

ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL

Facultad de Ingeniería en Ciencias de la Tierra

ESTUDIO Y DISEÑO DE LA PRESA COLINAR EN SACACHÚN #1

PROYECTO INTEGRADOR

Previo la obtención del Título de:

Nombre de la titulación

Ingeniero Civil

Presentado por:

Anthony Santiago Mullo Sinaluisa

Carla Viviana Oquendo Borbor

GUAYAQUIL - ECUADOR

Año: 2021

DEDICATORIA

A Dios por concederme la bendición de estar viva, por ser el motor de todos mis días y brindarme la sabiduría para culminar esta etapa académica.

A mi madre, Elizabeth, por su amor y apoyo incondicional cuando sentía que no podía más. Por todo el sacrificio realizado para ayudarme a lograr mis metas. Gracias por siempre velar por nuestro bienestar.

A mis hermanas por su cariño y constante motivación. Por enseñarme a ver la vida desde otra perspectiva.

A mi enamorado, por su amor y sus palabras de aliento cuando sentía fallecer.

A mi familia por celebrar cada uno de mis logros e incentivarme a cumplir mis metas.

A todas aquellas personas que de una u otra manera ayudaron en la elaboración de este proyecto.

Carla Viviana Oquendo Borbor.

DEDICATORIA

El presente proyecto lo dedico a Dios por brindarme salud y vida

A mis padres Pedro y Norma por haberme forjado como la persona que soy, por el cariño y apoyo que me impulsó a cumplir mis metas.

A mi abuelita María por brindarme su amor y cariño incondicional.

A mis familiares y amigos por creer en mi capacidad y por su apoyo en los momentos difíciles.

Anthony Santiago Mullo Sinaluisa.

AGRADECIMIENTOS

Nuestro más sincero agradecimiento al Ing. Miguel Ángel Chávez, PhD. por su valiosa orientación y colaboración en la elaboración de este trabajo. Por transmitirnos sus conocimientos acerca del tema de presas.

Al Ing. Daniel Falquez por su apertura y colaboración para realizar los ensayos necesarios para el proyecto.

A las personas de la comuna Sacachún por apoyarnos en la logística para llevar a cabo el trabajo de campo.

Carla Viviana Oquendo Borbor.
Anthony Santiago Mullo Sinaluisa.

DECLARACIÓN EXPRESA

“Los derechos de titularidad y explotación, nos corresponde conforme al reglamento de propiedad intelectual de la institución; *Carla Viviana Oquendo Borbor* y *Anthony Santiago Mullo Sinaluisa* 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”



Carla Viviana Oquendo
Borbor



Anthony Santiago Mullo
Sinaluisa

EVALUADORES

.....
PhD. Miguel Ángel Chávez Moncayo

PROFESOR DE LA MATERIA

.....
PhD. Miguel Ángel Chávez Moncayo

PROFESOR TUTOR

RESUMEN

Actualmente en la comuna Sacachún existe un déficit de agua para uso agrícola y ganadero limitando que la población pueda dedicarse a estas actividades económicas. Este proyecto tiene como objetivo el diseño de una presa colinar en la comuna ubicada en la provincia de Santa Elena.

Para ello se plantearon tres alternativas para la conformación del cuerpo de la presa, además se realizaron investigaciones y visitas técnicas al lugar del proyecto con el fin de obtener datos topográficos, hidrológicos y geotécnicos. Posteriormente, se realizó un análisis de estabilidad de taludes en condición estática y pseudo- estática, es decir, en presencia de un sismo, con el objetivo de obtener la geometría adecuada del dique.

Como resultado se obtuvo un dique de 10 metros de altura compactado con material del sitio, un pie de talud en el paramento aguas abajo y espaldones de relación 2:1 que brindan estabilidad al cuerpo de la presa. Adicionalmente, se diseñó un canal aliviadero de forma trapezoidal que permitirá evacuar los caudales en caso de que el embalse alcance su cota máxima. Finalmente, se realizó un análisis del impacto ambiental generado por la implementación del proyecto y se presentó un plan de manejo ambiental para mitigar dichos efectos.

Con los estudios geotécnicos se evidencia el material del vaso de la presa posee las características adecuadas para conformar un dique compactado que permita embalsar aguas lluvias en la zona para abastecer de agua a la comuna.

El proyecto es viable dado que la presa proyectada logrará embalsar 114341.46 m³ de agua lluvia y requiere una inversión de \$ 113.509,72 . Además, su construcción no representa altos impactos ambientales en la zona.

Palabras Clave: déficit de agua, presa colinar, dique, aliviadero, análisis de estabilidad.

ABSTRACT

There is a water deficit issue for agricultural irrigation and stockbreeding, limiting the population's ability to engage in these economic activities. This project aims to design a Colinar Dam in community of Sacachún - Provincia de Santa Elena.

For this purpose, three alternatives were proposed for the conformation of the dam. Also, investigations and technical visits were carried out in the site in order to obtain topographic, hydrological, and geotechnical data. Subsequently, a slope stability analysis was developed in static and pseudo-static conditions in order to obtain an appropriate geometry of the dam.

As a result, a 10-meter-high dam compacted with material from the site was designed, in conjunction with a downstream toe and 2:1 slope that provide stability to the embankment. In addition, a trapezoidal channel was designed to evacuate flows when the reservoir reaches its maximum level. Finally, an environmental analysis was considered in order to evaluate the impact generated by the implementation of the project.

The geotechnical studies show that the site material has good- qualities to construct a compacted dam and provide water to the community for their economics activities.

The project is viable due to the reservoir will be able to store 92,000 m³ of rainwater and requires an investment of \$ 113.509,72. In addition, its construction does not represent high environmental impacts in the area.

Keywords: water deficit, colinar dam, embankment, spillway, stability analysis.

ÍNDICE GENERAL

EVALUADORES	6
RESUMEN	I
ABSTRACT	II
ÍNDICE GENERAL	III
ABREVIATURAS	I
SIMBOLOGÍA	II
ÍNDICE DE FIGURAS	III
ÍNDICE DE TABLAS	V
ÍNDICE DE PLANOS	VII
CAPÍTULO 1	8
1. INTRODUCCIÓN	8
1.1 DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA	9
1.1.1 Características de la zona.....	9
1.1.2 Historia.....	10
1.1.3 Problemática.....	10
1.2 JUSTIFICACIÓN DEL PROBLEMA	11
1.3 OBJETIVOS.....	11
1.3.1 Objetivo General	11
1.3.2 Objetivos Específicos.....	12
1.4 ALCANCE DEL PROYECTO	12
1.5 INFORMACIÓN GENERAL DE LA ZONA.....	12
1.5.1 Relieve y Clima	12
1.5.2 Caracterización Geológica	14
1.5.3 Flora y Fauna.....	15
1.6 HIDROGRAFÍA	17
1.7 ABASTECIMIENTO DE AGUA	18
1.8 ASPECTOS SOCIOECONÓMICOS.....	18
1.9 MARCO TEÓRICO	20
CAPÍTULO 2	22
2. METODOLOGÍA	22
2.1 ANÁLISIS Y DESCRIPCIÓN DE ALTERNATIVAS.....	22
2.1.1 Información preliminar	22

2.1.2	Propuesta de Alternativas	22
2.1.3	Parámetros de influencia	23
2.1.4	Comparación de alternativas	25
CAPÍTULO 3	.....	26
3. DISEÑOS Y ESPECIFICACIONES	.....	26
3.1	DISEÑOS	26
3.1.1	Visita del Ph. D Miguel Ángel Chávez al sitio del proyecto.	26
3.1.2	Levantamiento topográfico.....	26
3.1.3	Estudios Geotécnicos	27
3.1.4	Estudio Hidrológico	42
3.1.5	Caudal de diseño	57
3.1.6	Diseño de la Presa.....	67
3.1.7	Capacidad de almacenamiento.....	72
3.1.8	Diseño de aliviadero	73
3.1.9	Análisis de estabilidad de taludes.....	76
3.1.10	Análisis de filtración en el cuerpo de la presa.....	81
3.2	ESPECIFICACIONES TÉCNICAS.....	85
CAPÍTULO 4	.....	86
4. ESTUDIO DEL IMPACTO AMBIENTAL	.....	86
4.1	OBJETIVOS.....	86
4.2	DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO.....	86
4.3	LÍNEA BASE AMBIENTAL	89
4.3.1	Medio Natural.....	89
4.3.2	Medio humano	90
4.4	ACTIVIDADES DEL PROYECTO.....	91
4.5	IDENTIFICACIÓN DE IMPACTOS AMBIENTALES.....	92
4.5.1	Componente abiótico (Aires, agua, suelo, atmósfera)	92
4.5.2	Componente biótico	92
4.5.3	Componente antrópico.....	93
4.6	VALORACIÓN DE IMPACTOS AMBIENTALES.....	93
4.7	REGISTRO AMBIENTAL	106
4.8	CONCLUSIONES.....	107
CAPÍTULO 5	.....	109
5. PRESUPUESTO	.....	109
5.1	DESCRIPCIÓN DE RUBROS	109
5.2	ANÁLISIS DE COSTOS UNITARIOS	110

5.3	DESCRIPCIÓN DE CANTIDADES DE OBRA	110
5.4	VALORACIÓN INTEGRAL DEL COSTO DEL PROYECTO INCLUYENDO LAS MEDIDAS DE PREVENCIÓN Y MITIGACIÓN DEL IMPACTO AMBIENTAL.....	111
5.5	CRONOGRAMA VALORADO	113
CAPÍTULO 6	.....	116
6.	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	116
7.	RECOMENDACIONES.....	118
BIBLIOGRAFÍA	.....	119
PLANOS Y ANEXOS	.....	121

ABREVIATURAS

ASTM	American Society for Testing and Materials
APUS	Análisis de Precio Unitario
EIA	Estudio de Impacto Ambiental
ESPOL	Escuela Superior Politécnica del Litoral
FICT	Facultad de Ingeniería en Ciencias de la Tierra
FS	Factor de Seguridad
IGM	Instituto Geográfico Militar
INAMHI	Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología
m.s.n.m.	Metros sobre el nivel del mar
NEC	Norma Ecuatoriana de la Construcción
ONU	Organización de las Naciones Unidas
PGA	Aceleraciones máximas
SUIA	Sistema Único de Información Ambiental

SIMBOLOGÍA

A	Área
cm	Centímetro
g	Gramos
Ha	Hectárea
hr.	Hora
I	Intensidad de Lluvia
kg	Kilogramos
km	Kilómetro
m	Metro
mm	Milímetro
N	Newton
P	Precipitación
Q	Caudal
T	Periodo de retorno

ÍNDICE DE FIGURAS

FIGURA 1.1. LOCALIZACIÓN DE LA COMUNA SACACHÚN	9
FIGURA 1.2. VISTA SATELITAL DE LA COMUNA SACACHÚN Y SUS LÍMITES.	10
FIGURA 1.3. RELIEVE DE LA ZONA DE ESTUDIO.....	13
FIGURA 1.4. TIPOS DE CLIMA EN LA REGIÓN DE ESTUDIO	14
FIGURA 1.5. FORMACIONES GEOLÓGICAS QUE CONFORMAN LA COMUNA SACACHÚN	15
FIGURA 1.6. FAUNA CARACTERÍSTICA EN LA COMUNA SACACHÚN.....	16
FIGURA 1.7. RÍOS QUE CONFORMAN LA HIDROGRAFÍA DE SANTA ELENA	17
FIGURA 1.8. ALBARRADA SANTA CLARA UBICADA EN LA COMUNA SACACHÚN.....	18
FIGURA 3.1. SOCIALIZACIÓN DEL PROYECTO PRESA COLINAR EN LA COMUNA SACACHÚN	26
FIGURA 3.2. LEVANTAMIENTO TOPOGRÁFICO DEL VASO DE LA PRESA Y ÁREAS COLINDANTES	27
FIGURA 3.3 PREPARACIÓN Y SECADO DE LAS MUESTRAS EN EL LABORATORIO.....	28
FIGURA 3.4 CURVA GRANULOMÉTRICA CARACTERÍSTICA DEL MATERIAL DEL VASO DE LA PRESA.	30
FIGURA 3.5 TAMIZADO Y PREPARACIÓN DE LAS MUESTRAS PARA ENSAYOS DE LÍMITES DE ATTERBERG.....	31
FIGURA 3.6 ENSAYO DE LÍMITES DE ATTERBERG.	32
FIGURA 3.7 LÍMITE LÍQUIDO. GRÁFICA HUMEDAD VS LOG (NO. DE GOLPES).	33
FIGURA 3.8 ENSAYO DE PROCTOR MODIFICADO. COMPACTACIÓN DE CAPAS	35
FIGURA 3.9 PESO VOLUMÉTRICO VS CONTENIDO DE HUMEDAD.....	36
FIGURA 3.10 ENSAYO DE PERMEABILIDAD DE CARGA VARIABLE. PREPARACIÓN DE CILINDRO.....	38
FIGURA 3.11 ENSAYO DE PERMEABILIDAD DE CARGA VARIABLE	39
FIGURA 3.12 VALORES TÍPICOS DE CONDUCTIVIDAD HIDRÁULICA SEGÚN LA CLASIFICACIÓN DEL SUELO	40
FIGURA 3.13 PREPARACIÓN DE MUESTRAS Y EQUIPO PARA ENSAYO DE CORTE DIRECTO.....	41
FIGURA 3.14. RESULTADOS DE ESFUERZOS MÁXIMOS CORTANTES.	42
FIGURA 3.15 .ESTACIONES METEOROLÓGICAS CERCANAS A LA CUENCA DE DRENAJE.....	44
FIGURA 3.16 DIAGRAMA DE FLUJO- CUENCA DE DRENAJE.....	45
FIGURA 3.17 REGRESIÓN T= 2 AÑOS.	54
FIGURA 3.18 REGRESIÓN POTENCIAL.	56
FIGURA 3.19 CURVAS IDF PARA DIFERENTES PERIODOS DE RETORNO.	57
FIGURA 3.20 HIDROGRAMA TRIANGULAR DEL SCS.	63
FIGURA 3.21 HIDROGRAMA EFECTIVO.	64
FIGURA 3.22 PROBABILIDAD VS. PRECIPITACIÓN.....	66
FIGURA 3.23 VOLUMEN DE AGUA ANUAL, PARA DIFERENTES NIVELES DE PROBABILIDAD	67
FIGURA 3.24 UBICACIÓN DEL EJE DE LA PRESA. VISTA EN PLANTA DEL VASO Y EJE DE LA PRESA, ADEMÁS LA UBICACIÓN DEL ALIVIADERO.....	68
FIGURA 3.25 SECCIÓN TÍPICA DEL CUERPO DE PRESA.	69
FIGURA 3.26 VISTA EN PLANTA DE SECCIÓN TÍPICA DEL CUERPO DE PRESA.....	70

FIGURA 3.27 RELACIÓN DE TALUDES SUGERIDO POR USBR SEGÚN EL TIPO DE PRESA Y CLASIFICACIÓN DE MATERIAL.	70
FIGURA 3.28 PERFIL TRANSVERSAL DEL LUGAR DE IMPLANTACIÓN DEL EJE DE LA PRESA.	71
FIGURA 3.29 SECCIÓN TÍPICA DEL CANAL ALIVIADERO.	76
FIGURA 3.30 MODELACIÓN EN EL SOFTWARE GALENA LA ESTABILIDAD DEL TALUD AGUAS ABAJO EN CONDICIONES ESTÁTICAS.....	78
FIGURA 3.31 MAPA DE ZONIFICACIÓN SÍSMICA DEL ECUADOR.	79
FIGURA 3.32 MODELACIÓN EN EL SOFTWARE GALENA LA ESTABILIDAD DEL TALUD AGUAS ABAJO EN CONDICIONES PSEUDO- ESTÁTICAS.....	80
FIGURA 3.33 MODELACIÓN EN EL SOFTWARE GALENA LA ESTABILIDAD DEL TALUD AGUAS ARRIBA EN CONDICIONES PSEUDO- ESTÁTICAS.....	81
FIGURA 3.34 REDES DE FLUJO EN EL CUERPO DE LA PRESA.....	82
FIGURA 4.1 UBICACIÓN DE LA PRESA COLINAR.	87
FIGURA 5.1 PORCENTAJE DE PARTICIPACIÓN ECONÓMICA DE LOS RUBROS PRINCIPALES PARA LA CONSTRUCCIÓN DE LA PRESA COLINAR.	112

ÍNDICE DE TABLAS

TABLA 2.1 PRESUPUESTO REFERENCIAL PRESA DE HORMIGÓN ARMADO	23
TABLA 2.2 PRESUPUESTO REFERENCIAL PRESA DE TIERRA.....	24
TABLA 3.1 DATOS INICIALES DE LA PRÁCTICA GRANULOMÉTRICA.	29
TABLA 3.2 GRANULOMETRÍA POR LAVADO DE FONDO.	29
TABLA 3.3 RESULTADOS DEL ENSAYO DE LÍMITE LÍQUIDO.	32
TABLA 3.4 RESULTADOS DEL ENSAYO DE LÍMITE PLÁSTICO.....	34
TABLA 3.5 RESULTADOS DEL ENSAYO PROCTOR, CONTENIDO DE HUMEDAD-DENSIDAD SECA	35
TABLA 3.6 RESULTADOS DEL ENSAYO PROCTOR, CONTENIDO DE HUMEDAD-DENSIDAD SECA.	36
TABLA 3.7 RESUMEN DEL ENSAYO DE CORTE DIRECTO.	41
TABLA 3.8. UBICACIÓN Y TIPO DE LAS ESTACIONES HIDRO-METEOROLÓGICAS CERCANAS A LA COMUNA DE SACACHÚN	43
TABLA 3.9 PARÁMETROS MORFOLÓGICOS DE LA CUENCA DE DRENAJE.....	46
TABLA 3.10 DATOS DE PRECIPITACIÓN MÁXIMA DE LA ESTACIÓN AZÚCAR.....	47
TABLA 3.11 PRECIPITACIÓN MÁXIMA MENSUAL DESDE 1995 A 2013.	48
TABLA 3.12 COEFICIENTES DE GUMBEL EN FUNCIÓN DEL NÚMERO DE DATOS.....	49
TABLA 3.13. PRECIPITACIONES MÁXIMAS PROBABLES (Pd), PARA DIFERENTES PERIODOS DE RETORNO	51
TABLA 3.14 COEFICIENTES DE DISTRIBUCIÓN PARA LLUVIAS DIARIAS, EN HORAS.....	51
TABLA 3.15 PRECIPITACIONES MÁXIMAS PARA DIFERENTES PERIODOS Y TIEMPOS DE DURACIÓN.	52
TABLA 3.16 CÁLCULO DE LA INTENSIDAD DE LLUVIA.....	53
TABLA 3.17 REGRESIÓN POTENCIAL PARA UN PERIODO DE RETORNO DE 2 AÑOS.....	54
TABLA 3.18 RESUMEN DE APLICACIÓN DE REGRESIÓN.....	55
TABLA 3.19 REGRESIÓN POTENCIAL, $D=KT^M$	55
TABLA 3.20 VALORES DE INTENSIDAD DE PRECIPITACIÓN EN MM/HR.	57
TABLA 3.21 PROBABILIDAD DE EXCEDENCIA.....	66
TABLA 3.22 VOLUMEN DE TIERRA PARA LA CONFORMACIÓN DEL CUERPO PRESA.	72
TABLA 3.23 CAPACIDAD DE ALMACENAMIENTO DE LA PRESA SACACHÚN.....	72
TABLA 3.24 DATOS PARA EL CÁLCULO DEL GASTO DE INFILTRACIÓN.	83
TABLA 4.1 ÁRBOL DE ACCIONES DE LA PRESA SACACHÚN	91
TABLA 4.2 PESOS DE CRITERIOS DE IMPORTANCIA.	94
TABLA 4.3 ESCALA DE VALORACIÓN CUALITATIVA	95
TABLA 4.4 CRITERIOS DE PUNTUACIÓN.....	96
TABLA 4.5 ESCALA DE PUNTUACIÓN DE LA MAGNITUD.	96
TABLA 4.6 MATRIZ DE LEOPOLD MAGNITUD-IMPACTO.....	97
TABLA 4.7 MATRIZ DE LEOPOLD MAGNITUD-IMPACTO.....	98
TABLA 4.8 MATRIZ DE LEOPOLD MAGNITUD-IMPACTO.....	99
TABLA 4.9 MATRIZ DE VALORACIÓN DE IMPACTO AMBIENTAL.....	100
TABLA 4.10 VALORACIÓN CUALITATIVA	101

