanlud-Tuñi*. Cuenca. Obtenido de GEO & GEO.

Villón, M. (2007). *Drenaje*. Costa Rica: Editorial Tecnológica de Costa Rica.

Yoza Pincay, C. J. (2017). *Diseño de estabilización biotécnica de talud con geomalla y especie vegetal en la quebrada de Ingapirca de la UNESUM*. Jipijapa.

ANEXOS Y PLANOS

ANEXO A

TABLAS

Tabla A.1 Fallas presentadas en el canal de conducción. (Empresa Pública de la Universidad de Cuenca)

Abscisas en el canal	Fallas presentadas	Abscisas en la vía
7+086.10 – 7+089.10	Entrada a canal (malla)	7+756.10 – 7+759.10
7+131 – 7+137	Fracturas en muros y solera en actividad.	7+791 – 7+797
7+137 – 7+175	Fisuras en las partes laterales de la sección del canal	7+997 – 7+835
7+175 – 7+230	Daño estructural en toda la sección del canal	7+835 – 7+830
7+252 – 7+257	Dos juntas constructivas fracturadas.	7+912 – 7+917
7+275	Junta constructiva fracturada	7+935
7+285	Junta constructiva fracturada	7+945
7+294	Junta constructiva fracturada	7+954
7+303	Junta constructiva fracturada	7+963
7+325	Junta constructiva fracturada	7+985
7+325 – 7+380	Daño estructural en toda la sección del canal.	7+985 – 8+040
7+380 – 7+385	Daño estructural en toda la sección de la cámara	8+040 – 8+045
7+520 – 7+530	Filtraciones	8+180 – 8+190

Tabla A.2 Datos a priori, observaciones de ensayos y datos a posteriori del ángulo de fricción crítico drenado. Autores.

Ángulo de fricción crítico drenado [°]			
Observaciones	A priori		
	Media	Desv. Est.	Varianza
33.262			
33.262	33.57	2.54	6.45
33.262	A posteriori		
	Media	Desv. Est.	Varianza
32.748	33.125	0.29	0.084
32.748			
35.000			
33.262			
30.385			
32.748			
37.994			
33.262			
29.670			
Σ =430.351			

Tabla A.3 Datos a priori, observaciones de ensayos y datos a posteriori del ángulo de fricción residual. Autores.

Ángulo de fricción residual [°]			
Observaciones	A priori		
	Media	Desv. Est.	Varianza
22.114	33.57	2.54	6.45
22.114	A posteriori		
	Media	Desv. Est.	Varianza
21.215	19.633	0.82	0.665
21.215			
25.332			
22.114			
17.374			
21.215			
31.530			
22.114			
$\Sigma = 269.670$			

Tabla A.4 Datos a priori, observaciones de ensayos y datos a posteriori del ángulo de fricción máximo. Autores.

Ángulo de fricción máximo [°]			
Observaciones	A priori		
	Media	Desv. Est.	Varianza
36.396	33.57	2.54	6.45
38.239	33.57	2.54	6.45
39.487	A posteriori		
	Media	Desv. Est.	Varianza
37.834	38.032	0.28	0.076
40.008	38.032	0.28	0.076
41.630			
36.574			
35.993			
40.384			
36.190			
36.190			
36.190			
36.715			
$\Sigma = 491.829$			

Tabla A.5 Datos a priori, observaciones de ensayos y datos a posteriori de la resistencia al corte no drenado. Autores.

Resistencia al corte no drenado [kPa]			
Observaciones	A priori		
	Media	Desv. Est.	Varianza
33.05			
42.50	96.35	87.24	7610.82
	A posteriori		
	Media	Desv. Est.	Varianza
$\Sigma = 75.55$	37.946	4.72	22.265

Tabla A.6 Datos a priori, observaciones de ensayos y datos a posteriori de la cohesión. Autores.

Cohesión [kPa]			
Observaciones	A priori		
	Media	Desv. Est.	Varianza
86.25			
143.83	20.00	5.00	25.00
	A posteriori		
	Media	Desv. Est.	Varianza
$\Sigma = 230.08$	22.782	4.93	24.268