TABLA 5.1 RUBROS Y UNIDADES DE MEDICIÓN DEL PROYECTO SACACHÚN.....	109
TABLA 5.2 CANTIDAD DE OBRA POR RUBRO.	111
TABLA 5.3 RESUMEN DEL PRESUPUESTO REFERENCIAL DE LA CONSTRUCCIÓN DE LA PRESA COLINAR.....	111
TABLA 5.4 TIEMPO DE DURACIÓN DE LAS ACTIVIDADES PARA LA CONSTRUCCIÓN DE LA PRESA COLINAR.	115

ÍNDICE DE PLANOS

- PLANO 1 Cuenca de aporte para Presa Colinar #1 en la comuna Sacachún
- PLANO 2 Topografía del vaso de la presa y áreas colindantes. Ubicación del eje de emplazamiento de la presa colinar
- PLANO 3 Vistas longitudinales del vaso de la presa
- PLANO 4 Diseño del dique de la presa colinar
- PLANO 5 Vistas longitudinales del dique de la presa
- PLANO 6 Diseño del aliviadero de la presa colinar

CAPÍTULO 1

1. INTRODUCCIÓN

El objetivo seis de desarrollo sostenible establecido por la ONU en el año 2015, establece como una de sus metas para el 2030 asegurar el abastecimiento de agua dulce para hacer frente a la escasez de agua y reducir considerablemente el número de personas que sufren falta de agua en el mundo.

El agua es un recurso vital para que una zona pueda desarrollar actividades que incentiven su desarrollo económico. Sin embargo, gran parte de los territorios de la provincia de Santa Elena, al encontrarse en una zona de bosque tropical seco sufren escasez de lluvia y un suministro de agua limitado.

En la comuna Sacachún, para garantizar el acceso a recursos hídricos a la población, se capta aguas lluvias o aguas superficiales que fluyen por la zona mediante albarradas construidas por los habitantes de la comuna. Sin embargo, a través de los años, se ha hecho evidente los problemas constructivos y de mantenimiento de dichas obras artesanales. De igual manera se han construido pozos con el fin de extraer agua subterránea, no obstante, el volumen de agua recolectado no abastece la demanda de agua de uso agrícola en la comuna.

Este proyecto plantea el estudio y diseño de una presa Colinar en la comuna Sacachún. Esta solución ha sido formulada por el PhD. Ing. Miguel Ángel Chávez Moncayo, Profesor de la ESPOL con el fin de mitigar los efectos de escasez de agua en la zona costera del país, especialmente en Santa Elena, Manabí y Guayas.

Las presas colinares son obras de captación de recursos hídricos que se construyen en terrenos donde existen condiciones topográficas favorables, es decir, zonas de alto relieve colindantes a un terreno de interés. Estas obras pueden ser construidas con material de la zona, reduciendo en gran medida factores económicos del proyecto.

1.1 Descripción del problema

1.1.1 Características de la zona

El proyecto integrador será implementado en la comuna Sacachún perteneciente a la parroquia Simón Bolívar también conocida como parroquia Julio Moreno. Posee una extensión de 12 220 hectáreas y se encuentra ubicado dentro de la zona ecológica del Matorral Seco de Tierras Bajas. (Álvarez, 2004)

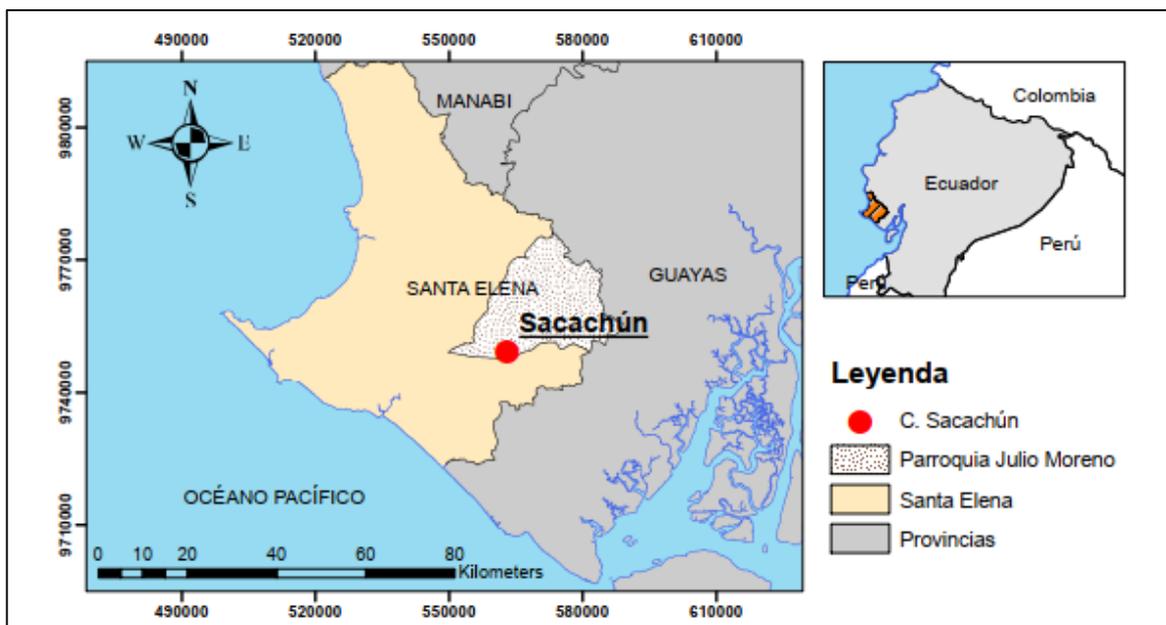


Figura 1.1. Localización de la comuna Sacachún

Fuente. Mullo, A. & Oquendo, C., 2021

Está delimitada al norte por la comuna Sube y Baja, al Sur con comuna Villingota, al Este limita con la comuna Juntas del Pacífico y al Oeste con la comuna Zapotal. Se encuentra a una distancia de 87 kilómetros de la provincia del Guayas conectada por la vía interestatal E-40.

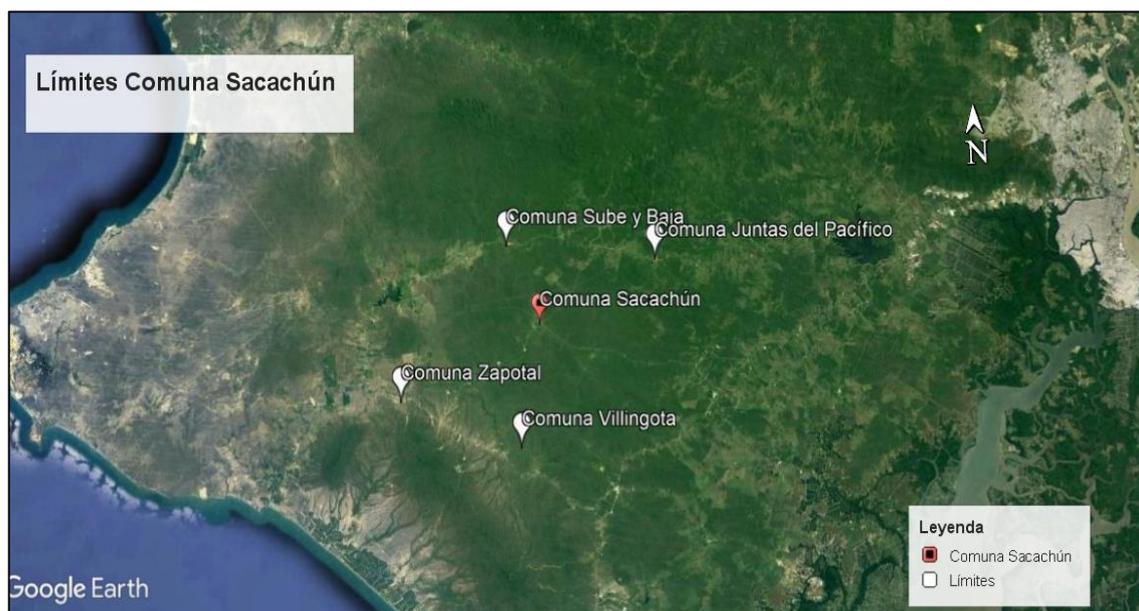


Figura 1.2. Vista Satelital de la comuna Sacachún y sus límites.

Fuente. Google Earth,2021

1.1.2 Historia

La comuna Sacachún forma parte de la identidad del Ecuador. En esta zona existen fascinantes vestigios culturales que narran la historia de la cultura Manteño-“Huancavilca”.(Instituto Nacional de Patrimonio Cultural, 2012)

En años anteriores, Sacachún fue quedando relegado del proceso de desarrollo de las comunas de la provincia. Luego de varias intervenciones en el GAD de Santa Elena, la comuna dispone de un camino de acceso lastrado y regeneración de la vía principal de la comuna con el fin de incentivar el turismo y reactivar la economía de la zona. Sin embargo, aún existen deficiencias de servicios básicos, acceso al agua potable, saneamiento y educación escolar.

1.1.3 Problemática

El problema asociado a gran parte de las zonas rurales de la costa ecuatoriana radica en que no poseen un fácil acceso a fuentes de agua para satisfacer su demanda. La zona Sur de la Península sufre una recurrente escasez de agua por su ubicación en una

región costera semiárida y poco lluviosa. Actualmente la población de la comuna Sacachún tiene un acceso limitado al agua para satisfacer sus necesidades de carácter personal o agrícola. El agua para consumo humano es transportada por tanqueros de comunas aledañas y posteriormente es almacenada en tanques o cisternas.

Ante la necesidad de agua para uso agrícola, los moradores han recurrido a la construcción reiterada de albarradas y tapes con el fin de retener el agua de ríos aledaños o aguas lluvias en estación invernal. Además, existen pozos comunales para extraer agua de acuíferos subterráneos, sin embargo, no existe un estudio de la calidad de agua extraída en los puntos.

1.2 Justificación del problema

En las zonas rurales de provincia de Santa Elena la falta de fuentes de agua naturales accesibles, su entorno semiárido y a las precipitaciones irregulares, han generado que el agua sea un recurso valioso que únicamente puede ser utilizado para consumo humano y animal, generando que la agricultura sea restrictiva. Los periodos de sequía afectan el crecimiento de los cultivos y disminuyen su rendimiento, impactando en el desarrollo económico de la zona y en la calidad de vida de los pobladores.

El presente estudio busca mitigar los efectos de los meses secos, a través de una nueva fuente de agua, que garantice este recurso, en todos los meses del año y fomente la agricultura, buscando un modelo sostenible, que eviten efectos negativos sobre los bienes, el medio ambiente, mejore la productividad alimentaria y contribuya al desarrollo económico de la región.

1.3 Objetivos

1.3.1 Objetivo General

- Elaborar el diseño definitivo de la Presa Colinar para la captación de agua lluvias que beneficien las actividades agrícolas de los habitantes de la Comuna Sacachún, a partir de un análisis de factibilidad de la obra hidráulica.

1.3.2 Objetivos Específicos

- Realizar los estudios topográficos y geotécnicos de la zona de estudio.
- Analizar las condiciones hidrológicas e hidráulicas que garanticen la funcionalidad de la presa.
- Plantear alternativas para el diseño del cuerpo de presa y cota de embalse más conveniente según el análisis de estabilidad de los espaldones.
- Realizar una evaluación de impacto ambiental y mitigación de impactos
- Elaborar un presupuesto y cronograma de trabajo de la alternativa propuesta.
- Entregar los planos detallados de la Presa Colinar.

1.4 Alcance del proyecto

El presente proyecto contempla todos los estudios necesarios para el diseño de una presa Colinar, que permita la captación de un volumen de agua lo suficientemente grande para utilizarla en la agricultura como una forma de riego complementario. Esto incluye:

- Levantamiento topográfico para la elaboración de las curvas de nivel y representación gráfica de la zona de estudio.
- Determinación de las características del suelo y/o roca a través del muestreo y realización de ensayos de laboratorio.
- Análisis morfológico del área de estudio a través de herramientas tecnológicas como ArcGIS y AutoCAD.
- Estimación de la precipitación por medio de anuarios meteorológicos.

1.5 Información general de la zona

1.5.1 Relieve y Clima

La provincia de Santa Elena se encuentra en el borde costero del océano Pacífico, su relieve es de poca variación (centro y oeste del territorio). La provincia cuenta con elevaciones, hasta de 837 metros sobre el nivel del mar, debido a la presencia de la Cordillera Chongón, la que atraviesa el límite del cantón de sureste a noreste, con una extensión aproximada de 55 Km. (CADS & ESPOL, 2013)

El relieve de Sacachún se encuentra constituido principalmente por planicies y colinas onduladas, con pendientes no mayores a los 40°, colinas medias a suaves, las alturas máximas en el sector son de 100 a 200 metros sobre el nivel del mar. Los procesos de meteorización, la acción erosiva del viento, las aguas y los procesos geodinámicos externos han contribuido a la formación del relieve actual. (Aguayo & Edwin, 2019)

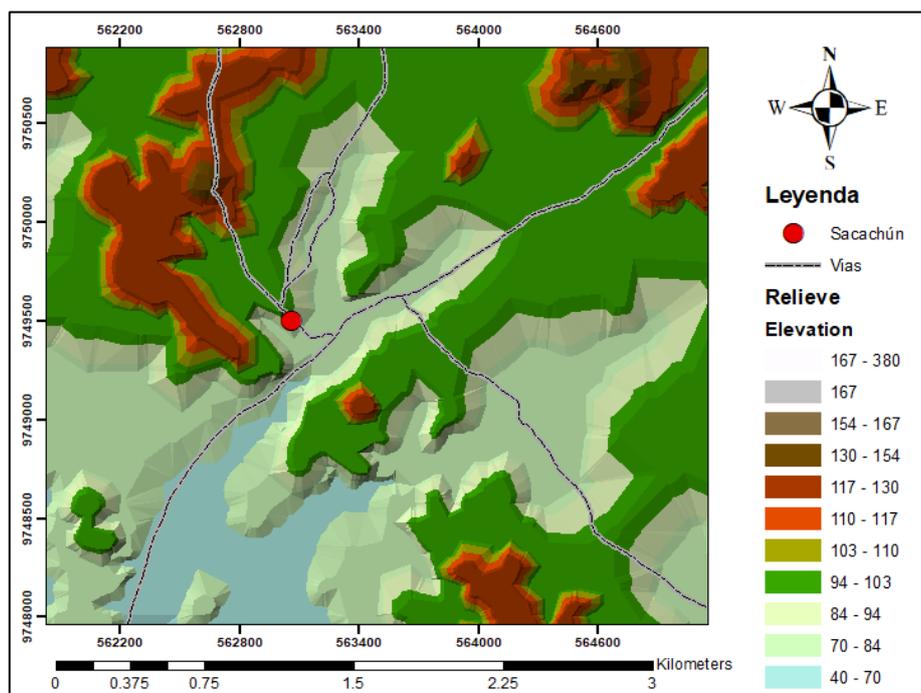


Figura 1.3. Relieve de la zona de estudio.

Fuente. Mullo, A. & Oquendo, C., 2021

En la provincia de Santa Elena predomina el clima seco, mega térmico o cálido. Presenta periodos climatológicos muy marcados, presentando una estación lluviosa de enero a abril con temperaturas máximas de 28 ° C, mientras que, durante mayo a diciembre se presenta una época seca con bajas temperaturas de hasta 23 ° C y se registra un promedio de precipitación anual menor a 500 mm. (GAD Parroquial Simón Bolívar, 2015)

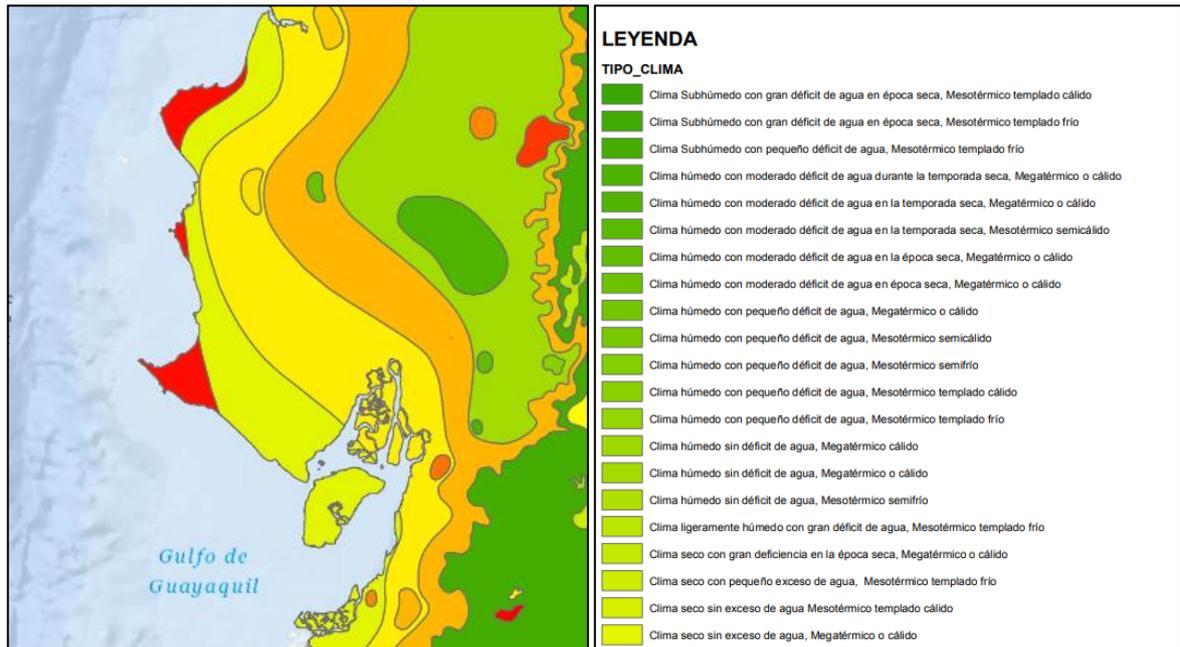


Figura 1.4. Tipos de clima en la región de estudio

Fuente. INAMHI,2017

1.5.2 Caracterización Geológica

La historia geológica de la comuna Sacachún está influenciada por la cordillera de Chongón- Colonche. En la edad Oligoceno Mioceno se da formación Tosagua O₂M₂ en la cual existen depósitos de arcillas color café. La formación Tosagua Miembro Villingota M1-2 pertenece a la edad Mioceno Inferior y se depositaron lutitas diatomáceas de color blanco. A continuación, en la edad Mioceno Superior se depositaron areniscas blancas, arcilla de color verde, ambas con limo y niveles de areniscas con conchas que representan la Formación Progreso. Durante el periodo Holoceno se formaron depósitos aluviales conformados por arenas y limos alrededor de los ríos. (Instituto Nacional de Patrimonio Cultural, 2012)

Se han identificado 2 tipos de fallas, las principales con dirección NW-SE y las secundarias NE-SW consideradas más jóvenes que al final se desplazan hacia las principales. (Instituto Nacional de Patrimonio Cultural, 2012)

En el sitio de estudios, al pie de la población de Sacachún se encuentran afloramientos de areniscas blancas y también areniscas con fósiles de conchas que seguramente pertenecen a la Formación Progreso.

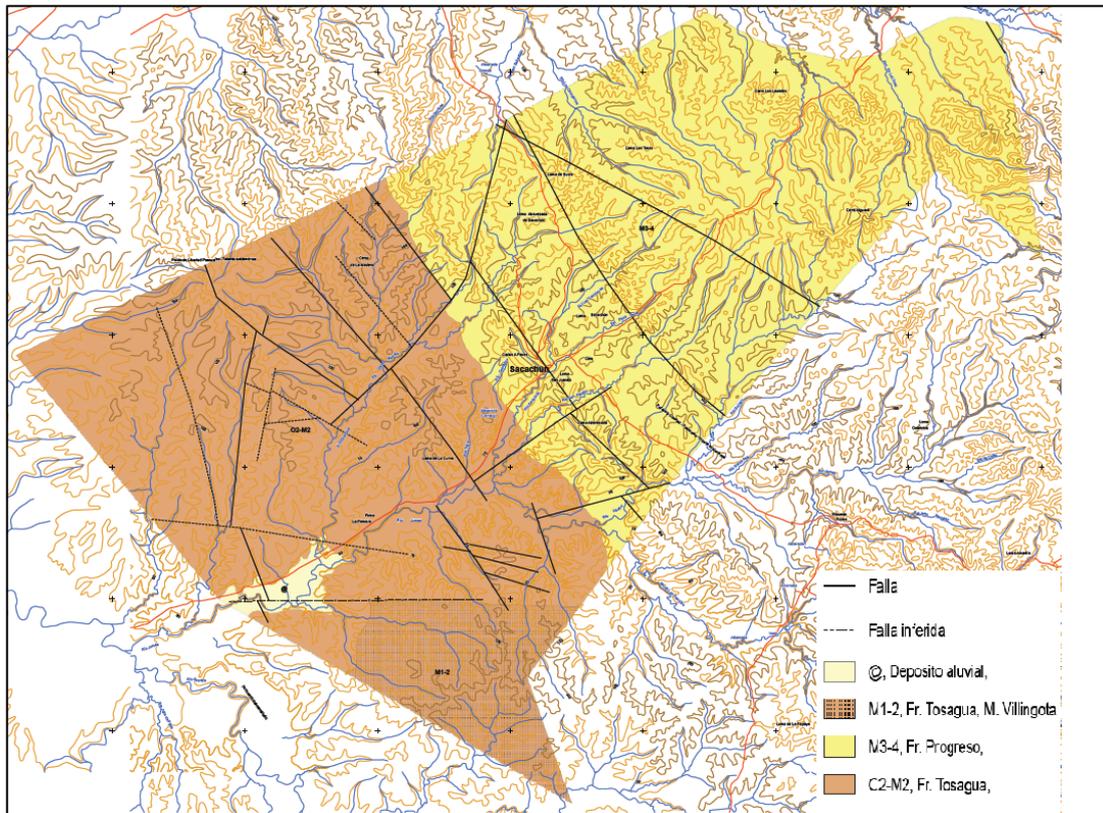


Figura 1.5. Formaciones geológicas que conforman la comuna Sacachún

Fuente. Instituto Nacional de Patrimonio Cultural, 2012.

1.5.3 Flora y Fauna

En el sector, es predominante el bosque seco tropical y las especies de flora que más se destacan en el sector son:

Guayacán (*Tabebuia chrysanta*), Algarrobo (*Ceratonia siliqua* L.), Ceiba (*Ceiba trichistranda*), Bototillo (*Cochlospermum Vitifolium*), Palo Santo (*Bulnesia Sarmientoi*), Cascol (*Phitecellobium saman*), Ciruelo (*Prunus domestica*), Bejuco

(*Aristolochia Grandiflora*), Barbasco (*Lochocarpus nicou* L.), Muyuyo (*Cordia Lutea*), Cerezo (*Prunus avium*) y Cactus (*Acanthocalycium* spp).

Al referirnos a la fauna, existe una gran variedad de especies como: tigrillos, venados, monos del litoral, burricón, cuchuchu, conejo de monte, ardillas, ratas, murciélagos, zorros, oso mielero y armadillos; entre las aves se puede señalar las siguientes: gallinazos o pequeños buitres, gavilanes, lechuzas y búhos. (Rodriguez, 2014,pp36)



Figura 1.6. Fauna característica en la comuna Sacachún

Fuente. Mullo, A. & Oquendo, C., 2021

1.6 Hidrografía

A gran escala en la provincia de Santa Elena cuenta con grandes cuencas que nacen en la cordillera de Chongón-Colonche, existen 12 unidades geográficas de diferentes órdenes de cauce, las más extensas e importantes son:

- Río Ayampe
- Río Manglaralto
- Río Valdivia
- Río Viejo
- Río Javita
- Río Grande
- Río Zapotal

En Santa Elena, aunque existen importantes unidades hidrográficas, la disponibilidad de agua superficial es baja, por lo que los pozos subterráneos se han convertido en una fuente de agua provisional. (CADS & ESPOL, 2013)

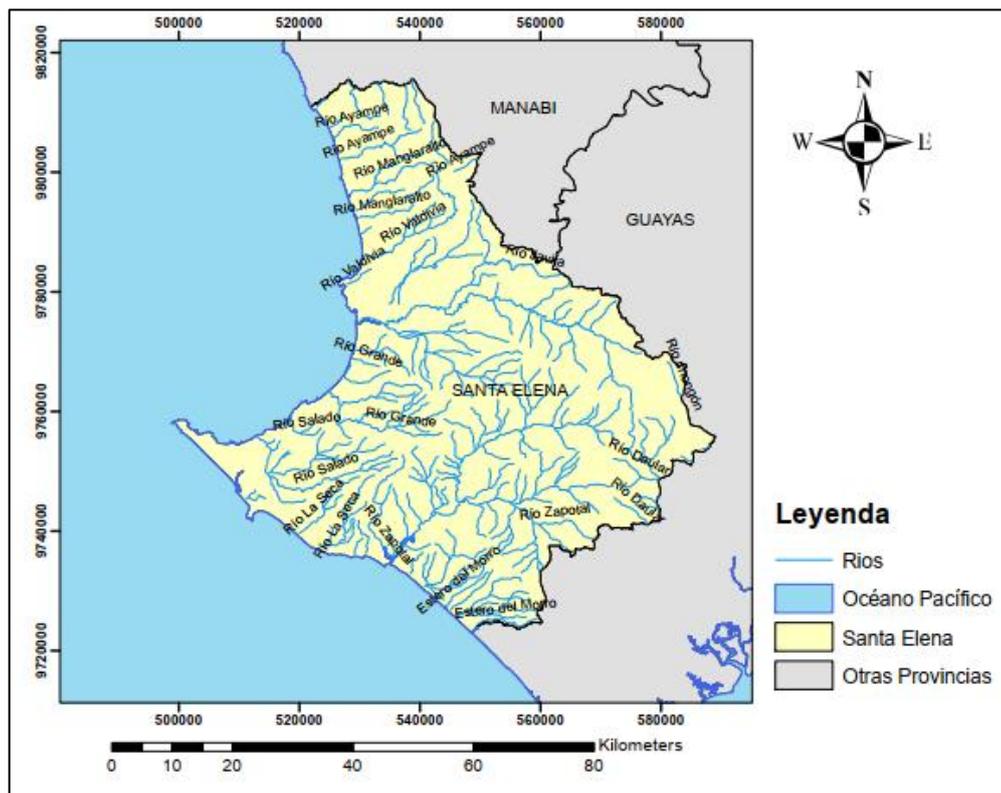


Figura 1.7. Ríos que conforman la hidrografía de Santa Elena

Fuente. Mullo, A. & Oquendo, C., 2021

Las vertientes y quebradas que se encuentran en Sacachún constituyen una subcuenca de las partes altas, que desemboca en la cuenca del río Zapotal.

1.7 Abastecimiento de agua

En la comuna existen 3 albarradas, Santa Clara, San Juanito, La del Pueblo y Bototillo. Estos sistemas de recolección de agua se construyeron con mano de obra del lugar y durante décadas abastecieron con un volumen considerable de agua para uso ganadero y agrícola del sector. Debido a la falta de criterio técnico para su construcción y posterior mantenimiento han sido afectadas en su infraestructura con el paso del tiempo. (Instituto Nacional de Patrimonio Cultural, 2012) Debido a la falta de criterio técnico para su construcción y posterior mantenimiento han sido afectadas en su infraestructura con el paso del tiempo. (Paz y Miño, 2012)

En Sacachún, los habitantes se abastecen de agua potable de los pozos comunales y mediante las tuberías de agua instalados desde la comuna cercana llamada Buenos Aires.



Figura 1.8. Albarrada Santa Clara ubicada en la comuna Sacachún

Fuente. Instituto Nacional de Patrimonio Cultural, 2012.

1.8 Aspectos socioeconómicos

Las principales actividades económicas de la comuna de Sacachún son: el comercio ocasional, la ganadería y la agricultura en un menor porcentaje. Las insuficientes precipitaciones a lo largo de la historia del poblado de Sacachún han imposibilitado la

utilización de grandes extensiones de terreno para la producción agrícola y pecuaria, generando un desempleo en la región. La falta de fuentes de trabajo obliga a su población joven a migrar a los cantones de Santa Elena y La Libertad, en busca de trabajos informales o comerciales.

Según Villamar & Quiroz, 2016, la población de la comuna de Sacachún está compuesta principalmente por adultos y ancianos, el poblado cuenta con 68 habitantes, de los cuales 56 son personas adultas y apenas 12 son niños.

Hace varios años, Sacachún se quedó relegado del proceso de desarrollo, debido a la falta de interés de las entidades gubernamentales, por solucionar los problemas de sequía en la zona. En la actualidad, las autoridades de turno han intentado reactivar su economía promoviéndola como un destino turístico, aun así, este poblado carece de servicios básicos, tales como el agua potable y alcantarillado.

Sacachún no cuenta con accesos a la salud. Los centros y casas de asistencia más cercana se encuentran a 15 o 30 km de distancia, ubicadas en comunas de Río Verde, Zapotal o Julio Moreno. (Paltán, 2016)

La educación en este poblado siempre ha sido intermitente, según los registros de asistencia. Sacachún cuenta con la Unidad Educativa Carlos Alfredo Flores, la cual posee hasta séptimo de año básico, esta se encuentra en riesgo de ser cerrada, debido a la falta de estudiantes, considerando que apenas, ocho niños asisten a clases.

El deficiente sistema educativo ha generado una segunda fase migratoria, debido a que familias enteras se ven forzadas a llevar a sus hijos a estudiar en otros lugares de la península. (Paltán, 2016)

El problema de la educación ha generado que un 65% de la población solo hayan asistido al nivel primario, un 29.2% tengan instrucción secundaria, apenas un 2.5% de la población tengan estudios superiores y un 3.3% otro tipo de instrucción educativa. (Cañizares & Hermida, 2019)

1.9 Marco teórico

1.9.1.1 Presas de Hormigón

El fácil moldeado y su alta resistencia a la compresión ha hecho que el hormigón sea uno de los materiales más utilizados en la construcción de estas obras hidráulicas. Las presas de hormigón se caracterizan por su alta resistencia aguas abajo y por su casi verticalidad aguas arriba.

Este tipo de presas se caracteriza por ser durables, impermeables y no requerir un mantenimiento constante. La geometría de una presa de hormigón está definida por, la tecnología utilizada para su construcción, la forma de resistir las fuerzas actuantes y la función que cumplirá. (Sandoval, 2018)

Este tipo de presas se clasifican en:

- Presas de Gravedad
- Presas de contrafuerte
- Presa de arco

1.9.1.2 Presas de Tierra

Las presas de tierra se caracterizan porque más de 50% de su volumen está conformado por material sueltos como suelos arcillosos, arenas arcillosas o limos. La ventaja de este tipo de estructura radica en la utilización de los materiales del sitio para su construcción lo cual reduce significativamente los costos finales de la obra.

El mecanismo de resistencia de este tipo de presa es de gravedad, es decir, que su propio peso es el encargado de resistir las fuerzas externas que actúan sobre el elemento, en este caso el empuje del agua. (Armas & Horta, 1987)

Una de las características de los materiales sueltos es su grado de permeabilidad. Según los materiales que conforman el cuerpo de la presa pueden clasificarse en:

- Homogéneo
- De pantalla

- Zonificada

Las presas homogéneas se caracterizan por estar compuestas de un solo material (generalmente arcilloso) aparte del uso de material que protege los taludes. Las presas de pantalla y zonificada están conformadas por material permeable y un núcleo impermeable de espesor variable según las necesidades del proyecto. (Bureau of Reclamation, 1999a)

1.9.1.3 Otros tipos de Presas.

Las Presas Colinares constituyen un tipo especial de sistemas de contención para almacenar agua que tienen como particularidad la de construirse en hondonadas o pequeñas quebradas, de tal manera que no sea ríos o grandes esteros, por lo que en ciertos sectores se pueden encontrar varios sitios cierras donde es posible construir diques de tierra (Chávez, 2003).

CAPÍTULO 2

2. METODOLOGÍA

2.1 Análisis y descripción de alternativas

2.1.1 Información preliminar

El día 24 de febrero de 2021 se realizó una visita de campo a la comuna Sacachún junto con el PhD. Miguel Ángel Chávez, experto en Geotecnia, con el objetivo de verificar el lugar de emplazamiento de la presa. Según la topografía del terreno, el sitio ideal de presa se estableció en el punto de cierre entre 2 colinas cercanas a la vía principal del sector.

2.1.2 Propuesta de Alternativas

2.1.2.1 Alternativa 1

Se propone una presa de gravedad de hormigón premezclado de $f'c = 240 \text{ kg/cm}^2$ con una altura de 10 m, un ancho de corona de 3 m y espaldones con relación de 1H:1V. Esta estructura ofrece estabilidad y factores de seguridad contra el deslizamiento satisfactorios.

2.1.2.2 Alternativa 2

Se plantea el diseño de una presa de hormigón ciclópeo con una altura 10 m de ancho, un ancho de corona de 3 m y taludes con relación de 1H:1V.

2.1.2.3 Alternativa 3

Se propone una presa de tierra de 10 m de altura con una corona de 3 m de ancho y taludes aguas arriba y abajo con una relación de 2H:1V. El cuerpo de la presa estará conformado por materiales del lugar y el grado de compactación de los materiales debe ser suficiente para garantizar estabilidad y filtraciones mínimas en el cuerpo de la presa.

2.1.3 Parámetros de influencia

2.1.3.1 Aspecto social.

Se busca embalsar el mayor volumen de agua lluvia para satisfacer la demanda de agua en periodo de sequía, en el cual los comuneros se han encontrado en la difícil situación de abandonar sus sembríos ante la falta constante de agua.

2.1.3.2 Aspecto ingenieril

A diferencia del parámetro anterior, este busca la opción más viable en términos de optimización de materiales y tiempo de ejecución de la obra.

2.1.3.3 Aspecto económico

Con la finalidad de realizar un análisis costo - beneficio, se realizará un presupuesto referencial de las alternativas previamente mencionadas.

- **Presa de gravedad de hormigón armado.**

Rubro	Unidad	Cantidad	P. Unitario	Total
Desbosque, desbroce y limpieza	m3	11590.75	\$ 0.97	\$ 11,243.03
Alquiler de caseta de guardianía, bodega	mes	2	\$ 50.00	\$ 100.00
Replanteo	m2	23000	\$ 0.45	\$ 10,350.00
Desalojo de material	m3/km	11590.75	\$ 9.30	\$ 107,793.98
Hormigón premezclado f'c=240 kg/cm2	m3	11000	\$ 164.92	\$ 1,814,120.00
Total				\$ 1,943,607.0

Tabla 2.1 Presupuesto referencial presa de hormigón armado.