ANEXO B

CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES DEL PLAN DE TRABAJO

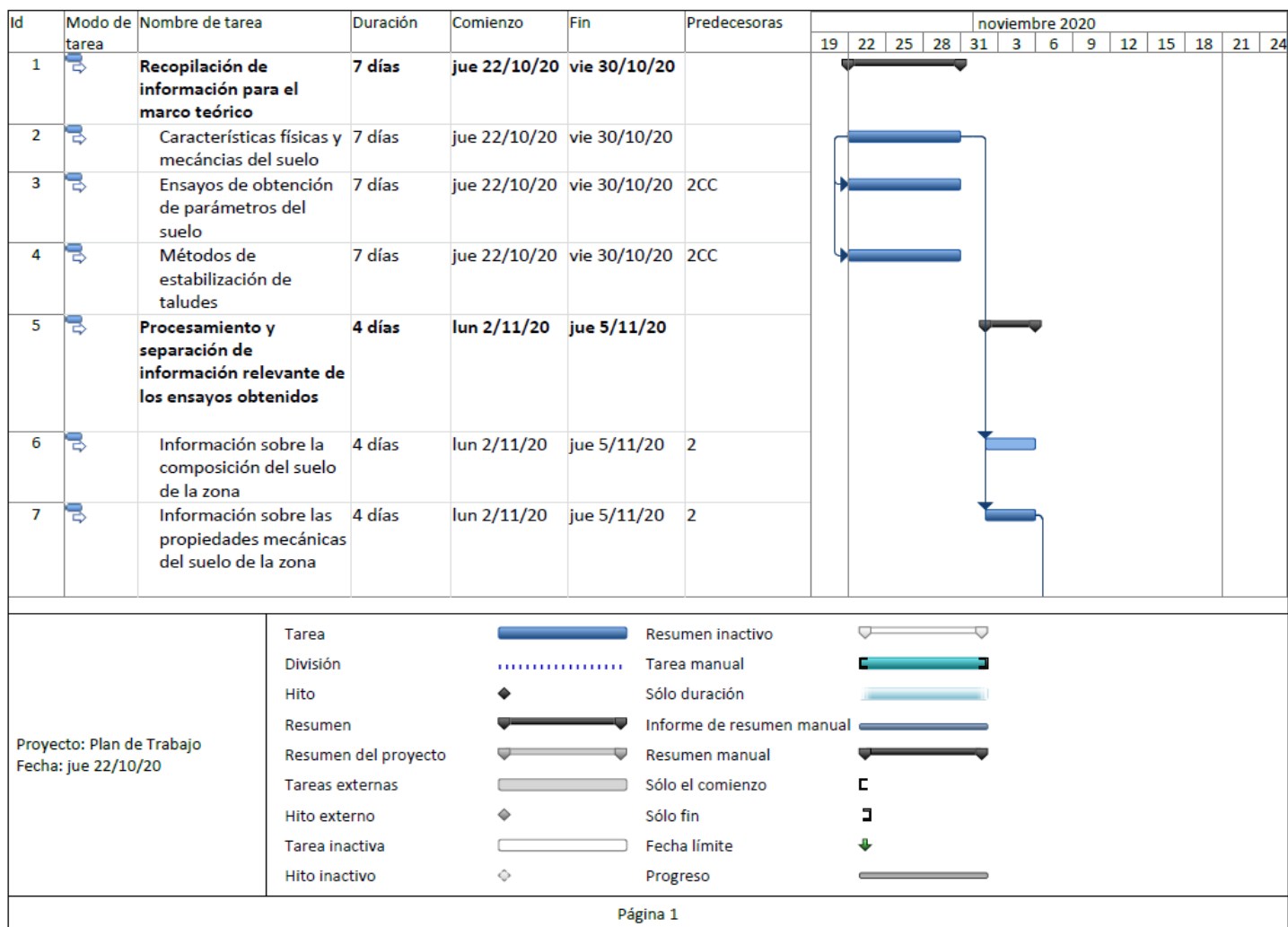


Figura B.1 Cronograma de actividades del plan de trabajo. Autores

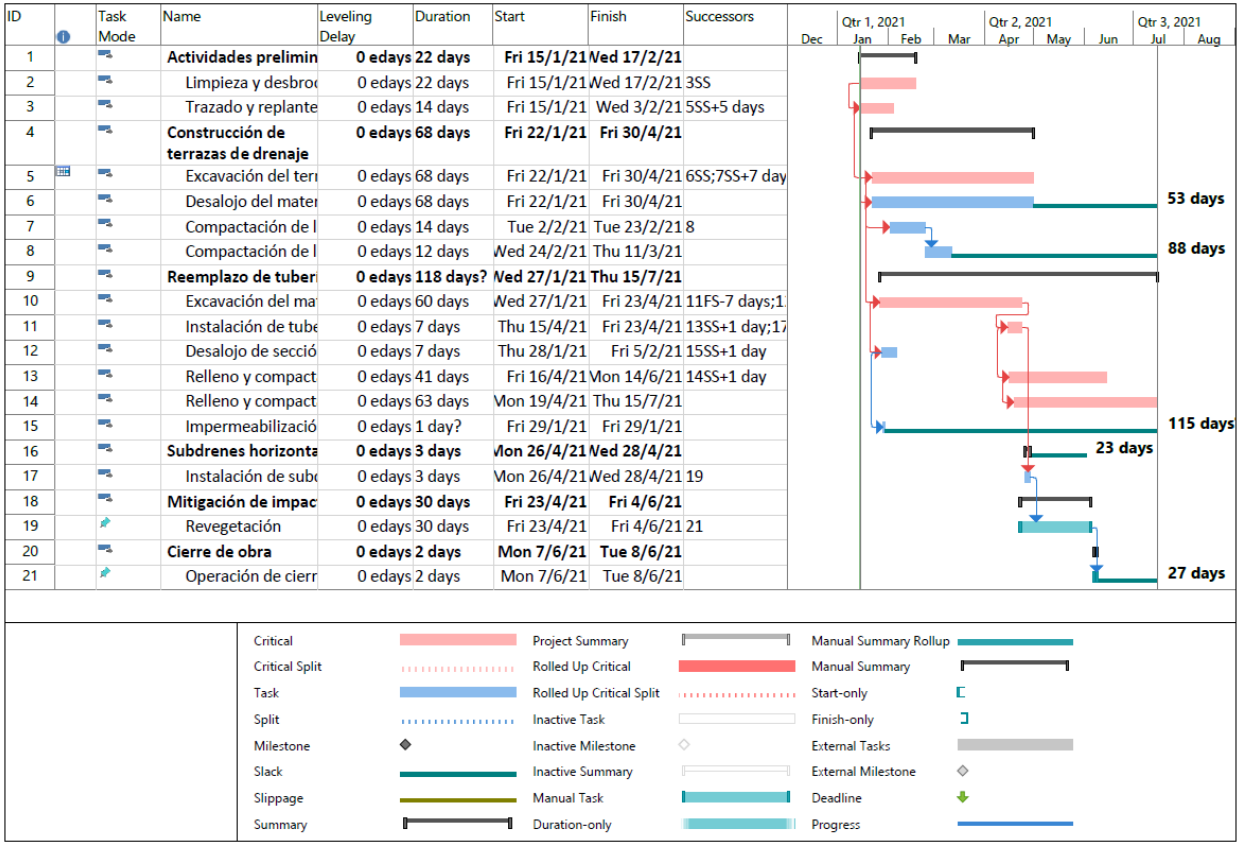
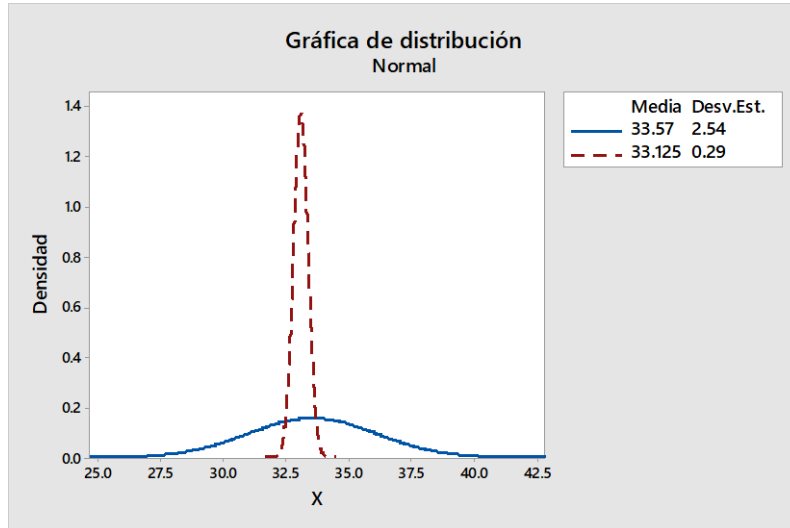
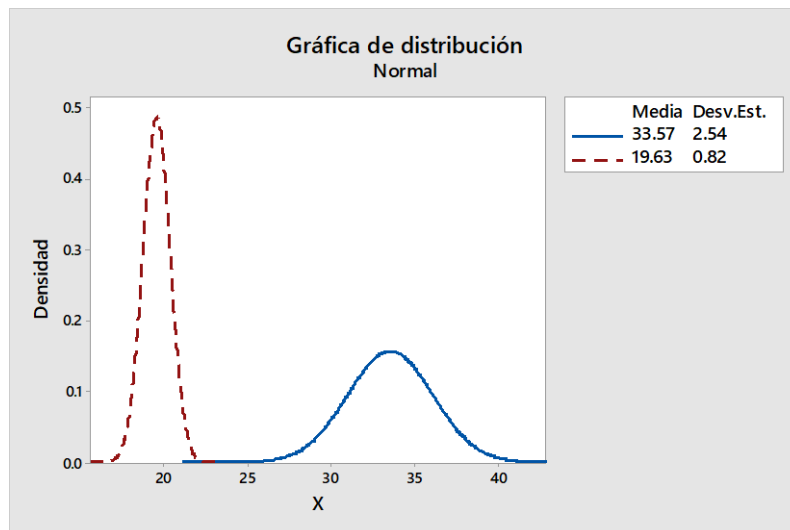