Fuente. Mullo, A. & Oquendo, C., 2021

En esta alternativa es evidente que el hormigón premezclado representa el 93% del presupuesto de la obra con un valor de \$1,814,120.00. Cabe recalcar que no se ha considerado el acero de refuerzo como rubro y las cantidades son referenciales en base a medidas preliminares y no corresponden a un diseño a nivel de detalle. Sin embargo, el presupuesto referencial nos brinda una noción bastante clara del costo de la ejecución de la obra.

- **Presa de hormigón ciclópeo**

El presupuesto referencial de esta presa es muy similar a la alternativa uno, sin embargo, se requieren grandes cantidades de roca del sitio para llevar a cabo el proceso constructivo de la presa.

- **Presa de gravedad de tierra.**

<i>Rubro</i>	<i>Unidad</i>	<i>Cantidad</i>	<i>P. Unitario</i>	<i>Total</i>
<i>Desbosque, desbroce y limpieza</i>	m3	11590.75	\$ 0.97	\$ 11,243.03
<i>Alquiler de caseta de guardianía, bodega</i>	mes	2	\$ 50.00	\$ 100.00
<i>Replanteo</i>	m2	3388.74	\$ 0.45	\$ 1,524.93
<i>Excavación para material de préstamo</i>	m3/km	12000	\$1.09	\$ 13,080.00
<i>Relleno y compactación con material de sitio (Sitio de presa)</i>	m3	12000	\$ 2.34	\$ 28,080.00
<i>Total</i>				<i>\$ 54,027.96</i>

Tabla 2.2 Presupuesto referencial presa de tierra.

Fuente. Mullo, A. & Oquendo, C., 2021

En el presupuesto referencial de la alternativa 3, el rubro predominante es el relleno y compactación del dique, representando el 52% del costo total. Cabe recalcar que en el presupuesto no se ha considerado el material impermeabilizante ubicado en el núcleo de la presa.

2.1.3.4 Restricciones

- La comuna Sacachún es una zona rural ubicada a 50 km del cantón Santa Elena. Por lo tanto, el transporte de materiales será un rubro predominante en el presupuesto de la obra.
- Falta de personal especializado en el control vertido de hormigón.
- Falta de agua en la zona por lo que el suministro del líquido se lo realiza mediante tanqueros.

2.1.4 Comparación de alternativas

Con relación a la propuesta de Alternativas, se analiza que la alternativa 1 y 2 ofrecen rigidez para el cuerpo de la presa, pero el costo del volumen de hormigón necesario para la obra es alto y este valor se incrementa aún más considerando el transporte del material hasta el sitio del proyecto. Además, se requiere eliminar toda la capa de rocas meteorizadas, por lo que la altura sería mayor. Si se considera que la avenida de diseño sobrepase la cota máxima, será necesario implantar un vertedero de hormigón, incrementando el presupuesto de la obra. Por lo tanto, no es una opción viable para este proyecto.

En lo que respecta a la alternativa 3 propone el uso de materiales de la zona o lugares aledaños para construir el cuerpo de la presa. Es importante recalcar, que en la visita a campo se evidenció la presencia de arenisca en el vaso de la presa. Este material posee propiedades de resistencia y permeabilidad satisfactorias que son ideales para conformar el cuerpo de la presa; adicional, el material retirado aumentaría la capacidad de embalse de agua. Por otro lado, la capa vegetal retirada al inicio del proyecto puede reutilizarse como recubrimiento en el talud agua abajo con el fin de tener un suelo rico en nutrientes en el cual se puede sembrar ornamentación característica de la zona que aportaría armonía entre el ambiente y la obra ejecutada.

CAPÍTULO 3

3. DISEÑOS Y ESPECIFICACIONES

3.1 Diseños

3.1.1 Visita del Ph. D Miguel Ángel Chávez al sitio del proyecto.

El día 24 de febrero de 2021 se realizó una visita a la comuna Sacachún con la finalidad de mantener una reunión con los comuneros y efectuar un recorrido de campo, con el fin de visualizar en el terreno el sitio de emplazamiento de la presa más conveniente. El trabajo de campo incluyó la demarcación del eje aproximado de la presa, con cuya referencia se realizaron todos los estudios antes mencionados.



Figura 3.1. Socialización del proyecto Presa Colinar en la comuna Sacachún

Fuente. Mullo, A. & Oquendo, C., 2021

3.1.2 Levantamiento topográfico

Con la finalidad de obtener información sobre el relieve del vaso de la presa y áreas colindantes, se realizó un levantamiento topográfico con un GPS-RTK basado en un sistema de medición diferencial de alta precisión de observación en tiempo real. Este dispositivo consta de una estación de referencia y una estación móvil (Xu , Zhang, Zhu, & Gou, 2009) . Se tomaron 200 puntos estratégicos que nos brindan información de como

varía el terreno en la zona de estudio. Posteriormente se creó un proyecto en Civil3D, para procesar la información y obtener las curvas de nivel de la superficie a analizar.



Figura 3.2. Levantamiento topográfico del vaso de la presa y áreas colindantes

Fuente. Mullo, A. & Oquendo, C., 2021

3.1.3 Estudios Geotécnicos

3.1.3.1 Muestreo Ensayos de laboratorio

Los ensayos de suelo se realizaron en el laboratorio de Geotecnia y Construcción de la Escuela Superior Politécnica de Litoral (ESPOL) en la Facultad de Ciencias de la Tierra (FICT). Los ensayos se efectuaron bajo la supervisión del Ing. Daniel Falquez.

3.1.3.2 Preparación de muestras

Antes de comenzar los ensayos de laboratorio primero se prepararon las muestras, este proceso comienza con el secado del material, que consiste en quitarle la humedad, dejándolo al aire libre, por 24 hr. Posterior a esta operación se procedió al desterronado, el cual radica en golpear las partículas apelmazadas del suelo, considerando que los

ensayos fijan un diámetro máximo de partícula. Terminado este proceso se mezcló la muestra, para cuartearla y obtener muestras representativas.



Figura 3.3 Preparación y secado de las muestras en el laboratorio.

Fuente. Mullo, A. & Oquendo, C., 2021

3.1.3.3 Ensayo granulométrico

El ensayo de granulometría permite determinar los tamaños de las partículas que conforman una muestra de suelo y su cantidad en porcentaje, este proceso se efectúa por medio de una serie de tamices. El análisis se realiza bajo la norma ASTM D421-85.

El ensayo de granulometría se lo realizó con muestra de 1067 g, debido a sus características, fue necesario una separación de los materiales finos, por lavado sobre el tamiz No. 200. La muestra resultante se la sometió a un secado en horno por 24 horas. Posterior a este proceso, el material se pasó a través de una serie de tamices con aberturas descendientes de: 38.1 mm, 4.75 mm (No. 4), 2.0 mm (No.10), 0.425 mm (No.40) y 0.075 mm (No. 200).

Los resultados obtenidos se presentan a continuación:

Muestra #3		
Lavado sobre el tamiz # 200		
# de recipiente		C13
Peso del recipiente (g.)	A	159
Peso del recipiente + muestras secas antes del lavado (g.)	B	1361,1
Peso de la muestra antes del lavado (g.)	C=(B-A)	1202,1
Peso del recipiente + muestra después del lavado y secado al horno (g)	D	1224,2
Peso de la muestra seca después del lavado (g.)	E=(D-A)	1065,2
Peso del Material fino (g.)	F=(C-E)	155,1
Porcentaje de finos (%)	G=(F/C) *100	12,90%

Tabla 3.1 Datos iniciales de la práctica granulométrica.

Fuente. Mullo, A. & Oquendo, C., 2021

# Tamiz	Abertura (mm)	Peso parcial (g.)	% Retenido	% Retenido acumulado	% Pasante acumulado
1 1/2"	38,100	214,7	17,84%	17,84%	82,16%
No. 4	4,750	141,1	11,73%	29,57%	70,43%
No. 10	2,000	31,6	2,63%	32,19%	67,81%
No. 40	0,425	64,6	5,37%	37,56%	62,44%
No. 200	0,075	596,2	49,55%	87,11%	12,89%
Fondo + F (g.)		155,1	12,89%		
Total (g.)		1203,3	100,00%		

Tabla 3.2 Granulometría por lavado de fondo.

Fuente. Mullo, A. & Oquendo, C., 2021

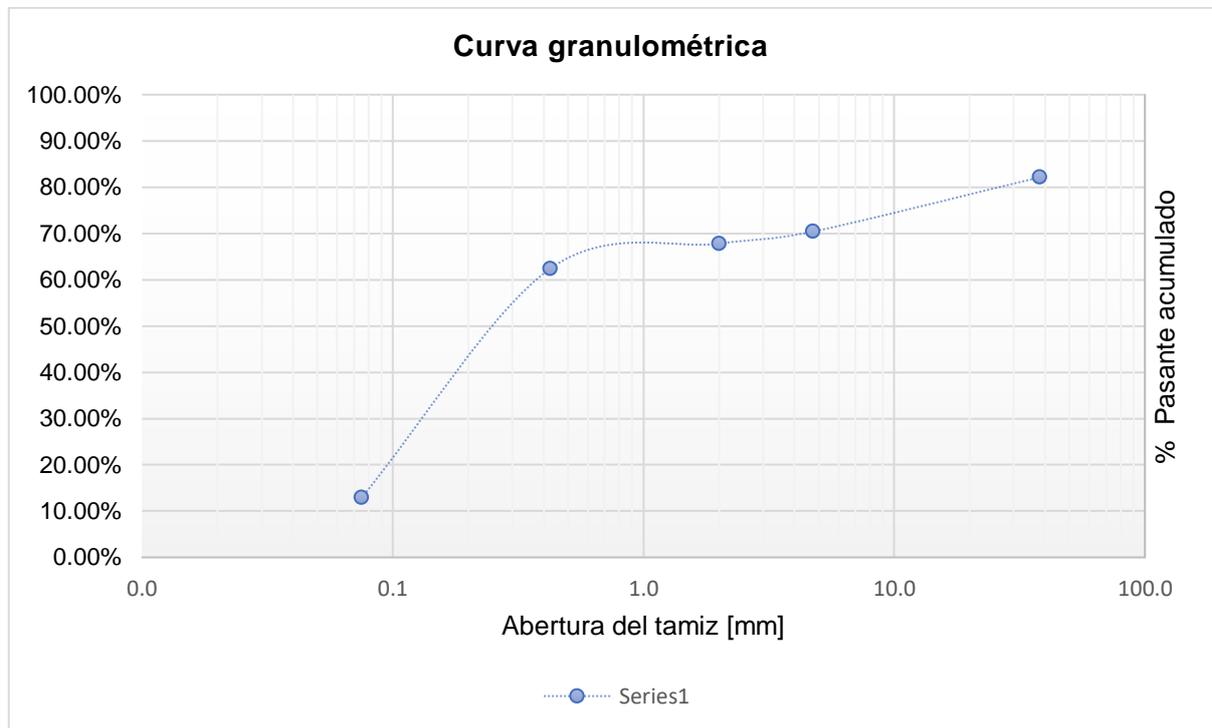


Figura 3.4 Curva granulométrica característica del material del vaso de la presa.

Fuente. Mullo, A. & Oquendo, C., 2021

Análisis de resultados

La muestra posee un porcentaje de finos de 12.9%, lo que representa menos de 50% del pasante No. 200, por lo cual, la muestra no puede ser clasificada como fina. Así también, el material retenido por el tamiz No. 4 es menor al 50% (11.73%), por lo tanto, la muestra no es un suelo con agregado grueso.

3.1.3.4 Límites de Atterberg

Los límites de Atterberg o de consistencia miden el grado de humedad en los diferentes estados del suelo. El análisis de las muestras se efectuó bajo la norma ASTM D-4318.

Este ensayo se realizó con la fracción de suelo pasante del tamiz N°40 de las cuatro muestras a analizar. Para el límite líquido se utilizó una copa de Casa Grande y se depositó una porción de suelo con cierto grado de humedad. Luego, se aplicaron golpes

a la copa girando una manivela a un ritmo de dos golpes por segundo. El ensayo finaliza cuando en la ranura previamente realizada en la muestra de suelo, las paredes tienden a cerrarse una longitud de 12 mm. Se tomó una porción de la muestra ensayada y se sometió a un proceso de secado por 24 horas.

El ensayo de límite plástico consiste en determinar el contenido de humedad para en el cual no es posible moldear un rollo de 3 mm de espesor. Para la determinación de este límite, se amasa una muestra de suelo previamente hidratada sobre una superficie libre de impurezas. A medida que se moldea el rollo, el suelo pierde agua hasta llegar a un punto que no puede ser moldeada y presenta fisuras a lo largo de su cuerpo hasta llegar a desmoronarse.



Figura 3.5 Tamizado y preparación de las muestras para ensayos de Límites de Atterberg.

Fuente. Mullo, A. & Oquendo, C., 2021



Figura 3.6 Ensayo de límites de Atterberg.

Fuente. Mullo, A. & Oquendo, C., 2021

Resultados

A continuación, se muestran los resultados obtenidos para el límite líquido ensayando una muestra con diferente contenido de humedad.

Límite Líquido

Límite Líquido					
No. Ensayo		1	2	3	4
No. Recipiente		71	29	38	17
Wh+r (g)	[1]	12.37	12.64	12.58	12.23
Ws+r (g)	[2]	10.37	10.72	10.74	10.52
Recipiente (g)	[3]	5.92	6.34	6.29	6.11
Ww = [1]-[2] (g)	[4]	2	1.92	1.84	1.71
Ws = [2]-[3] (g)	[5]	4.45	4.38	4.45	4.41
w% = ([4]/[5])*100	[6]	44.94	43.84	41.35	38.78
No. Golpes	[7]	12	17	29	39

Tabla 3.3 Resultados del ensayo de límite líquido.

Fuente. Mullo, A. & Oquendo, C., 2021

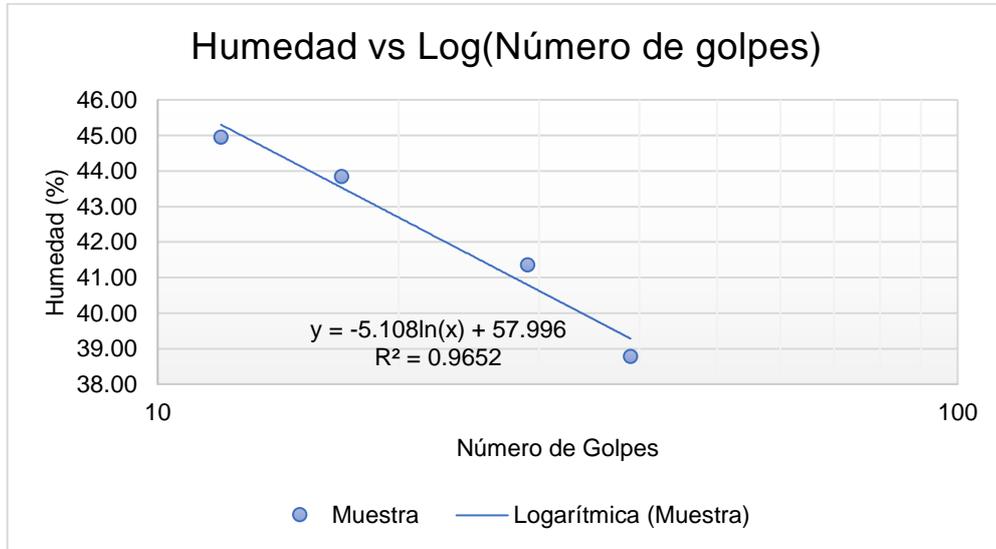


Figura 3.7 Límite líquido. Gráfica Humedad vs Log (No. de golpes).

Fuente. Mullo, A. & Oquendo, C., 2021

Para un número de golpes igual a 25, se obtiene un porcentaje de humedad es de 41.55% el cual es el límite líquido de la muestra de suelo analizada.

Límite Plástico

Límite plástico		
No. Ensayo		1.00 2.00
No. Recipiente		33.00 36.00
Wh+r (g)	[1]	8.74 9.45
Ws+r (g)	[2]	8.15 8.62
Recipiente (g)	[3]	6.27 6.08
Ww = [1]-[2] (g)	[4]	0.59 0.83
Ws = [2]-[3] (g)	[5]	1.88 2.54
w% = ([4]/ [5]) *100	[6]	31.38 32.68

Promedio	32.03
----------	-------

Tabla 3.4 Resultados del ensayo de límite plástico.

Fuente. Mullo, A. & Oquendo, C., 2021

Promediando los valores de dos muestras ensayadas se obtiene un resultado para el límite líquido de 32.03 %. Para obtener el índice de plasticidad se determinó la diferencia entre el límite líquido y el límite plástico resultando un valor de 9.52.

Análisis de resultados

De acuerdo con la clasificación del Sistema Unificado de Clasificación de Suelos (SUCS) y los resultados análisis granulométrico y los límites de Atterberg se determinó que la muestra analizada es una arena limosa con grava (SM).

3.1.3.5 Proctor Estándar Modificado

El ensayo de Proctor Estándar Modificado tiene como objetivo determinar la relación entre la densidad máxima seca y la humedad óptima de compactación.

La compactación es un método de mejoramiento de suelos, nos ayuda a reducir la compresibilidad, incrementa la resistencia al corte y disminuye la permeabilidad. Este ensayo es muy utilizado para proyectos como construcción de diques, y otras obras de tierra. El análisis se realiza bajo la norma ASTM D1557-02. (Gitleman, 2014)

Para el ensayo, se mezcla la muestra del terreno con una cantidad determinada de agua y se la compacta en un molde de 4 pulgadas. El proceso de compactación se lo realiza en 5 capas con 25 golpes por capa, el martillo utilizado es el de 10 libras, el cual proporciona una energía de $2700 \frac{kN*m}{m^3}$. El ensayo se repite cinco veces con diferentes contenidos de agua.



Figura 3.8 Ensayo de Proctor Modificado. Compactación de capas

Fuente. Mullo, A. & Oquendo, C., 2021

Datos del ensayo Proctor							
Volumen del cilindro[m ³]		0.0000944		Peso del cilindro [k]		2040.2	
Número de golpes [N]		25 golpes		Peso del martillo[lb]		10	
Cantidad de agua	Recipiente n°	Peso tierra húmeda + rcp	Peso tierra seca + rcp	Peso del rcp	Peso de agua	Peso seco	W
cm3		gr.	gr.	gr.		gr.	%
104	4	1318	1224.2	150.8	93.8	1073.4	8.74
175	9	1234.1	1122.4	142.9	111.7	979.5	11.4
260	13	1143	1028.7	143.6	114.3	885.1	12.91
364	16	1185.8	1025.7	146.3	160.1	879.4	18.21
572	26	1180.7	991.2	143.5	189.5	847.7	22.35

Tabla 3.5 Resultados del ensayo Proctor, contenido de humedad-densidad seca

Fuente. Mullo, A. & Oquendo, C., 2021

Peso tierra Húmeda + cilindro	Peso tierra húmeda	1+(W/100)	Peso tierra seca	Peso Volumétrico seco
Kg.	Kg.		Kg.	Kg/m3
3574.1	1.53	1.09	1.41	1494
3618.5	1.58	1.11	1.42	1501
3728.1	1.69	1.13	1.49	1584
3840.4	1.80	1.18	1.52	1613
3852.4	1.81	1.22	1.48	1569

Tabla 3.6 Resultados del ensayo Proctor, contenido de humedad-densidad seca.

Fuente. Mullo, A. & Oquendo, C., 2021

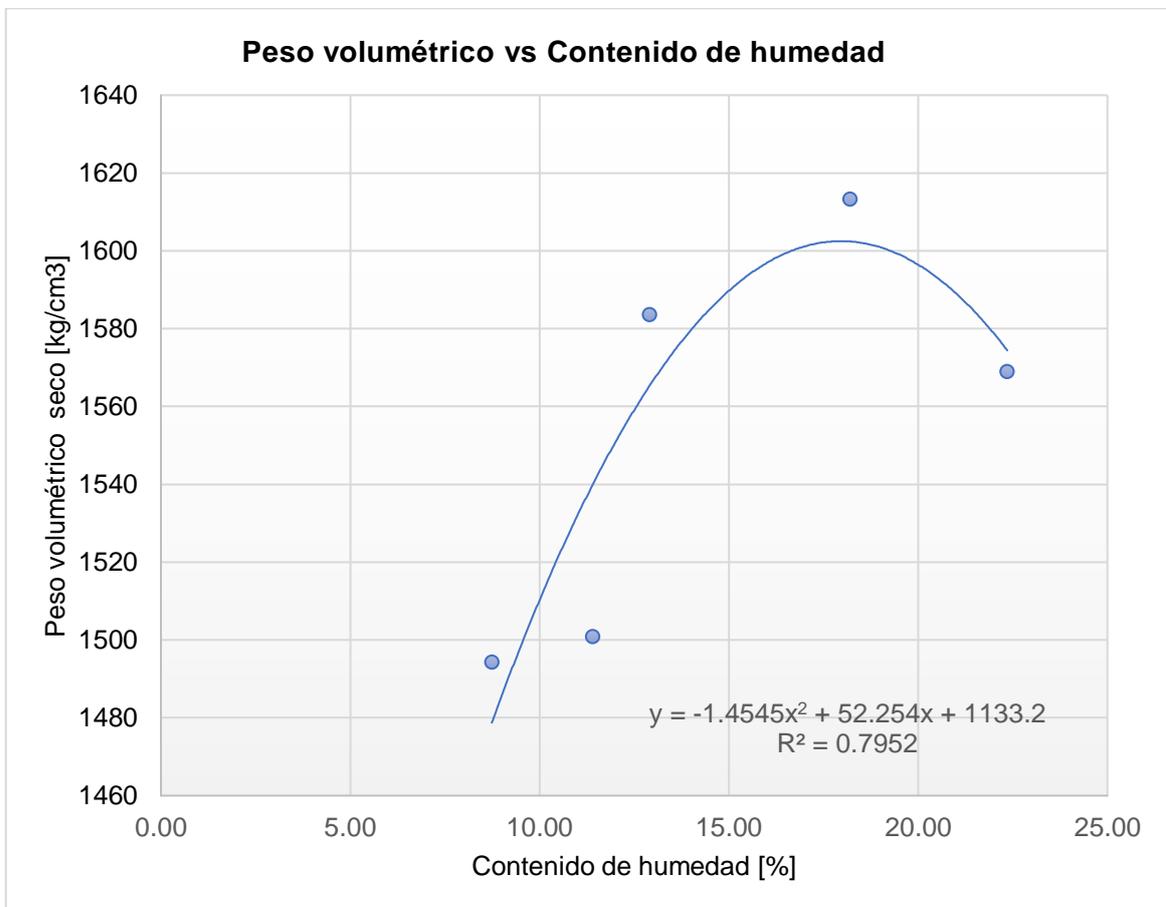


Figura 3.9 Peso Volumétrico vs Contenido de humedad.

Fuente. Mullo, A. & Oquendo, C., 2021

Para obtener el contenido de humedad óptima de compactación se deriva la ecuación de tendencia que nos proporciona Excel, y se la iguala a cero.

$$y = -1.4545x^2 + 52.245x + 1133.2 \quad (3.1)$$

$$\frac{dy}{dx} = -2.909x + 52.254 \quad (3.2)$$

$$-2.909x + 52.254 = 0$$

$$\text{Contenido de humedad} = 17.96\%$$

El peso volumétrico seco óptimo se obtiene reemplazando el contenido de humedad en la ecuación de tendencia de Excel.

$$y = -1.4545x^2 + 52.245x + 1133.2$$

$$y = -1.4545(17.96)^2 + 52.245(17.96) + 1133.2$$

$$\text{Peso volumétrico} = 1602.35 \frac{\text{kg}}{\text{cm}^3}$$

Análisis de resultados

Los cinco ensayos nos proporcionaron los datos suficientes para conformar la curva peso volumétrico vs contenido de humedad y observar su tendencia, esta gráfica proporciona una ecuación que la describe.

$$y = -1.4545x^2 + 52.245x + 1133.2$$

Los resultados del ensayo de Proctor modificado, nos da como humedad óptima de compactación 17.96%, lo cual genera una densidad máxima de $1602.35 \frac{\text{kg}}{\text{cm}^3}$

3.1.3.6 Permeabilidad de carga variable

El ensayo en el laboratorio se realizó bajo la norma ASTM D5084. El ensayo de permeabilidad de carga variable permite medir el flujo de agua que fluye a través del suelo, contenido en una celda cilíndrica, en un intervalo de tiempo.(Budhu, 2010)

La muestra de suelo ensayada se compactó con el grado de humedad obtenido previamente en las pruebas de Proctor Estándar Modificado. Se colocó la muestra en un cilindro de 15.4 cm de longitud y de 6.37 cm de diámetro y además se adicionaron dos piedras porosas en los extremos del cilindro, con el objetivo de evitar que la muestra se desintegre en el proceso. Posteriormente se saturó la muestra, luego se permitió el paso del agua por un tubo alimentador de 5 cm de diámetro y se registró el descenso de altura de agua en un intervalo de tiempo.



Figura 3.10 Ensayo de permeabilidad de carga variable. Preparación de cilindro.

Fuente. Mullo, A. & Oquendo, C., 2021



Figura 3.11 Ensayo de permeabilidad de carga variable.

Fuente. Mullo, A. & Oquendo, C., 2021

Análisis de resultados

Se obtuvo un valor de permeabilidad de $6.96 \times 10^{-7} \frac{m}{sg}$ ($6.96 \times 10^{-5} \frac{cm}{sg}$). Según (Budhu, 2010), la arena fina presenta una conductividad hidráulica baja, con valores entre $1 \times 10^{-3} \frac{cm}{sg}$ y $1 \times 10^{-5} \frac{cm}{sg}$ (ver figura 3.12), es decir, se caracteriza por tener un drenaje deficiente lo cual permitiría el uso de este material en la construcción del cuerpo de la presa.

Soil type	k_z (cm/s)	Description	Drainage
Clean gravel (GW, GP)	>1.0	High	Very good
Clean sands, clean sand and gravel mixtures (SW, SP)	1.0 to 10^{-3}	Medium	Good
Fine sands, silts, mixtures comprising sands, silts, and clays (SM-SC)	10^{-3} to 10^{-5}	Low	Poor
Weathered and fissured clays			
Silt, silty clay (MH, ML)	10^{-5} to 10^{-7}	Very low	Poor
Homogeneous clays (CL, CH)	$<10^{-7}$	Practically impervious	Very poor

Figura 3.12 Valores típicos de conductividad hidráulica según la clasificación del suelo

Fuente.(Budhu, 2010)

3.1.3.7 Corte directo especímenes

El ensayo de corte directo consiste en generar un desplazamiento del suelo respecto a un plano de falla predeterminada, para este proceso la muestra debe ser sometida a una fuerza de corte (horizontal) y una fuerza normal al plano de falla. Este ensayo permite determinar la cohesión y el ángulo de fricción interna.

El ensayo consiste en colocar la muestra de suelo, en una caja móvil, la que está dividida por su mitad, los especímenes deben tener el contenido de humedad determinado por el ensayo de Proctor. La práctica inicia al aplicar una carga vertical que consolide la muestra, su desplazamiento será medido a través de un sensor. Culminada la consolidación, se procede a aplicar el esfuerzo de cizalladura. Para esta práctica se ensaya la muestra tres veces, con diferente carga normal, en este caso 30.94 kPa, 179.88 kPa y 359.76 kPa (50% de la carga normal, 100% y 200%).



Figura 3.13 Preparación de muestras y equipo para ensayo de corte directo.

Fuente. Mullo, A. & Oquendo, C., 2021

Test Summary				
Reference	A	B	C	
Normal Stress	186.7 kPa	93.7 kPa	373.4 kPa	
Peak Strength	123.9 kPa	67.3 kPa	248.4 kPa	
Corresponding Horizontal Displacement	5.255 mm	2.492 mm	4.822 mm	
Residual Stress	N/A	N/A	N/A	
Rate of Shear Displacement	Stage 1: 0.0306mm/min	Stage 1: 0.0117mm/min	Stage 1: 0.0150mm/min	
Final Height	19.65 mm	18.84 mm	17.29 mm	
Sample Area	3600.00 mm ²	3600.00 mm ²	3600.00 mm ²	
Initial Wet Unit Weight	15.57 kN/m ³	16.41 kN/m ³	14.86 kN/m ³	
Initial Dry Unit Weight	12.15 kN/m ³	12.56 kN/m ³	11.55 kN/m ³	
Final Wet Unit Weight	16.63 kN/m ³	17.61 kN/m ³	19.19 kN/m ³	
Final Dry Unit Weight	12.37 kN/m ³	13.33 kN/m ³	13.36 kN/m ³	
Final Moisture Content	34.50 %	32.11 %	43.63 %	
Particle Specific Gravity	2.65	2.65	2.65	
Final Void Ratio	1.1023	0.9502	0.9462	
Final Saturation	82.95%	89.55%	122.19%	

Tabla 3.7 Resumen del ensayo de corte directo.

Fuente. Mullo, A. & Oquendo, C., 2021

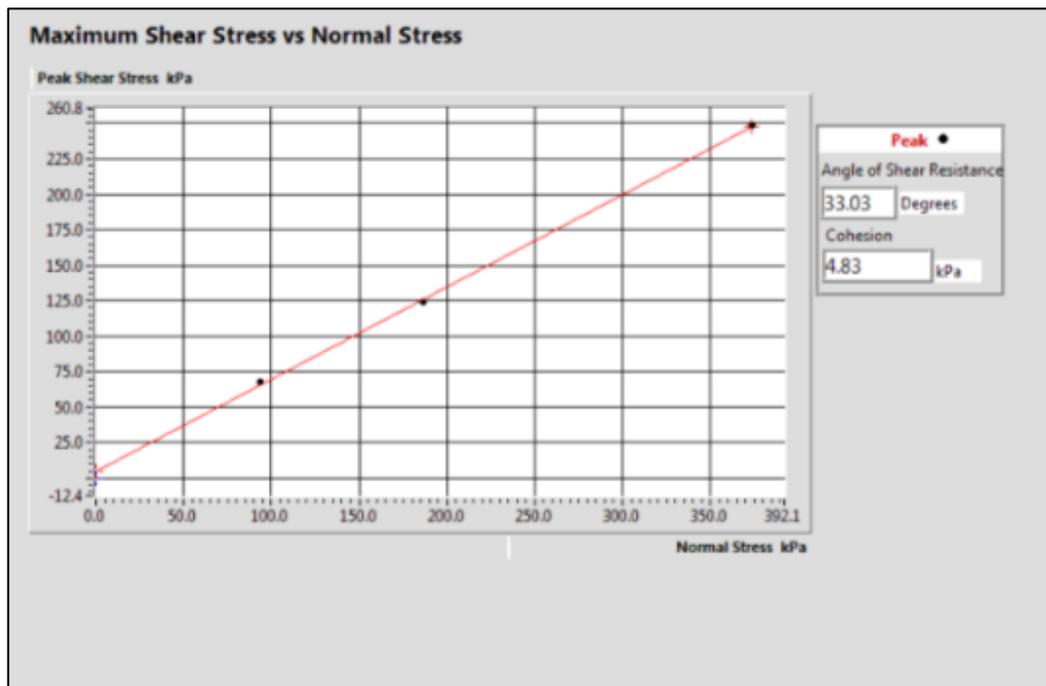


Figura 3.14. Resultados de esfuerzos máximos cortantes.

Fuente. Mullo, A. & Oquendo, C., 2021

Análisis de resultados

El ángulo de fricción interna de la muestra de suelo es de 33.03° , con una cohesión de 4.83 kPa, este valor posee una baja magnitud debido a que el espécimen corresponde a una arena.

3.1.4 Estudio Hidrológico

3.1.4.1 Recolección y clasificación de datos

La construcción de obras hidráulicas conlleva principalmente un estudio hidrológico, esta ciencia depende de aspectos meteorológicos y ambientales. Los datos que se recopilan para el estudio hidrológico principalmente se encuentran como información sin procesar, que después de ser organizadas y analizadas estadísticamente, permite la toma de decisiones en el diseño de estructuras hidráulicas.

El análisis hidrológico amerita buscar el medio que proporcione la suficiente cantidad de datos. Las estaciones meteorológicas distribuidas en todo el Ecuador son el medio más

confiable. Para el presente estudio se seleccionaron 4 estaciones, las más cercanas al punto de estudio, las cuales se presentan en la Tabla 3.8.

El Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología (INAMHI), es el ente encargado de recopilar y proporcionar, la información de las diferentes estaciones. El estudio se realizó con datos de los anuarios meteorológicos del INAMHI, adicional a esta información, se usó datos de estudios previos, realizados en Sacachún y sus alrededores. La información recopilada corresponde a las precipitaciones mensuales desde el año 1995 hasta el 2013.

Código	Nombre de la Estación	Tipo de estación	Latitud	Longitud
M0780	Colonche	Pluviográfica [PG]	2°1'0" S	80°40'0" W
M1146	Julio Moreno	Pluviométrica [PV]	2°10'44" S	80°21'26" W
M0775	Limoncito	Pluviográfica [PV]	2°13'0" S	80°14'0" W
M223	El azúcar	Climatológica Ordinaria [CO]	2°15'0" S	80°35'0" W

Tabla 3.8. Ubicación y tipo de las estaciones hidro-meteorológicas cercanas a la comuna de Sacachún

Fuente. Mullo, A. & Oquendo, C., 2021

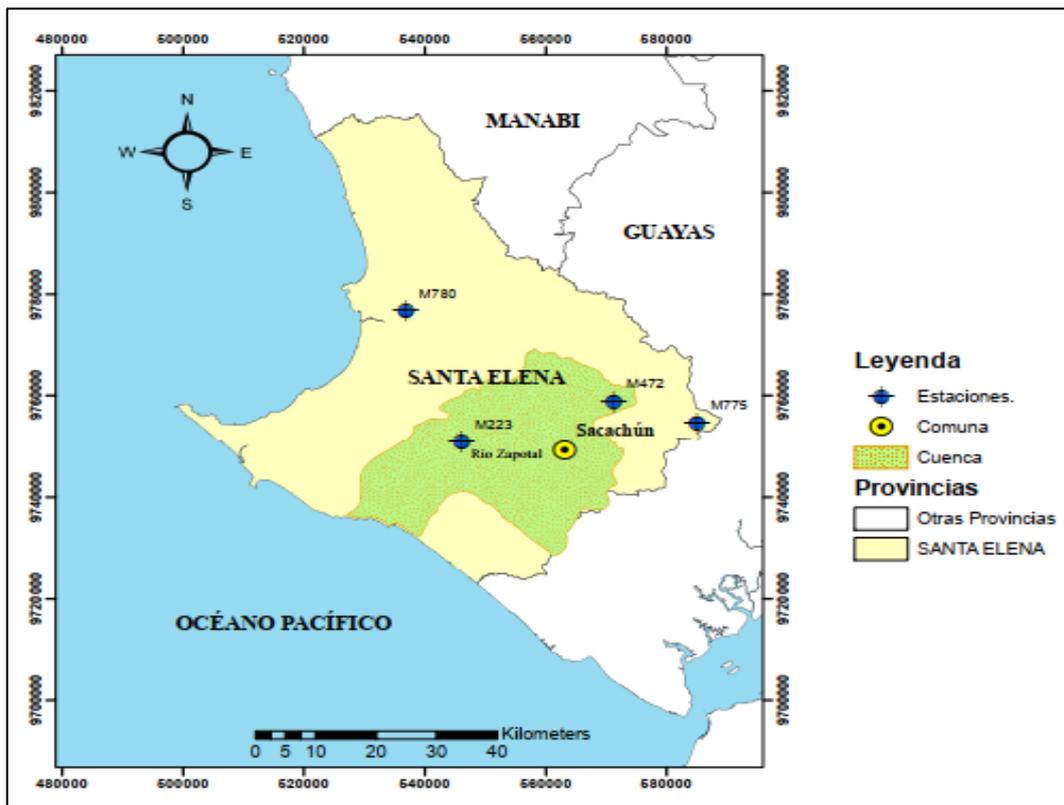


Figura 3.15 . Estaciones Meteorológicas cercanas a la cuenca de drenaje

Fuente. Mullo, A. & Oquendo, C., 2021

Para el estudio morfológico de la zona de estudio se utilizaron datos satelitales y la información del Instituto Geográfico Militar (IGM), ambas fuentes proporcionan curvas de nivel que describen el relieve de la zona.

3.1.4.2 Cuenca de aporte

Para el estudio de la cuenca aportante de la presa colinar, se utilizó datos satelitales de Advanced Land Observing Satellite (ALOS) Phased Array L-band Synthetic Aperture Radar (PALSAR) de Alaska Satellite Facility (ASF) con resolución espacial de 12.5 m para obtener un Modelo Digital de Elevación de alta resolución que nos permita identificar líneas de drenaje de la zona rural a analizar.