Figura B.4 Cronograma de actividades de obra. Autores

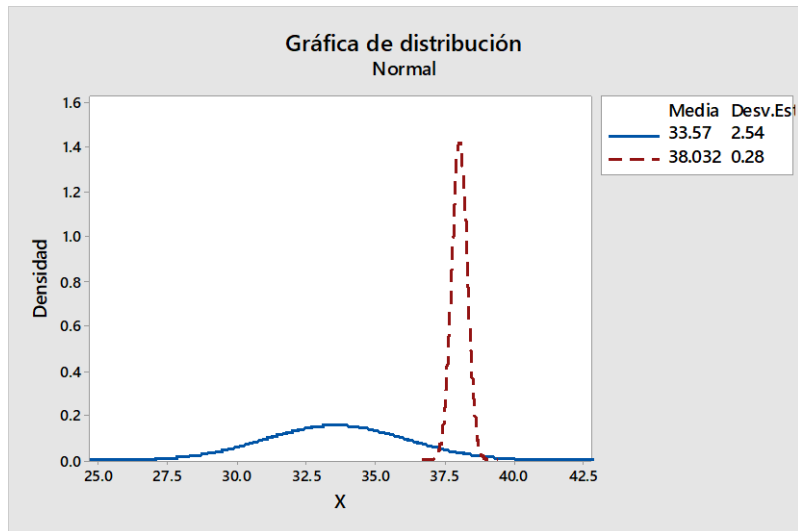
GRÁFICOS



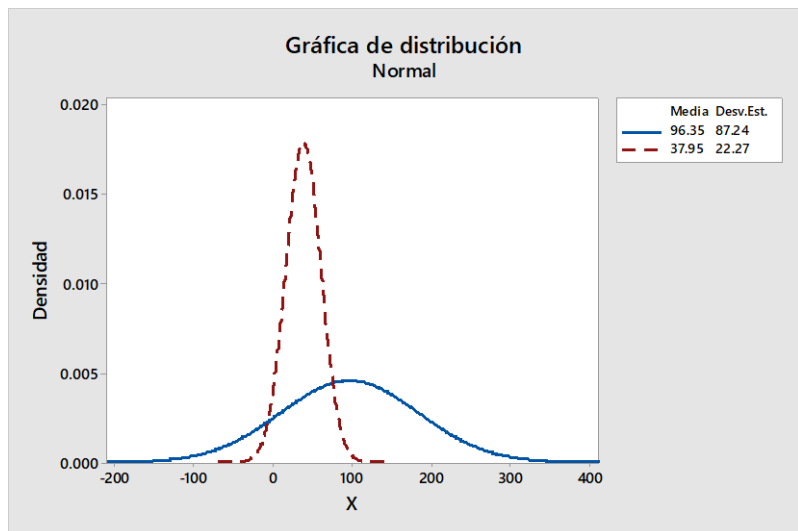
Gráfica 1 Comparación de distribución de ángulo de fricción crítico. A priori en línea continua y a posteriori en línea segmentada (Encalada, Parámetros de resistencia y cálculo de asentamientos utilizando ensayo SPT, 2015).



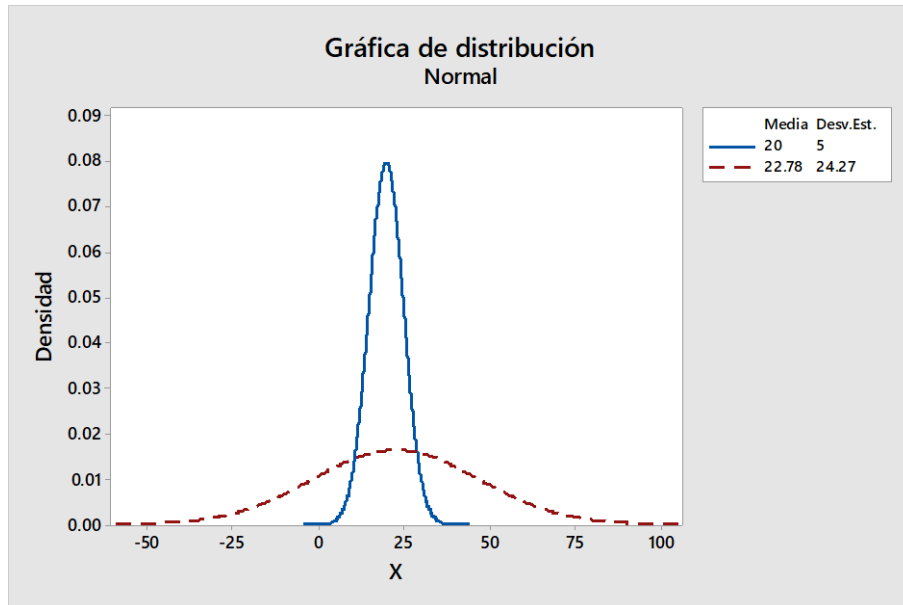
Gráfica 2 Comparación de distribución de ángulo de fricción residual. A priori en línea continua y a posteriori en línea segmentada. (Encalada, Parámetros de resistencia y cálculo de asentamientos utilizando ensayo SPT, 2015)



Gráfica 3 Comparación de distribución de ángulo de fricción máximo. A priori en línea continua y a posteriori en línea segmentada. (Encalada, Parámetros de resistencia y cálculo de asentamientos utilizando ensayo SPT, 2015)



Gráfica 4. Comparación de la distribución de probabilidad de la resistencia al corte no drenado en kPa. A priori en línea continua y a posteriori en línea segmentada. (Encalada, Parámetros de resistencia y cálculo de asentamientos utilizando ensayo SPT, 2015)



Gráfica 5. Comparación de la distribución de probabilidad de la cohesión en kPa. A priori en línea continua y a posteriori en línea segmentada. (Encalada, Parámetros de resistencia y cálculo de asentamientos utilizando ensayo SPT, 2015)