Se realizó el procesamiento de datos en el software ArcGIS según el diagrama de flujo de la figura 3.15. El DEM proyectado en las coordenadas UTM WSG84 17S se procesó

con la herramienta Fill Sink de Arc Hydro Tools con el fin de rellenar inconsistencias en las depresiones del terreno. Con la variable de entrada FillDem y la herramienta Flow Direction se registraron las posibles direcciones de flujo de cada píxel. Además, con la herramienta Flow Accumulation se analizaron las áreas de flujo concentrado con la finalidad de obtener los cauces de agua de la zona. Finalmente, con la herramienta Point delineation se obtuvo una delimitación de la cuenca de drenaje de la Presa Colinar.

Se determinaron los parámetros morfológicos más importantes de la cuenca como: área, perímetro, perímetro, mayor longitud de drenaje y factor forma para posteriormente analizar el caudal aportante mediante datos cronológicos de precipitación de estaciones meteorológicas aledañas a la zona de estudio.

De los resultados expresados en la tabla 3.9 se puede establecer que la cuenca de aporte a la obra hidráulica posee área de 38 hectáreas y su índice de forma, el cual es menor a 1, indica que la cuenca presenta una forma alargada.

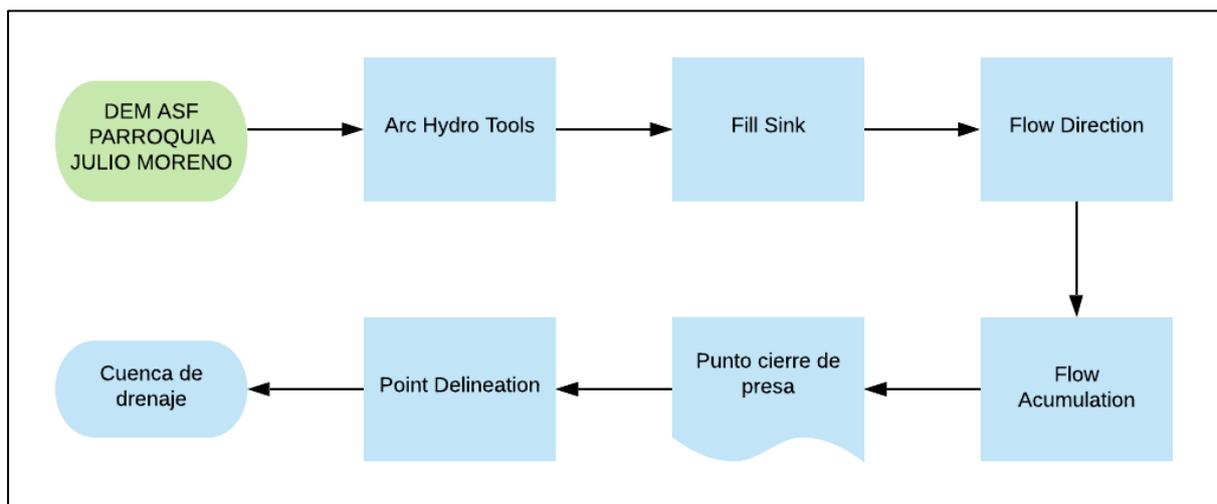


Figura 3.16 Diagrama de flujo- Cuenca de drenaje.

Fuente. Mullo, A. & Oquendo, C., 2021

Parámetros Morfológicos de la cuenca de aporte	
Área	38 Ha
Perímetro	3850 m
Longitud	1228,88 m
Factor forma	0.25

Tabla 3.9 Parámetros morfológicos de la cuenca de drenaje.

Fuente. Mullo, A. & Oquendo, C., 2021

3.1.4.3 Precipitación máxima de diseño

Para realizar la estimación de la precipitación de diseño lo recomendable es utilizar los datos de una estación que se encuentra dentro de la zona del proyecto, debido a que la comuna de Sacachún carece de una estación meteorológica propia, fue necesario usar métodos de aproximación para calcularla.

El estudio hidrológico se lo realizó únicamente con una estación, considerando que, aunque las estaciones Limoncito, el Colonche y la de Julio Moreno se encuentran cerca del punto de estudio, la estación el Azúcar es la única que tiene influencia directa sobre nuestra cuenca, además, cumple con los criterios de cantidad y periodicidad de datos (Pizarro et al., 2003), por este motivo no se aplicó metodologías como la de los polígonos de Thiessen. La precipitación media anual, de la estación Azúcar es de 443.34 mm.

El análisis hidrológico inicia con la obtención de los valores máximos mensuales de precipitación de cada año del periodo de estudio (Suárez-Aguilar et al., 2020).

PRECIPITACIÓN MÁXIMA EN 24 hr. (mm)	
[mm]	[mm]
1995	10.00
1996	37.20
1997	74.00
1998	80.20
1999	0.00
2000	0.00
2001	67.90
2002	0.00
2003	27.80
2004	43.60
2005	0.00
2006	0.00
2007	45.30
2008	0.00
2009	0.00
2010	0.00
2011	0.00
2012	0.00
2013	89.40
Suma	475.40

Tabla 3.10 Datos de precipitación máxima de la estación Azúcar

Fuente. Mullo, A. & Oquendo, C., 2021

El estudio hidrológico, se lo efectuó a través de métodos probabilísticos, utilizando en este caso la distribución de Gumbel tipo I, método utilizado para modelar datos extremos, en nuestro caso las precipitaciones máximas. Este método sirve para predecir el comportamiento de las precipitaciones. El objetivo de este estudio hidrológico es determinar las curvas de Intensidad -Duración- Frecuencia y obtener un caudal de diseño.

Para obras hidráulicas como la captación de agua es necesario considerar el periodo de retorno, el intervalo de recurrencia o período de retorno de una precipitación, que es el

resultado del análisis de los daños y afectaciones a las vidas humanas, que pudiesen ocasionar un escurrimiento de mayor frecuencia. Para este estudio se decidió trabajar con un periodo de retorno T=50 años.

Para caracterizar la distribución de un conjunto de datos pluviométricos se necesita conocer el valor de la tendencia central (media aritmética) y el valor de la dispersión de los datos (desviación estándar). El análisis inicia con el cálculo de la precipitación máxima probable (Pd), a partir de la precipitación máxima mensual. Tabla 3.11.

Año	Máximo	Xi	$(xi - \bar{x})^2$
[mm]	[mm]	[mm]	[mm²]
1995	10.00	10.00	216597.16
1996	37.20	37.20	192019.24
1997	74.00	74.00	161121.96
1998	80.20	80.20	156183.04
1999	0.00	0.00	226005.16
2000	0.00	0.00	226005.16
2001	67.90	67.90	166056.25
2002	0.00	0.00	226005.16
2003	27.80	27.80	200345.76
2004	43.60	43.60	186451.24
2005	0.00	0.00	226005.16
2006	0.00	0.00	226005.16
2007	45.30	45.30	184986.01
2008	0.00	0.00	226005.16
2009	0.00	0.00	226005.16
2010	0.00	0.00	226005.16
2011	0.00	0.00	226005.16
2012	0.00	0.00	226005.16
2013	89.40	89.40	148996.00
Suma	475.40	475.40	3872808.26

Tabla 3.11 Precipitación máxima mensual desde 1995 a 2013.

Fuente. Mullo, A. & Oquendo, C., 2021

Media Aritmética

$$\bar{x} = \frac{\sum xi}{n} = 25.02mm \quad (3.3)$$

Desviación estándar

$$S = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (xi - \bar{x})^2}{n-1}} = 32.34 mm \quad (3.4)$$

En función de los datos se determina que la precipitación máxima mensual promedio es de 25.02 mm, con una desviación estándar de 32.34 mm.

Para aplicar las fórmulas de Gumbel es necesario conocer dos coeficientes σ_y, μ_y , parámetros que están en función del número de datos. (Sánchez, 2016).

nº datos	μ_y	σ_y
10	0,4952	0,9496
15	0,5128	1,0206
20	0,5236	1,0628
25	0,5309	1,0914
30	0,5362	1,1124
35	0,5403	1,1285
40	0,5436	1,1413
45	0,5463	1,1518
50	0,5485	1,1607
55	0,5504	1,1682
60	0,5521	1,1747
65	0,5535	1,1803
70	0,5548	1,1854
75	0,5559	1,1898
80	0,5569	1,1938
85	0,5578	1,1974
90	0,5586	1,2007
95	0,5593	1,2037
100	0,5600	1,2065

Tabla 3.12 Coeficientes de Gumbel en función del número de datos.

Fuente. Sánchez, F. 2021

El periodo de estudio va desde el año 1995 al 2013, por lo que nuestra muestra posee 19 datos, al interpolar valores nos da como resultado que σy es 1.05 y μy es igual a 0.53, con estos resultados aplicamos las fórmulas.

$$\alpha = \frac{Sx}{\sigma y} = 33.20 \text{ mm} \quad (3.5)$$

$$u = \bar{x} - \mu y * \alpha = 7.60 \text{ mm} \quad (3.6)$$

Gumbel presenta la siguiente ecuación con la que podemos calcular, con qué frecuencia o periodo de retorno se presentará una precipitación.

$$F(x) = -e^{-\left(\frac{x-u}{\alpha}\right)} \quad (3.7)$$

Así mismo para calcular, la precipitación que se producirá en un determinado periodo de retorno, se presenta la siguiente ecuación, que no es más que el despeje de "x" de la ecuación original.,

$$x = -\ln(-\ln(F(x))) * \alpha + u \quad (3.8)$$

El estudio da como resultado precipitaciones diarias máximas probables para diferentes periodos de retorno. De acuerdo con Weiss, 1964 la precipitación real difiere de la calculada, por lo cual propone un valor de corrección de 1.13.

Periodo	Precipitación	Proba. de ocurrencia	Corrección intervalo fijo
Años	x [mm]	F(x) [%]	X*1.13 [mm]
2	20.27	50%	22.90
5	55.03	20%	62.19
10	78.05	10%	88.20
25	107.13	4%	121.06
50	128.71	2%	145.44
100	150.13	1%	169.64
500	199.61	0%	225.56

Tabla 3.13. Precipitaciones máximas probables (Pd), para diferentes periodos de retorno

Fuente. Mullo, A. & Oquendo, C., 2021

La precipitación máxima probable, a ser superada en un periodo de retorno de 50 años es de 154.98 mm, esta precipitación tiene una probabilidad de ocurrencia apenas del 2%.

3.1.4.4 Obtención de precipitaciones máximas horarias

Para determinar la intensidad de una precipitación es necesario redistribuir las precipitaciones diarias y obtener las horarias. Para este cálculo Campos, 1987 recomienda utilizar coeficientes de redistribución. Este proceso da como resultado precipitaciones con diferentes tiempos de duración y frecuencia.

Duraciones, en horas									
1	2	3	4	5	6	8	12	18	24
0.30	0.39	0.46	0.52	0.57	0.61	0.68	0.80	0.91	1.00

Tabla 3.14 Coeficientes de distribución para lluvias diarias, en horas.

Fuente. Campos, 1987.

Tiempo de Duración	Cociente	Precipitación máxima Pd por tiempos de duración [mm]						
		2 años	5 años	10 años	25 años	50 años	100 años	500 años
Horas								
24 hr	X24=100%	22.90	62.19	88.20	121.06	145.44	169.64	225.56
18 hr	X18 = 91%	20.84	56.59	80.26	110.17	132.35	154.37	205.26
12 hr	X12 = 80%	18.32	49.75	70.56	96.85	116.35	135.71	180.45
8 hr	X8 = 68%	15.57	42.29	59.97	82.32	98.90	115.36	153.38
6 hr	X6 = 61%	13.97	37.93	53.80	73.85	88.72	103.48	137.59
5 hr	X5 = 57%	13.06	35.45	50.27	69.01	82.90	96.70	128.57
4 hr	X4 = 52%	11.91	32.34	45.86	62.95	75.63	88.21	117.29
3 hr	X3 = 46%	10.54	28.61	40.57	55.69	66.90	78.04	103.76
2 hr	X2 = 39%	8.93	24.25	34.40	47.21	56.72	66.16	87.97
1 hr	X1 = 30%	6.87	18.66	26.46	36.32	43.63	50.89	67.67

Tabla 3.15 Precipitaciones máximas para diferentes periodos y tiempos de duración.

Fuente. Mullo, A. & Oquendo, C., 2021

Mediante la tabla 3.15 se puede observar las distintas precipitaciones en función de su duración, desde 1 hora hasta las 24 horas. Estos valores de precipitación al ser divididos para su duración dan como resultado la intensidad en mm/hr.

3.1.4.5 Obtención de las intensidades

La intensidad puede definirse como la cantidad de agua, que cae sobre una superficie, por unidad de tiempo. Las precipitaciones pueden clasificarse por su intensidad, como “débiles” si la intensidad es menor o igual a 2 mm/hr, si la intensidad se encuentra entre 2-15 mm/hr se clasifica como “sin adjetivar”, si se encuentran entre 15-30 mm/hr como “fuertes”, como “muy fuertes” si la intensidad se encuentra entre 30-60 mm/hr, finalmente se clasifican como “torrenciales” si la intensidad es mayo a 60 mm/hr (Glosario: Intensidad de Precipitación - Definición, n.d.). La fórmula para calcular la intensidad se presenta a continuación.

$$I = \frac{P [mm]}{t [horas]} \quad (3.9)$$

Tiempo de duración	Intensidad de la lluvia según el Periodo de Retorno [mm /hr]						
	Horas	2 años	5 años	10 años	25 años	50 años	100 años	500 años
24 hr	0.95	2.59	3.67	5.04	6.06	7.07	9.40
18 hr	1.16	3.14	4.46	6.12	7.35	8.58	11.40
12 hr	1.53	4.15	5.88	8.07	9.70	11.31	15.04
8 hr	1.95	5.29	7.50	10.29	12.36	14.42	19.17
6 hr	2.33	6.32	8.97	12.31	14.79	17.25	22.93
5 hr	2.61	7.09	10.05	13.80	16.58	19.34	25.71
4 hr	2.98	8.08	11.47	15.74	18.91	22.05	29.32
3 hr	3.51	9.54	13.52	18.56	22.30	26.01	34.59
2 hr	4.47	12.13	17.20	23.61	28.36	33.08	43.98
1 hr	6.87	18.66	26.46	36.32	43.63	50.89	67.67

Tabla 3.16 Cálculo de la intensidad de lluvia.

Fuente. Mullo, A. & Oquendo, C., 2021

3.1.4.6 Curvas IDF

Para la construcción de las curvas IDF, Aparicio, 1997 considera principalmente dos métodos, el primer método relaciona la intensidad y el periodo de retorno, mientras que el segundo la intensidad máxima, duración de la precipitación y el periodo de retorno. El segundo método será el utilizado para este estudio y su ecuación es la siguiente:

$$I = \frac{KT^m}{t^n} \quad (3.10)$$

Donde:

I: Intensidad de lluvia [mm/hr]

t: Duración de la lluvia [minutos]

T: Periodo de retorno [años]

K, m, n: Parámetros de ajuste

Los parámetros K, m, n, dependen de la zona de estudio, para determinar sus valores, se aplican regresiones lineales múltiples. Para obtener la ecuación a la que se le aplicará la regresión lineal, el autor realizó una sustitución donde:

$$I = \frac{KT^m}{t^n} \text{ Ecuación original} \quad (3.11)$$

$$d = KT^m \text{ Sustitución} \quad (3.12)$$

Al sustituir “d” en la ecuación principal, nos genera la siguiente igualdad.

$$i = \frac{d}{t^n} \quad (3.13)$$

El método de regresión lineal se debe aplicar para cada uno de los periodos de retorno, de este proceso se obtendrán los valores de “n” y “d”

Regresión potencial por el método de distribución de Gumbel para un período de retorno de 2 años

Periodo de retorno para T = 2 años						
Nº	T [min]	I	ln(t)	ln (i)	ln (x)*ln (I)	(ln t)^2
1	1440	0.95	7.27	-0.05	-0.34	52.89
2	1080	1.16	6.98	0.15	1.02	48.79
3	720	1.53	6.58	0.42	2.78	43.29
4	480	1.95	6.17	0.67	4.11	38.12
5	360	2.33	5.89	0.85	4.98	34.65
6	300	2.61	5.70	0.96	5.47	32.53
7	240	2.98	5.48	1.09	5.98	30.04
8	180	3.51	5.19	1.26	6.52	26.97
9	120	4.47	4.79	1.50	7.16	22.92
10	60	6.87	4.09	1.93	7.89	16.76
Suma	4980	28.35	58.16	8.77	45.59	346.94
Ln (d) = 4.461		d = 86.589		n = -0.616		

Tabla 3.17 Regresión potencial para un periodo de retorno de 2 años

Fuente. Mullo, A. & Oquendo, C., 2021

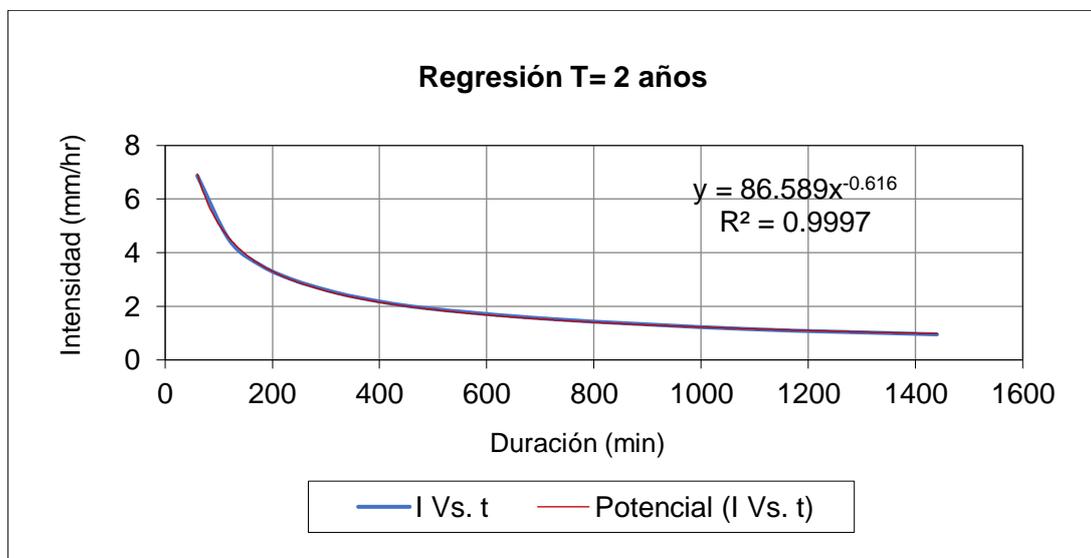


Figura 3.17 Regresión T= 2 años.

Fuente. Mullo, A. & Oquendo, C., 2021

El mismo proceso se realiza para los demás periodos de retorno (5 años, 10 años, 25 años, 50 años, 100 años y 50 años). Anexo B. De estos procesos se obtienen los diferentes valores “d” y “n”, a continuación, se presenta una tabla de resumen con los resultados de las regresiones.

Período de retorno	Termino constante de regresión [d]	Coefficiente de regresión [n]
2	86.59	0.616
5	235.11	0.616
10	333.44	0.616
25	457.68	0.616
50	549.84	0.616
100	641.33	0.616
500	852.75	0.616

Tabla 3.18 Resumen de aplicación de **regresión**.

Fuente. Mullo, A. & Oquendo, C., 2021

Una vez se calculan los diferentes valores de “d” se procede a realizar una nueva regresión potencial, entre este valor y el periodo de retorno T. La fórmula a la que se aplicará la regresión lineal corresponde a la sustitución inicial.

$$d = k * T^m$$

Regresión potencial						
Nº	T	D	ln (T)	ln (d)	ln (T)*ln (d)	(ln T) ²
1	2	86.59	0.69	4.46	3.09	0.48
2	5	235.11	1.61	5.46	8.79	2.59
3	10	333.44	2.30	5.81	13.38	5.30
4	25	457.68	3.22	6.13	19.72	10.36
5	50	549.84	3.91	6.31	24.68	15.30
6	100	641.33	4.61	6.46	29.77	21.21
7	500	852.75	6.21	6.75	41.94	38.62
<i>Ln (K) =</i>	4.6896	<i>K =</i>	108.81	<i>m =</i>	0.379	

Tabla 3.19 Regresión potencial, **d=KT^m**

Fuente. Mullo, A. & Oquendo, C., 2021

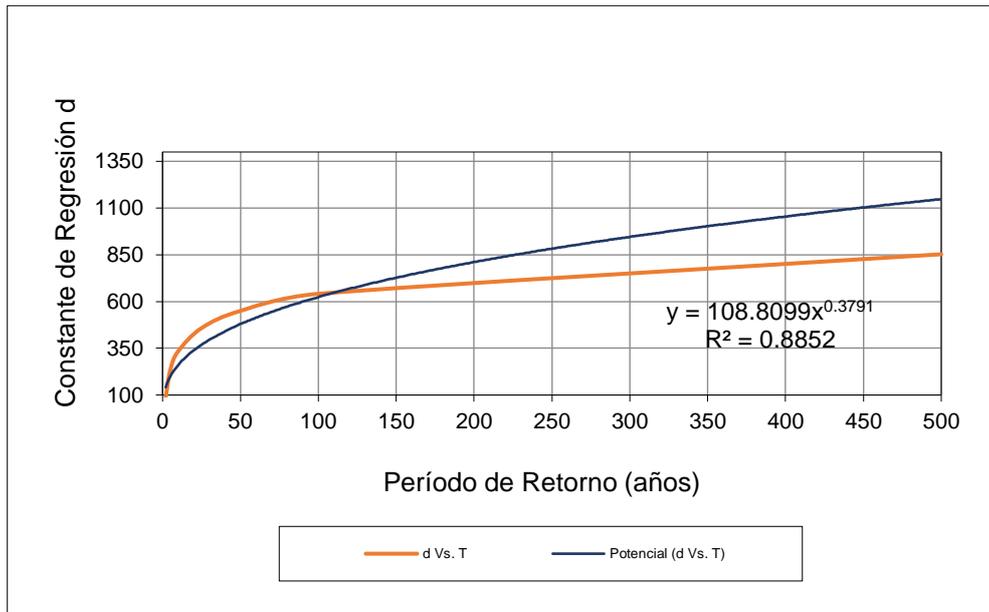


Figura 3.18 Regresión Potencial.

Fuente. Mullo, A. & Oquendo, C., 2021

Las múltiples regresiones dan como resultado los valores de los parámetros K, m, n. Con estos datos se construye la ecuación de Intensidad, propia de la zona de estudio.

$$K = 109.17$$

$$m = 0.3927$$

$$n = 0.616$$

$$I = \frac{(108.80 * T^{0.3791})}{t^{0.616}} \tag{3.14}$$

Al lograr obtener la ecuación de intensidad, se reemplaza los valores y se graficaron las correspondientes curvas IDF.

Tabla de intensidades - Tiempo de duración												
Frecuencia años	Duración en minutos [min]											
	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60
2	52.5	34.2	26.7	22.3	19.5	17.4	15.8	14.6	13.5	12.7	12.0	11.3
5	74.3	48.4	37.7	31.6	27.5	24.6	22.4	20.6	19.2	18.0	16.9	16.1
10	96.6	63.0	49.1	41.1	35.8	32.0	29.1	26.8	24.9	23.4	22.0	20.9
25	136.7	89.2	69.5	58.2	50.7	45.3	41.2	37.9	35.3	33.1	31.2	29.6
50	177.8	116.0	90.3	75.7	65.9	58.9	53.6	49.3	45.9	43.0	40.6	38.4
100	231.2	150.8	117.5	98.4	85.7	76.6	69.7	64.2	59.7	55.9	52.7	50.0

500	425.6	277.7	216.3	181.1	157.8	141.1	128.3	118.1	109.9	103.0	97.1	92.0
-----	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	------	------

Tabla 3.20 Valores de Intensidad de precipitación en mm/hr.

Fuente. Mullo, A. & Oquendo, C., 2021

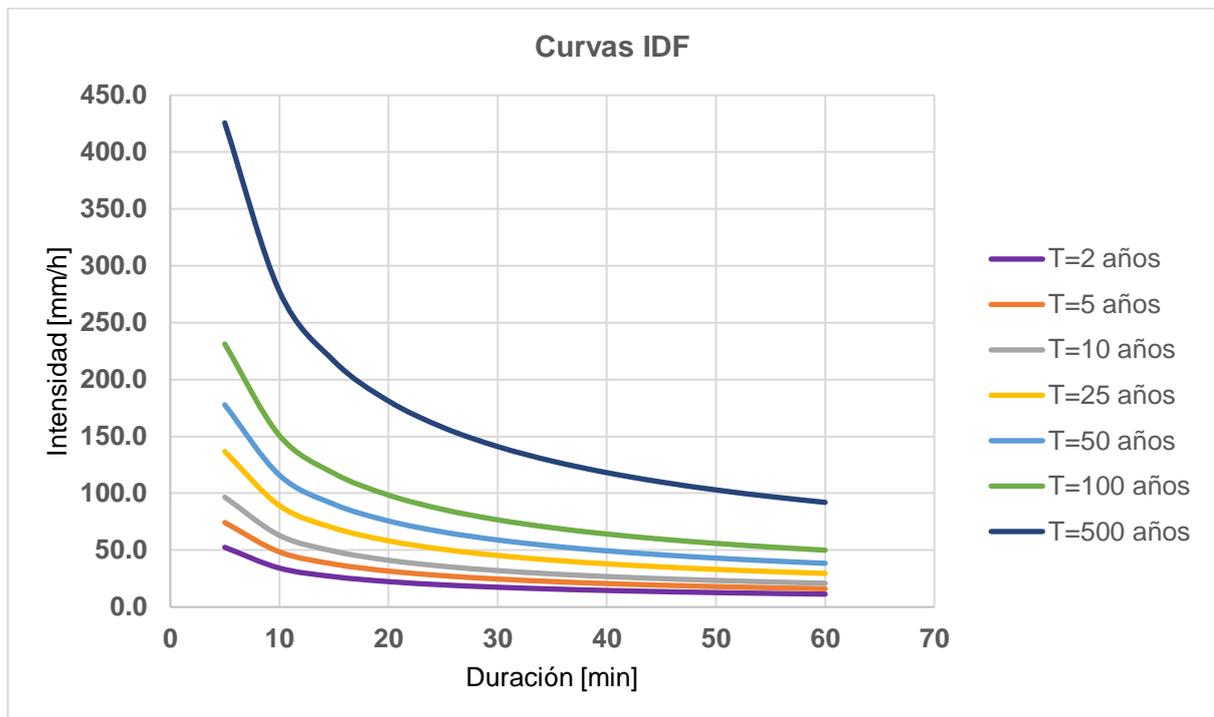


Figura 3.19 Curvas IDF para diferentes periodos de retorno.

Fuente. Mullo, A. & Oquendo, C., 2021

3.1.5 Caudal de diseño

3.1.5.1 Método Racional

El método racional estima un caudal asociado a una determinada lluvia de diseño, el método supone que la lluvia es uniforme en el tiempo y en el espacio, asume que la precipitación neta es directamente proporcional a la precipitación y es usada en cuencas con extensiones inferiores a las 200 Ha. La ecuación que proporciona el método racional es la siguiente:

$$Q = \frac{C \cdot I \cdot A}{3.6} \quad (3.15)$$

Donde:

$Q =$ Caudal ($m^3/seg.$)

$C =$ Coeficiente de escorrentía

$I =$ Intensidad de precipitación [mm/hr]

$A =$ superficie de la cuenca [km^2]

3.1.5.2 Coeficiente de escorrentía [C]

El coeficiente de escorrentía es una relación entre el volumen de escorrentía superficial y el volumen total del agua precipitada. Este factor depende de la intensidad de la precipitación, humedad inicial del suelo, tipo de terreno y tipo de cobertura vegetal

$$C = \frac{(P_d - P_0) \cdot (P_d + 23P_0)}{(P_d + 11P_0)^2} \quad (3.16)$$

Donde:

P_d : Precipitación máxima diaria (mm)

P_0 : Umbral de escorrentía

La escorrentía superficial generada por una precipitación puede ser calculada por el método del número de curva. Para este proceso se considera que el umbral de escorrentía (P_0) es el 20% de la retención potencial (S).

$$P_0 = 0.2 * S \quad (3.17)$$

El umbral de escorrentía al ser expresado en función del número de curva resulta.

$$CN(I) = \frac{4.2 * CN}{10 - 0.58 * CN} \quad (3.18)$$

$$S = \frac{25400}{CN(I)} - 254 \quad (3.19)$$

$$P_o = 0.2 * S$$

Grupos hidrológicos del suelo.

Grupo A: Son suelos de textura arenosa, se caracterizan por tener un bajo potencial de escorrentía, en condiciones húmedas. En este tipo de suelo el agua se transmite libremente por el perfil del terreno

Grupo B: Son suelos de texturas moderadamente finas y gruesas, el potencial de escorrentía es bajo, en condiciones húmedas.

Grupo C: Son suelos que poseen una capa que limita la infiltración, se caracterizan por ser suelos con texturas finas. El potencial de escorrentía es alto, en condiciones húmedas

Grupo D: Son suelos que poseen una tasa de infiltración muy baja, se caracterizan por ser suelos arcillosos, son materiales impermeables. El potencial de escorrentía es muy elevado (*Generación Del Número de Curva.*, 2020).

CN representa el número de curva, este valor se obtiene de la relación del grupo hidrológico del suelo y el uso de la tierra. De acuerdo con las características de la zona de estudio, el grupo hidrológico al que pertenece es al grupo C, el cual está conformado por arcillas con limo, determinado el grupo hidrológico se obtiene el número de curva, el cual está en función del uso de suelo, para este caso es para bosques, con cubierta buena. El número de curva resultante es 70

Reemplazando el número de curva en la ecuación de retención potencial da como resultado.

$$CN(I) = \frac{4.2 * 70}{10 - 0.58 * 70} = 49.5$$

$$S = 259.18 \text{ mm}$$

Asimismo, al reemplazar la retención potencial en la ecuación, nos proporciona el umbral de escorrentía.

$$P_o = 0.2 * S = 51.84 \text{ mm}$$

La precipitación máxima probable se lo obtiene del estudio de Gumbel, con un periodo de retorno $T=50$ [mm] y una duración de 24 horas ($P_d=145.44$ mm). Finalmente se reemplazan los valores y se obtiene el coeficiente de escorrentía.

$$C = \frac{(P_d - P_0) * (P_d + 23P_0)}{(P_d + 11P_0)^2} = 0.24$$

Con todos los datos determinados se aplica la ecuación que propone el método racional.

- El área de la cuenca de drenaje para la comuna de Sacachún es de $A= 0.38$ Km².
- La intensidad de lluvia es 177.8 mm/hr para un periodo de retorno de 50 años.
- Coeficiente de escorrentía superficial $C=0.24$

$$Q = \frac{C * I * A}{3.60}$$

Por lo tanto:

$$Q_{max} = 0.278 * C * i * A$$

$$Q_{max} = 0.278 * 0.24 * 177.8 * 0.38$$

El caudal de diseño determinado a través del método racional se presenta a continuación.

$$Q_{max} = 4.50 \text{ m}^3/\text{s}$$

3.1.5.1 Hidrograma Triangular del SCS

Cuando se desea conocer la respuesta de una cuenca a precipitaciones cortas y homogéneas, se puede utilizar fórmulas empíricas que se basan en las características físicas de la cuenca. La aproximación propuesta por el Soil Conservation Service (S.C.S),

es un hidrograma en forma triangular. Para graficarlo es necesario determinar las coordenadas de la punta y la abscisa final. Para el cálculo del caudal es necesario tener las características de la cuenca, tales como longitud, pendiente, área y precipitación efectiva (Sánchez, n.d.).

A pesar de ser un método simple proporciona datos importantes, los parámetros en los que se basa el hidrograma son: El tiempo base [Tb], coordenada que determina el ancho del triángulo, el tiempo de punta [Tp], corresponde a la coordenada donde se encontrará el caudal máximo [Qp], el procedimiento de cálculo se presenta a continuación.

Tiempo de concentración (Kirpich, 1997).

$$T_c = 0.3 * \frac{L^{0.77}}{S^{0.385}} \quad (3.20)$$

$$T_c = 0.000325 * \frac{1.23^{0.77}}{0.01139^{0.385}}$$

$$T_c = 0.44 \text{ horas}$$

El tiempo de concentración es la duración mínima necesaria para que todos los puntos de la cuenca de drenaje contribuyen al caudal. Para este caso el tiempo de concentración es de 26.4 minutos.

Tiempo de retardo.

$$T_r = 0.6 T_c \quad (3.21)$$

$$T_r = 0.6 * 0.44 \text{ horas}$$

$$T_r = 0.26 \text{ horas}$$

El tiempo de retardo representa el tiempo necesario para que toda la cuenca intervenga en la formación de la escorrentía. El tiempo de retardo del proyecto es de 15.6 minutos.

Duración de la lluvia.

$$D = 2 * \sqrt{T_c} \quad (3.22)$$

$$D = 2 * \sqrt{0.44}$$

$$D = 1.33 \text{ horas}$$

La duración de la precipitación es de una hora con 20 minutos

Tiempo de la punta.

$$T_p = \frac{D}{2} + T_r \quad (3.23)$$

$$T_p = \frac{1.33}{2} + 0.26$$

$$T_p = 0.925 \text{ horas}$$

El tiempo punta en este método representa el tiempo en que se presenta el caudal máximo, correspondiente a una tormenta de diseño. El resultado obtenido indica que el caudal máximo se presentará a los 55 minutos, de iniciado la escorrentía.

Tiempo base.

$$T_b = \frac{8}{3} * T_p \quad (3.24)$$

$$T_b = 2.67 * 0.925$$

$$T_b = 2.5 \text{ horas.}$$

El tiempo base representa la duración total del escurrimiento directo, los cálculos nos dicen, que el intervalo de tiempo entre el comienzo y fin de la escorrentía es de 2.5 horas.

Caudal punta.

Para el cálculo del caudal punta el método hace uso de las características físicas de la cuenca.

Longitud de la cuenca

$$L = 1.228 \text{ Km}$$

Pendiente media del terreno

$$S = 0.0105$$

Área de la cuenca

$$A = 0.38 \text{ Km}^2$$

Adicional, a estos datos es necesario determinar la precipitación neta, este parámetro es calculado basándose en la precipitación máxima probable con un periodo de retorno de 50 años ($P=145.44$ mm), obtenida del estudio estadístico, y la abstracción inicial u ($P_o=51.84$ mm), calculada con el número de curvas CN.

$$Pn = \frac{(P-P_0)^2}{P+4P_0} \quad (3.25)$$

$$Pn = 24.84 \text{ mm}$$

$$Qp = 0.208 * \frac{Pn * A}{Tp}$$

$$Qp = 0.208 * \frac{24.84 * 0.38}{0.925}$$

$$Qp = 2.13 \frac{m^3}{s}$$

El caudal máximo obtenido a través del método de SCS es de $2.13 \frac{m^3}{s}$.

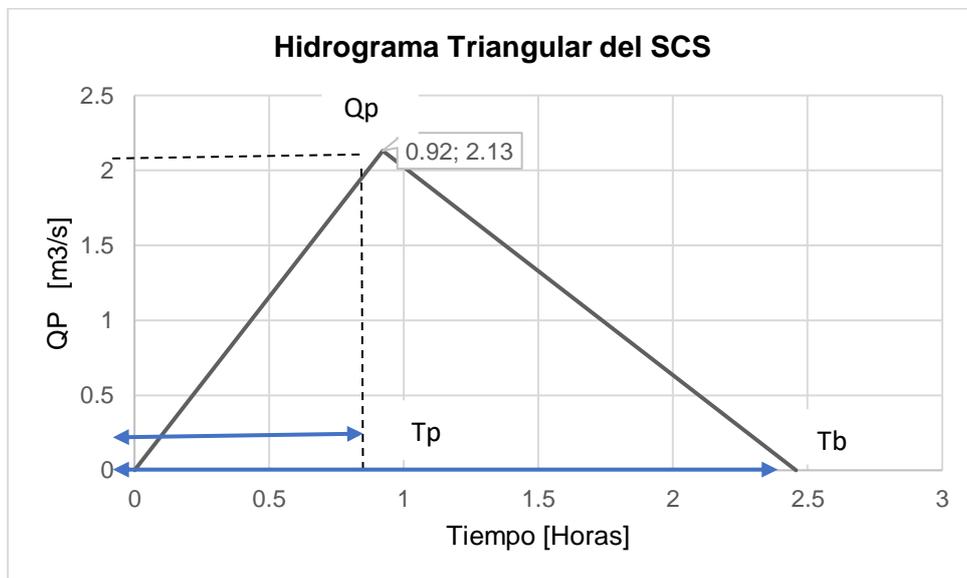


Figura 3.20 Hidrograma Triangular del SCS.