FIGURAS

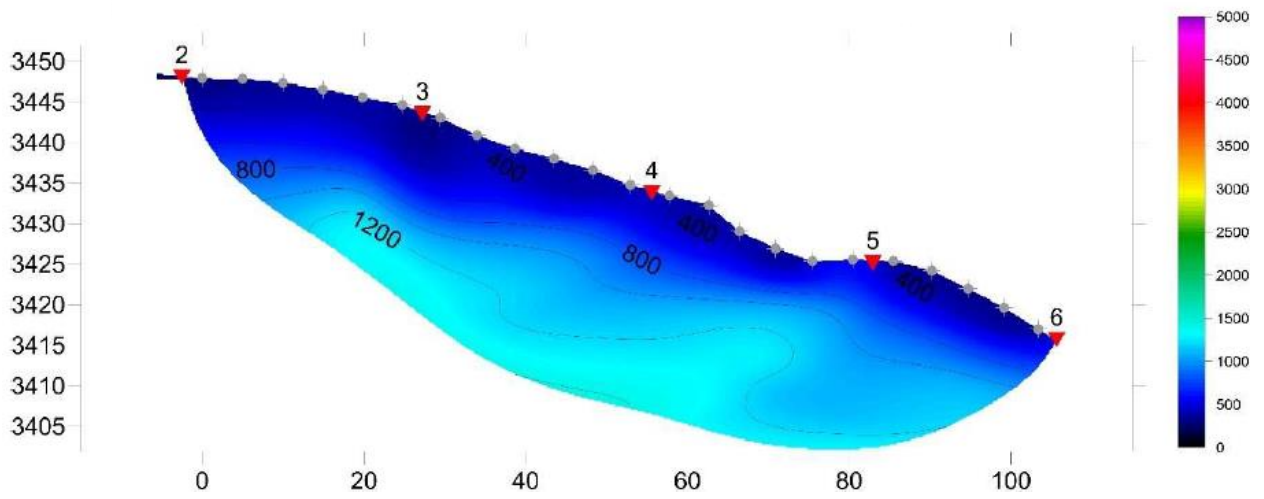


Figura 1 Perfil geofísico LS1. (Vásquez, 2019)

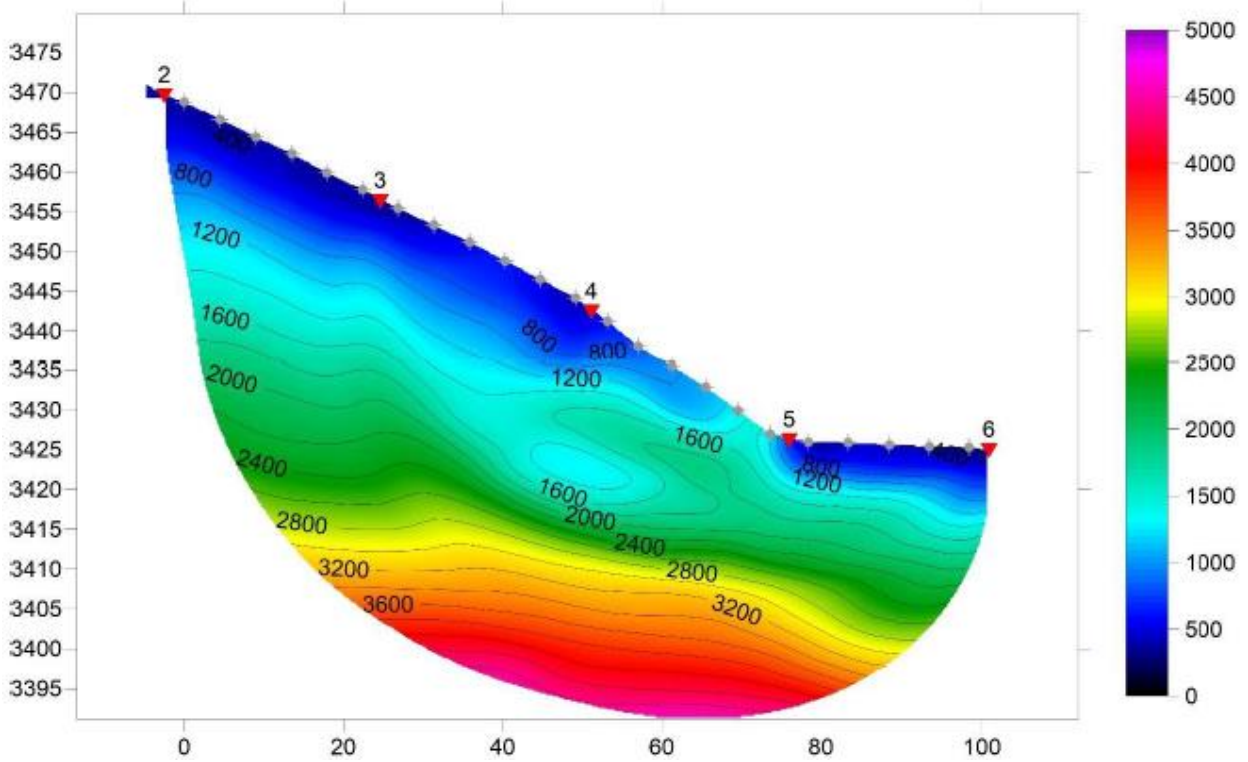


Figura 2 Perfil geofísico LS2. (Vásquez, 2019)

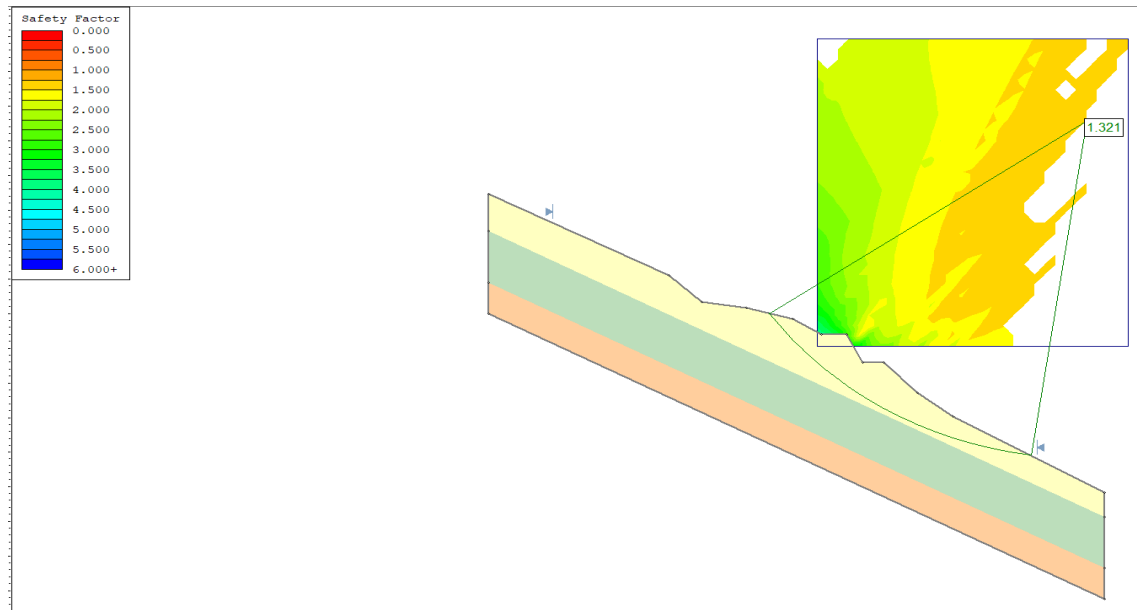


Figura 3 Análisis de elementos finitos en el software Slide de la abscisa 7+320 en condiciones originales. Factor de seguridad: 1.321.

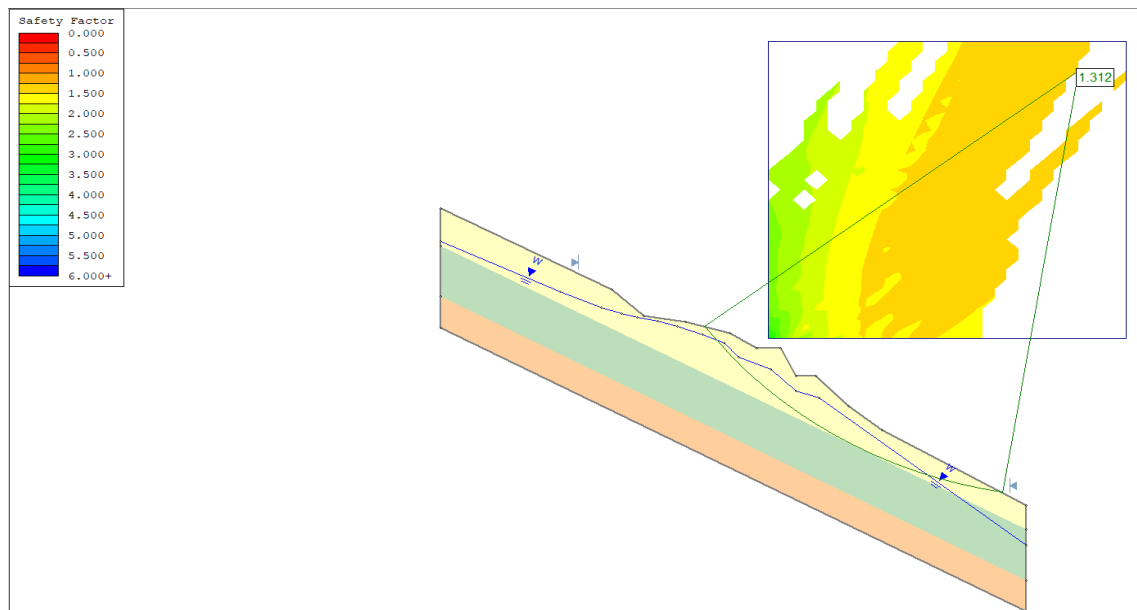


Figura 4 Análisis de elementos finitos en el software Slide de la abscisa 7+320 en condiciones originales con nivel freático. Factor de seguridad: 1.312.

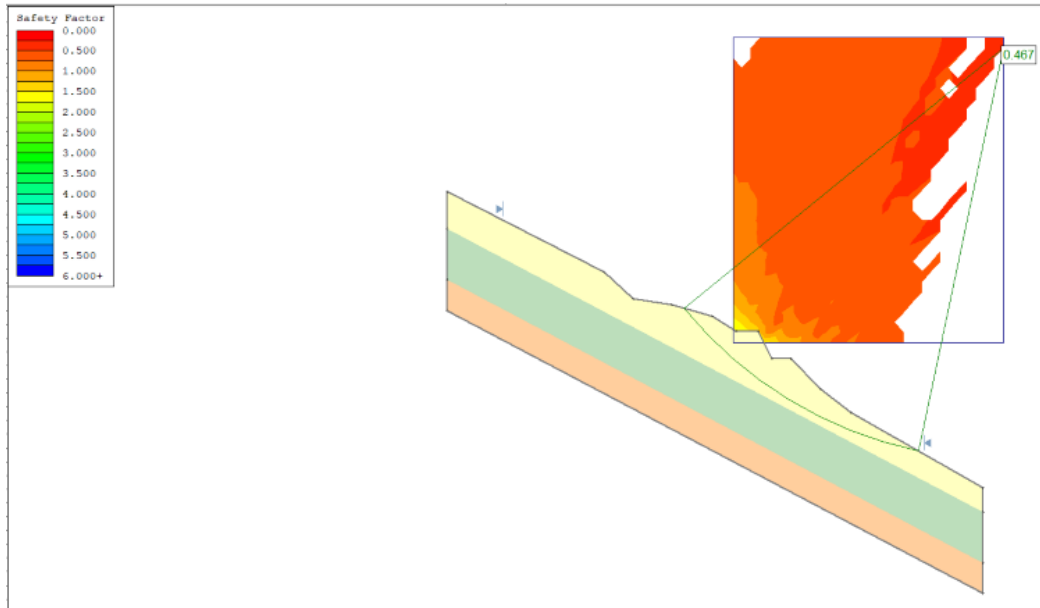


Figura 5 Análisis de elementos finitos en el software Slide de la abscisa 7+320 en condiciones originales más efecto sísmico. Factor de seguridad: 0.457.

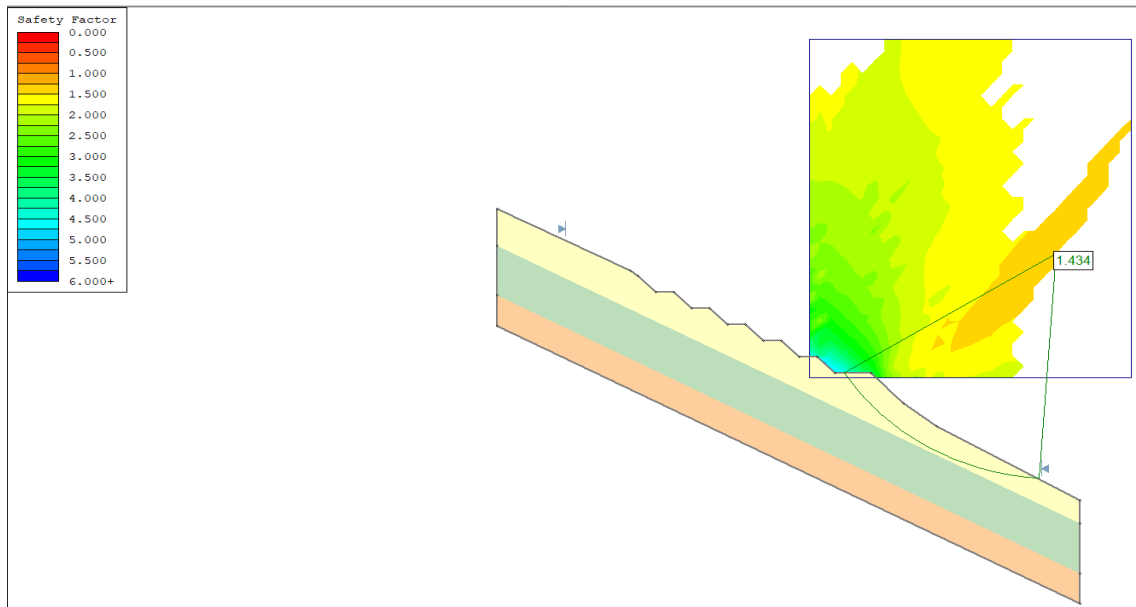


Figura 6 Análisis de elementos finitos en el software Slide de la abscisa 7+320 para perfil con terraceo. Factor de seguridad: 1.434.

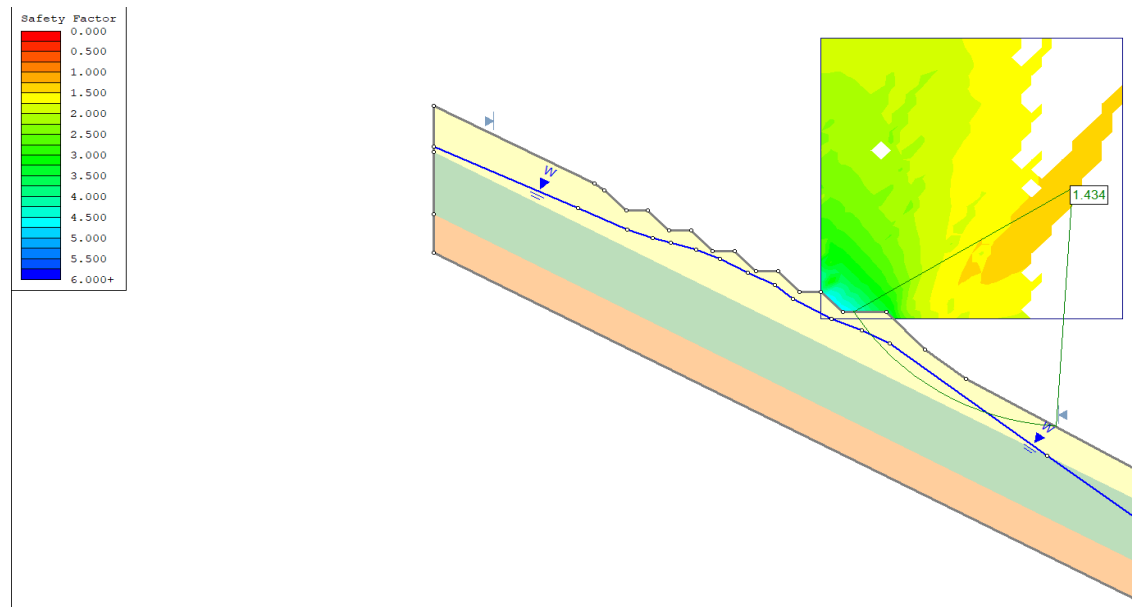


Figura 7 Análisis de elementos finitos en el software Slide de la abscisa 7+320 para perfil con terracedo más nivel freático. Factor de seguridad: 1.434.

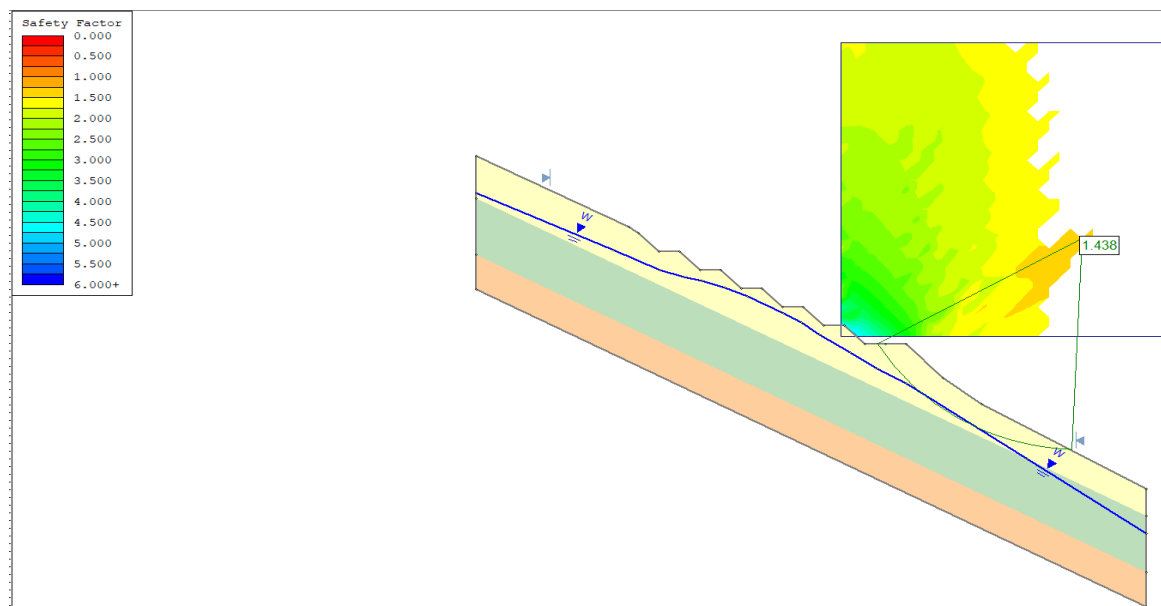
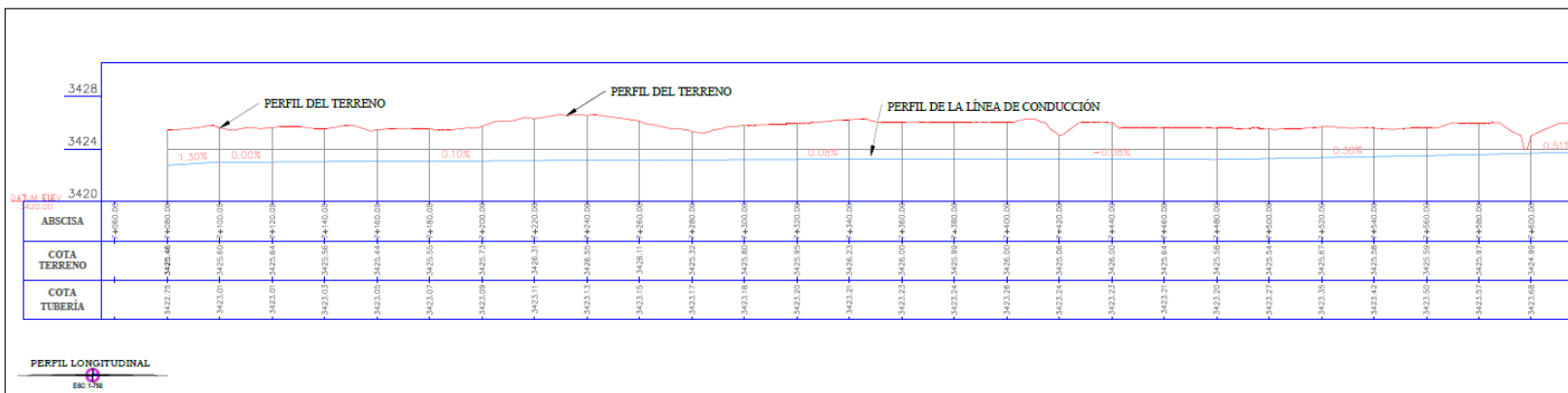


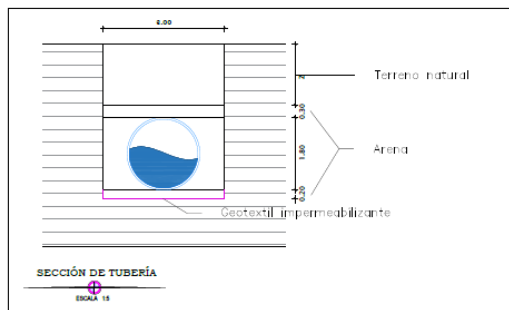
Figura 8 Análisis de elementos finitos en el software Slide de la abscisa 7+320 para perfil con terracedo, nivel freático y subdrenajes. Factor de seguridad: 1.438.

PLANOS

PERFIL LONGITUDINAL 7+100.00 - 7+500.00
ESCALA: H=1:1000 V=1:200



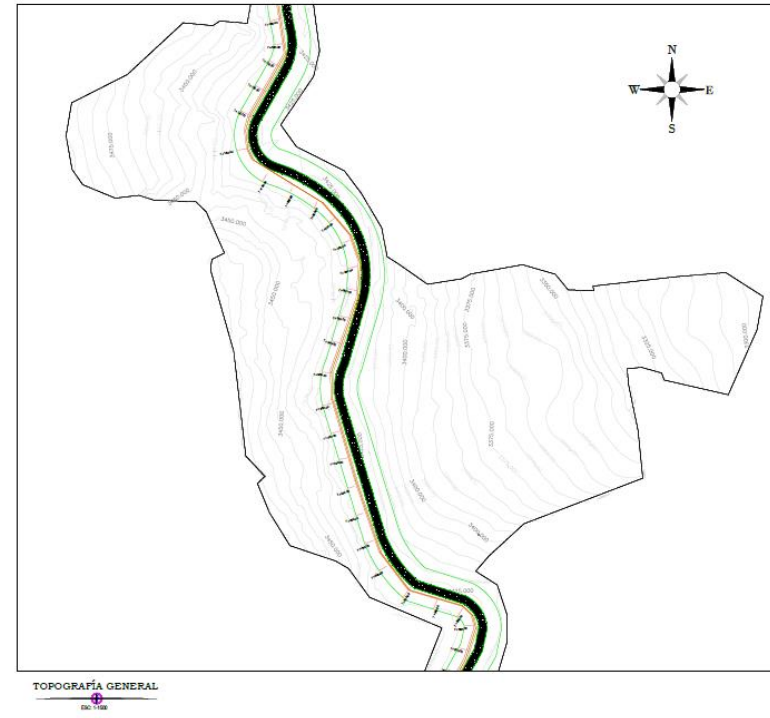
Perfil transversal de la tubería



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS DE LA TIERRA			
PROYECTO: DIAGNÓSTICO DEL DESLIZAMIENTO EN LA CONDUCCIÓN EN LA CENTRAL HIDROELÉCTRICA SAUCA Y I			
CONTENIDO: PERFIL DEL TERRENO Y LÍNEA DE CONDUCCIÓN			
Identificación de Materiales Investigados: ING. NADIA QUILIANO	Nombre de Coordinadora Especialista: ING. JOSEFINA ENCALADA	Identificación: ING. ESTEBAN ENRIQUE GARCÍA MUÑOZ	Fecha de revisión: 21 de Enero, 2021
Título de Área de Coordinación: ING. JOSEFINA ENCALADA	Área de Coordinación: ING. SAMANTHA FREDALGO	Caricatura del BOCIO CARBONA FRENTEBACIA	Escala: 1/4 Escala INDEFINIDA

Plano 1 Perfil del terreno y línea de conducción. Autores

IMPLANTACIÓN GENERAL DEL TRAMO ANALIZADO

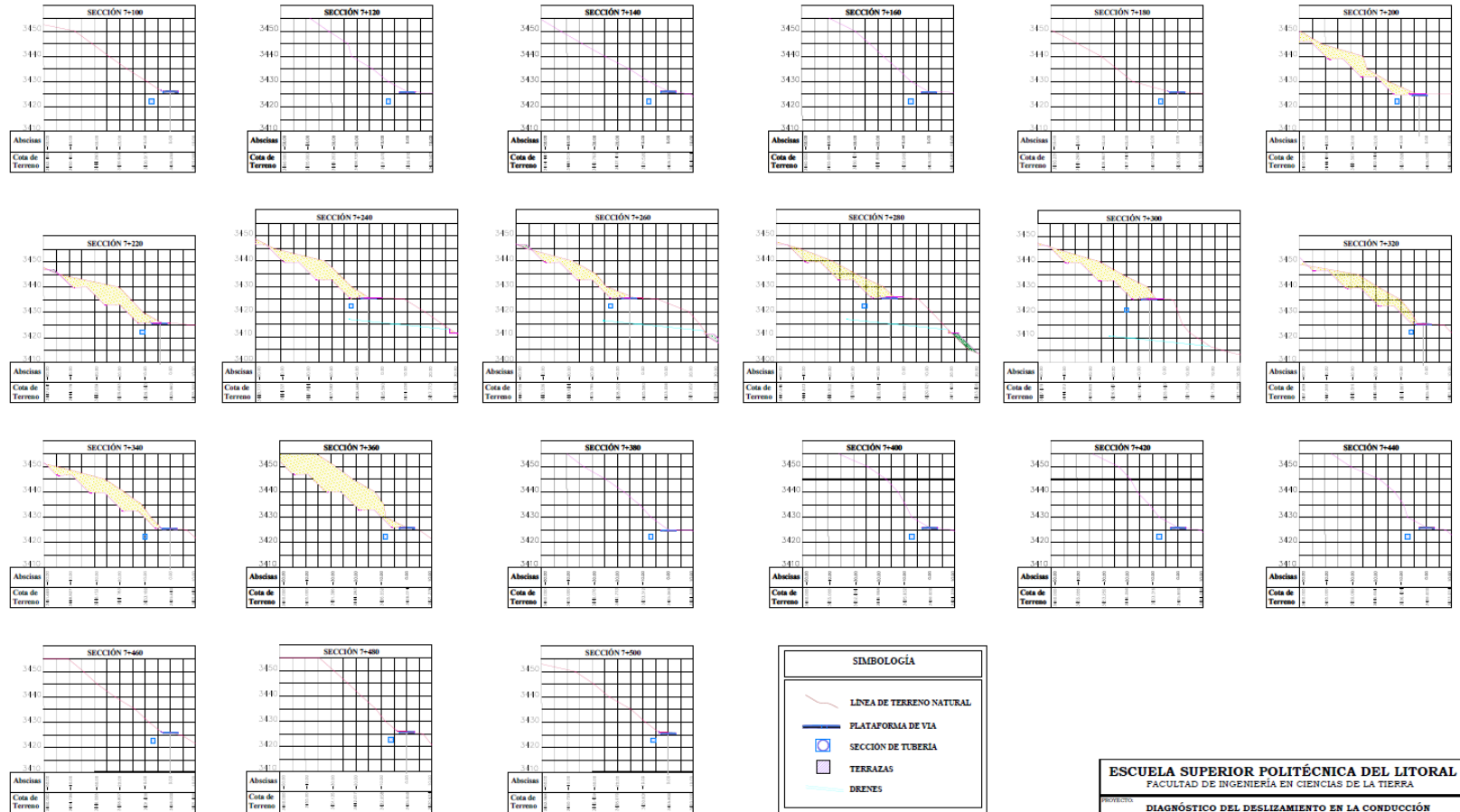


SIMBOLOGÍA	
	TERRAZAS
	CANAL DE CONDUCCIÓN
	ORBELES

ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS DE LA TIERRA			
PROYECTO: DIAGNÓSTICO DEL DESLIZAMIENTO EN LA CONDUCCIÓN EN LA CENTRAL HIDROELÉCTRICA SAUCAY I			
CONTENIDO: IMPLANTACIÓN GENERAL DEL ÁREA ANALIZADA			
Docente de Materia: Ingegniería	Ingeniero de Construcción Especialista	Docente de:	Fecha de entrega:
ING. NAZAI QUILIANO	ING. JEREMY ENCALADA	ING. ENRIQUE SANCHEZ MURCO	21 de Enero, 2021
Tutor de Área de Convocatoria:	AÑO: RUIRICE LINDAO	CÁRDLA DEL ROCIO SARMA PROVISORA	SEMANA: 02/4
ING. JEREMY ENCALADA	ING. SAMANTHA HIDALGO		INDICACIONES

Plano 2 Implantación general del tramo analizado. Autores

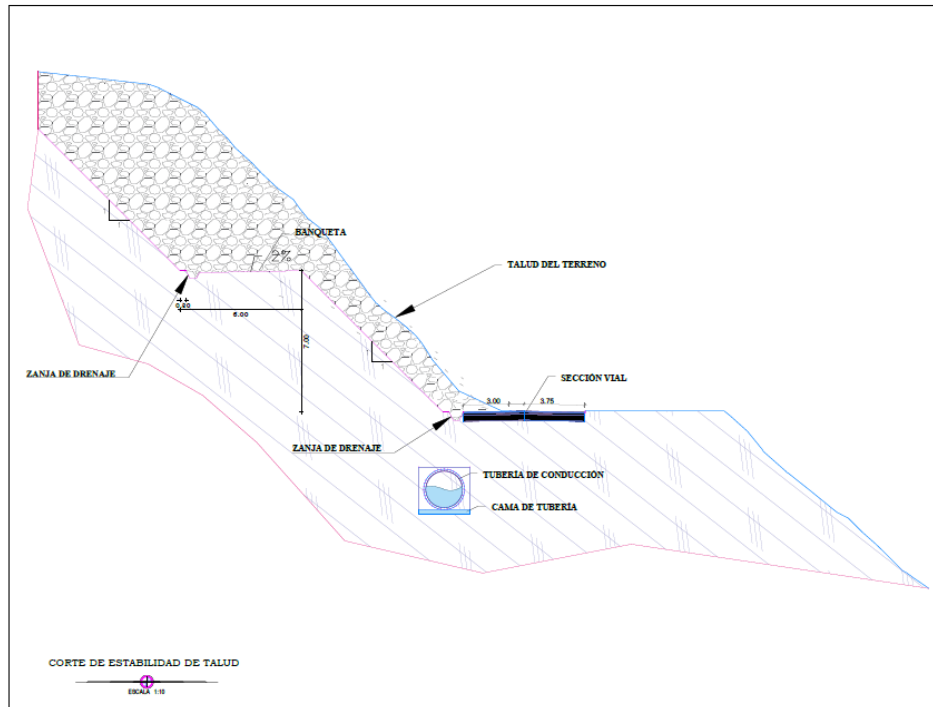
SECCIONES TRANSVERSALES DEL CAMINO DE ACCESO Y LA LÍNEA DE CONDUCCIÓN



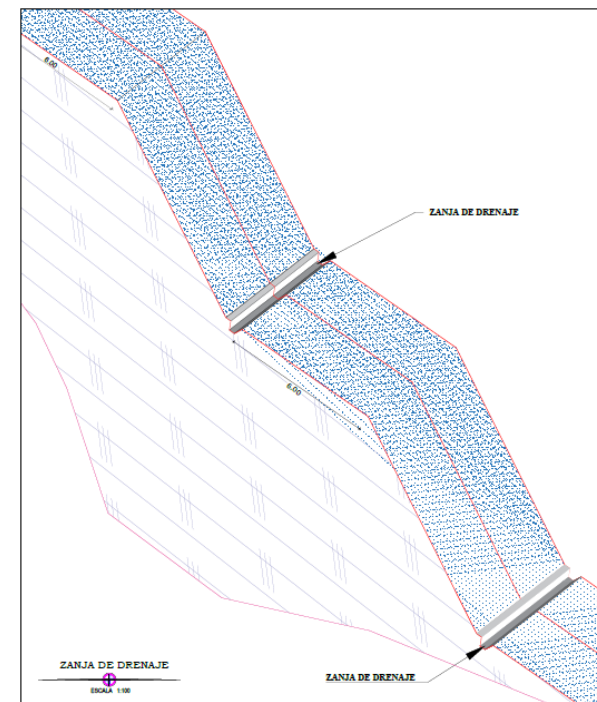
ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS DE LA TIERRA			
PROYECTO: DIAGNÓSTICO DEL DESLIZAMIENTO EN LA CONDUCCIÓN EN LA CENTRAL HIDROELÉCTRICA SAUCAY I			
CONTENIDO: SECCIONES TRANSVERSALES			
Coordinador de Materia Integradora: ING. NAZCA QUILIANO	Tutor de Investigación Especialista: ING. JOSEFINY ENCALADA	Asesorías: ABRIL ENRIQUE SANCHEZ MORALES CAROLINA DEL SOCIO ZABRANA FINEXIBACA	Fecha de revisión: 21 de Enero, 2021
Tutor de Área de Convocatoria: ING. JOSEFINY ENCALADA	ABQ. ESTEBE LINIAD ING. SAMANTHA REDALGO	Asesor: 3/4	Página: 1/750

Plano 3 Secciones transversales. Autores

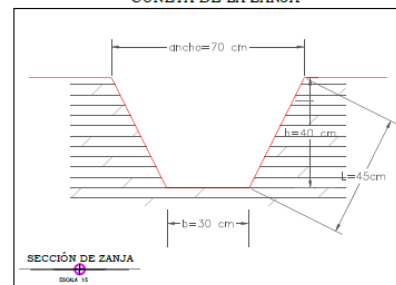
DETALLES DEL TALUD



DETALLES DE LA ZANJA - PERSPECTIVA



CUNETETA DE LA ZANJA



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS DE LA TIERRA			
PROYECTO: DIAGNÓSTICO DEL DESLIZAMIENTO EN LA CONDUCCIÓN EN LA CENTRAL HIDROELÉCTRICA SAUCAY I			
CONTENIDO: DETALLES GENERALES			
Coordinador de Materia Integradora ING. NADIA QUILIANO	Tutor de Convocatoria Específica ING. JOSEFINY ENCALADA	Estudiante ABEL ENRIQUE SANCHEZ MURIO	Fecha de entrega 21 de Enero, 2021
Tutor de Área de Convocatoria ING. JOSEFINY ENCALADA	ING. EUNICE LINDAO ING. SARANTHA REDALGO	CAROLINA DEL BOCIO ZARUMA FISICULTORA	Código 474 Evaluación INDEFINIDA

Plano 4 Detalles generales. Autores