Fuente. Mullo, A. & Oquendo, C., 2021

Con base en las relaciones de hidrograma unitario T/Tp y Q/Qp , y los datos de tiempo y caudal punta, se puede elaborar el hidrograma efectivo, el cual representa la precipitación que genera escorrentía directo (Cedeño et al., 2016).

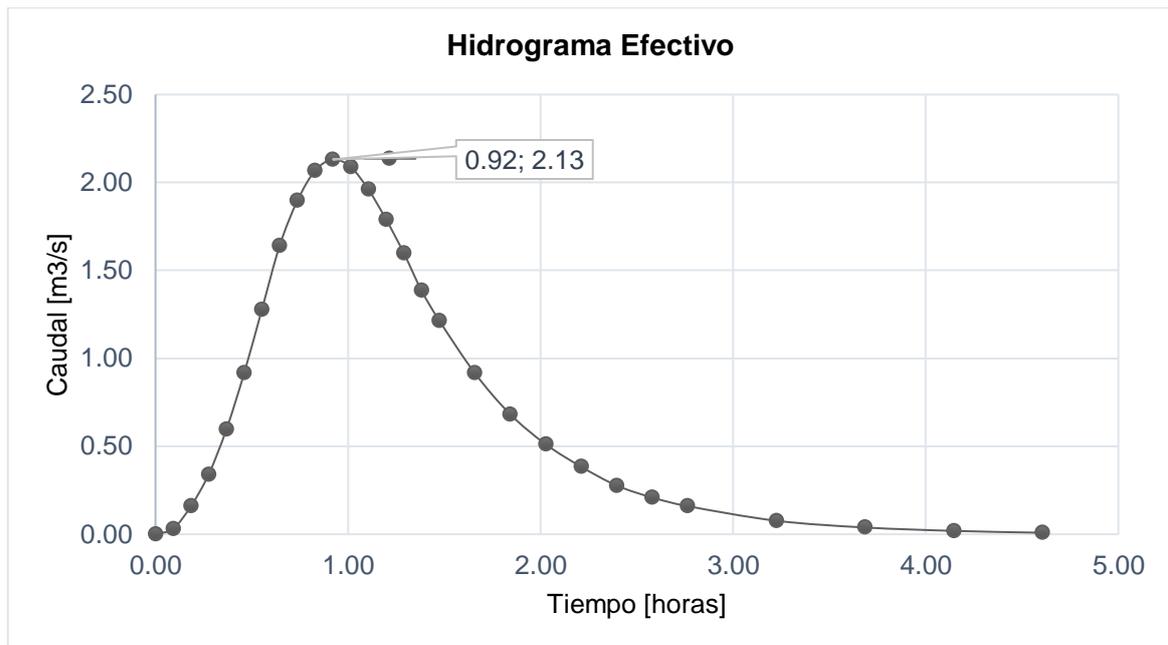


Figura 3.21 Hidrograma efectivo.

Fuente. Mullo, A. & Oquendo, C., 2021

El valor obtenido por el método de SCS difiere del método racional, en un 52.66%.

El diseño de la presa y del aliviadero se lo realizará con el caudal obtenido con el método racional, considerando que este valor es más conservador y nos proporciona mayor seguridad.

3.1.5.2 Cálculo de Volumen de agua.

Para promover la agricultura en la región, se debe calcular el volumen de agua generado por las precipitaciones. Esto permitirá a la comuna realizar un seguimiento de la cantidad de este recurso y administrarlo adecuadamente en las diversas actividades de agricultura o ganadería.

La posibilidad de almacenar agua producto de la precipitación depende de muchas variables, como las precipitaciones y las características físicas de la cuenca de drenaje.

La precipitación es un factor aleatorio e incontrolable, que puede presentar variabilidad, año tras año, impidiendo determinar con exactitud el volumen de agua que se producirá.

Los estudios estadísticos pueden reducir la incertidumbre de las precipitaciones y determinar un volumen de agua esperado. Este valor se calcula a partir de los registros de precipitaciones anuales, utilizando el método de Critchley y Siegert, 1996.

Para asegurar el abastecimiento de agua se requiere calcular el volumen con una probabilidad de excedencia del 75%, lo que significa precipitaciones frecuentes y fáciles de ser superadas. Para proyectos de captación no se recomienda calcular la disponibilidad de agua a través de una precipitación promedio, debido a que este valor únicamente garantiza que, en la mitad de los años, se embalse el volumen establecido. En regiones semiáridas o húmedas, en donde existe alta variabilidad de precipitaciones, se recomienda trabajar con probabilidades mayores al 80% o 90%.
(Food and Agriculture Organization FAO, 2013)

El método de para estimar el volumen generado por las lluvias, consiste primero en ordenar los valores de precipitación de manera decreciente, posteriormente se los enumera y se calcula la probabilidad de excedencia. Para realizar este cálculo se utiliza la siguiente fórmula.

$$P(\%) = \frac{m-0.375}{N+0.25} * 100 \quad (3.26)$$

Donde:

$P =$ probabilidad %

$m =$ Número de orden

$N =$ Número total de observaciones

Precipitaciones [mm]	Número de Orden "m"	Probabilidad
2071	1	3%
947	2	8%
653	3	14%
644	4	19%
602	5	24%
514	6	29%
406	7	34%

312	8	40%
290	9	45%
264	10	50%
261	11	55%
251	12	60%
247	13	66%
241	14	71%
165	15	76%
160	16	81%
136	17	86%
134	18	92%
127	19	97%

Tabla 3.21 Probabilidad de excedencia.

Fuente. Mullo, A. & Oquendo, C., 2021

A través de los valores obtenidos se establece una curva de tendencia, que define una ecuación, que correlaciona la probabilidad de excedencia y el volumen de precipitaciones.

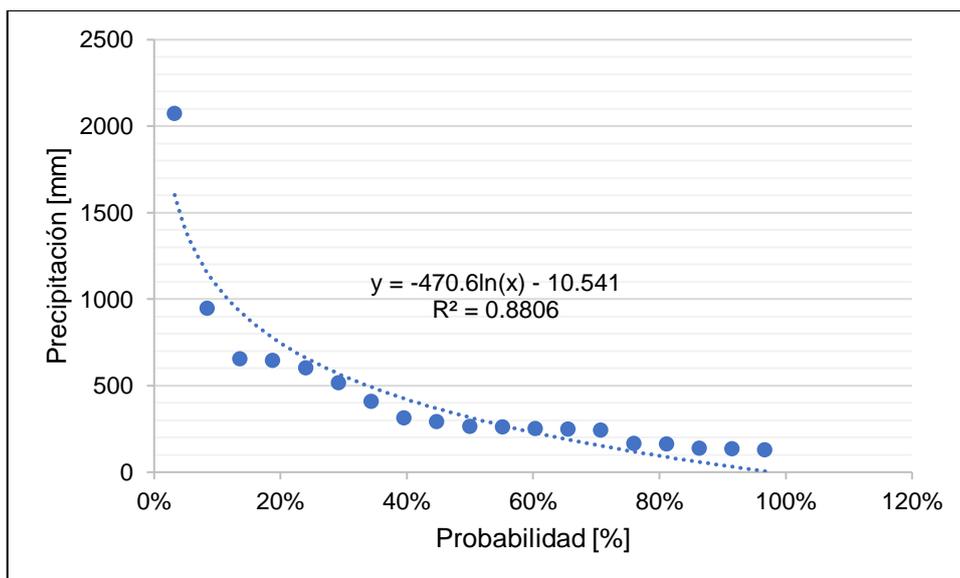


Figura 3.22 Probabilidad vs. Precipitación

Fuente. Mullo, A. & Oquendo, C., 2021

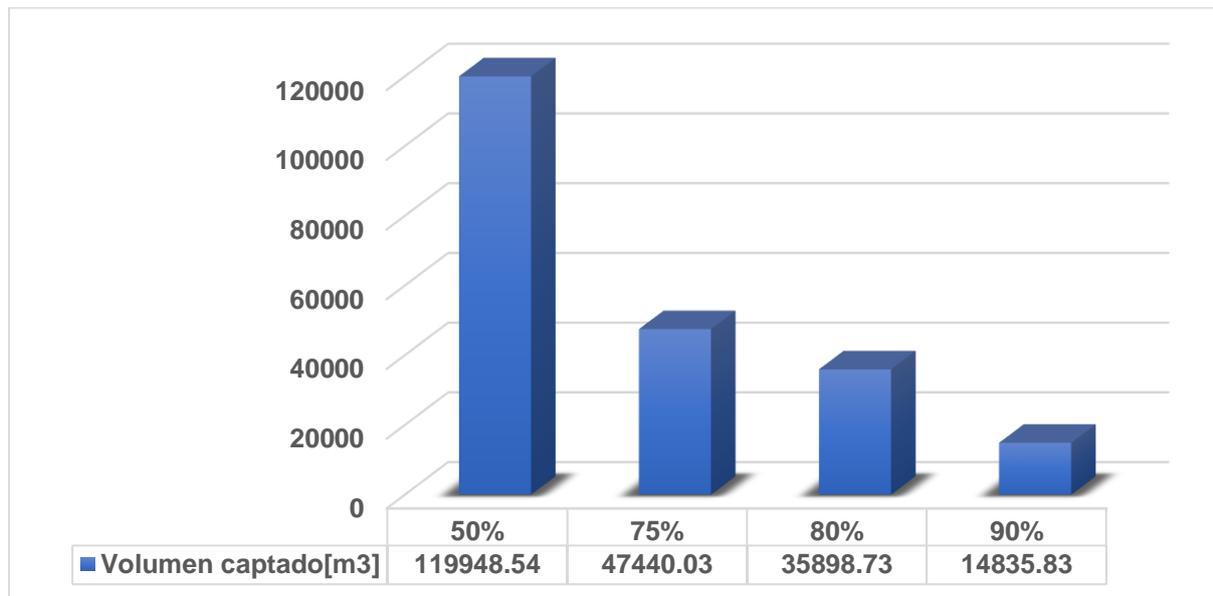


Figura 3.23 Volumen de agua anual, para diferentes niveles de probabilidad
Fuente. Mullo, A. & Oquendo, C., 2021

Con una probabilidad de excedencia del 75%, se determina que el volumen de agua probable que captará la presa es de 47,440.03 m³, lo cual representa más de la mitad de la capacidad de la presa colinar, por tanto esta podrá ser utilizada después del primer año de implementación.

3.1.6 Diseño de la Presa

Mediante el levantamiento topográfico, la caracterización geológica, el análisis hidrológico e hidráulico, se identificó en el terreno el sitio de cierre, es decir el área para el emplazamiento de la Presa.

El sitio elegido es el que presenta la menor longitud posible del eje de presa y además el que presenta las mejores características de los empotramientos. Otra característica importante es la ubicación del aliviadero u obra de excedencias, que en el presente caso se tiene en el empotramiento derecho, ya que allí se tienen las mejores características topográficas y la distancia más corta para descargar los caudales de exceso al mismo riachuelo.

3.1.6.1 Ubicación del eje de presa con coordenadas

El eje de presa se define mediante dos puntos, con las siguientes coordenadas:

A, en el empotramiento izquierdo: 563041.270 E

9749376.950 N

B en el empotramiento derecho: 563042.043 E

9749311.033 N

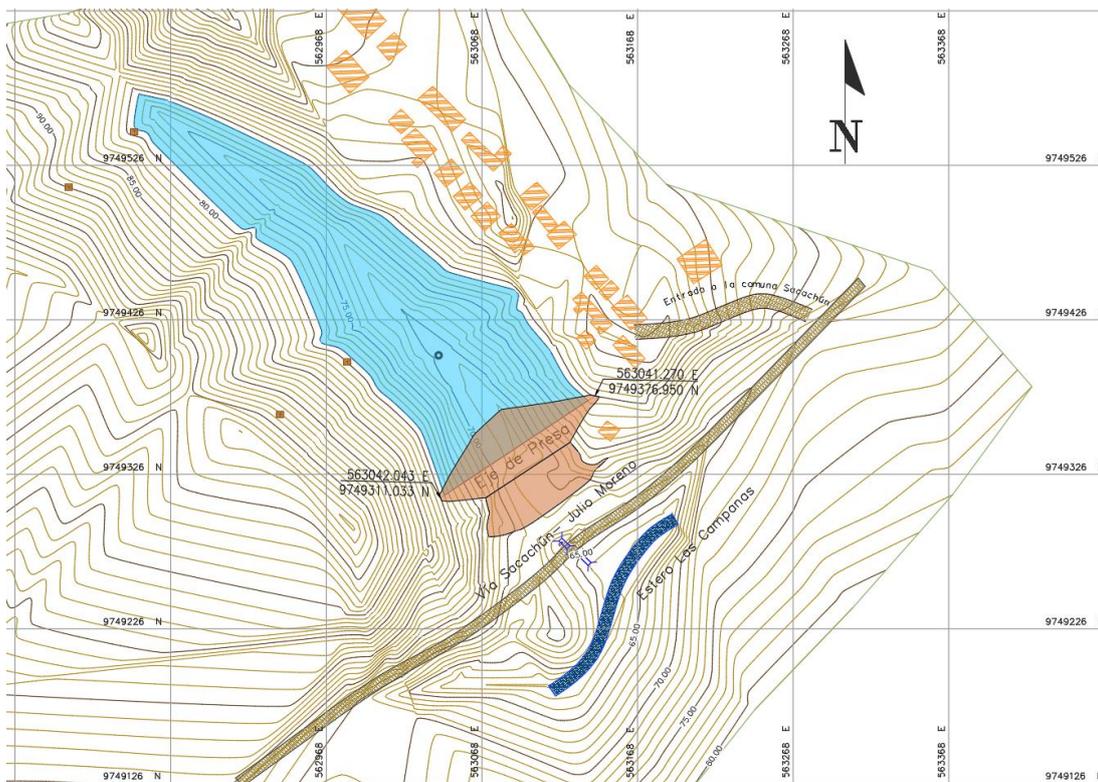


Figura 3.24 Ubicación del eje de la presa. Vista en planta del vaso y eje de la presa, además la ubicación del aliviadero.

Fuente. Mullo, A. & Oquendo, C., 2021

Además, la ubicación mostrada en la figura 3.24 está próxima a una alcantarilla que permitirá evacuar caudales en exceso que serán escurridos mediante un canal trapezoidal de tierra implantado sobre el cerro derecho de la presa colinar.

3.1.6.2 Dimensionamiento del cuerpo de la presa

Para el diseño de la presa colinar, se estableció una altura de 10 metros medida desde la cimentación hasta la corona de la obra hidráulica. Además, se definió un borde libre de 1 metro con el objetivo de evitar el desborde sobre la corona. Por lo tanto, la corona

VISTA EN PLANTA PRESA COLINAR

Escala 1:750

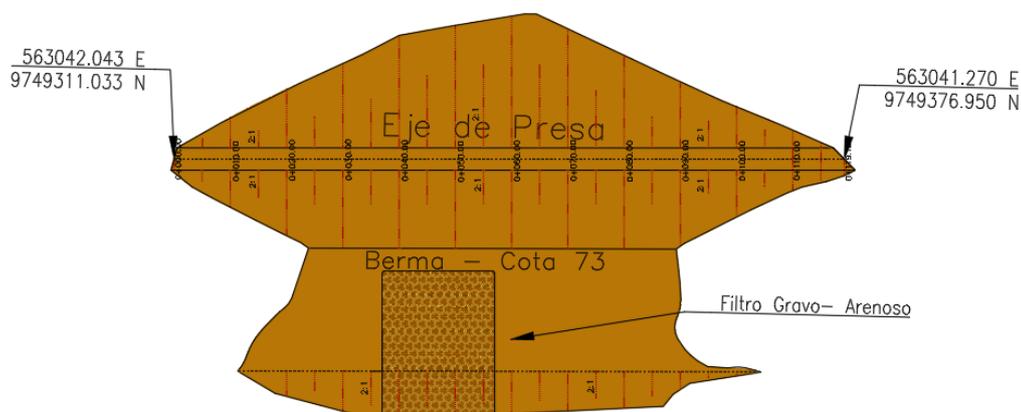


Figura 3.26 Vista en planta de sección típica del cuerpo de presa

Fuente. Mullo, A. & Oquendo, C., 2021

Para el diseño de presa de tierra se sugieren taludes en un intervalo de 2H:1V a 4H:1V con el propósito de brindar estabilidad durante el periodo de vida útil de la obra. La pendiente de los taludes aguas arriba y aguas abajo depende de la naturaleza de los materiales. Según la figura 3.27, el USBR sugiere una relación de taludes, para terraplenes conformados por arena limosa (SM), de 2.5H:1V para el talud aguas arriba y 2H:1V para el talud aguas abajo.

Case	Type	Purpose	Subject to rapid drawdown ¹	Soil classification ²	Upstream slope	Downstream slope
A	Homogeneous or modified-homogeneous	Detention or storage	No	GW,GP,SW,SP	Pervious, unsuitable	
				GC,GM,SC,SM	2.5:1	2:1
				CL,ML	3:1	2.5:1
				CH,MH	3.5:1	2.5:1
B	Modified-homogeneous	Storage	Yes	GW,GP,SW,SP	Pervious, unsuitable	
				GC,GM,SC,SM	3:1	2:1
				CL,ML	3.5:1	2.5:1
				CH,MH	4:1	2.5:1

Figura 3.27 Relación de taludes sugerido por USBR según el tipo de presa y clasificación de material.

Fuente. Mullo, A. & Oquendo, C., 2021

Según los resultados del ensayo de corte directo, para la muestra más crítica, indican que el material compactado tiene un ángulo de fricción de 33 grados. Por lo tanto, se estableció una relación de taludes para aguas arriba y debajo de 2H:1V. Además, se definió que el cuerpo de la presa contará con una ataguía en la cota 73 msnm, tendrá una longitud de 22 metros y una relación de taludes 2H:1V. Posteriormente se realizará el análisis de estabilidad de la obra hidráulica para corroborar que relación de taludes establecida y la implementación de una ataguía nos garantiza un factor de seguridad satisfactorio.

Para asegurar la unión de la presa con el cimiento rocoso, se implementará un dentellón rectangular perpendicular al flujo de agua en el vaso de la presa. Este elemento será excavado con un ancho de 1 metro y una profundidad de 2 metros y se rellenará con arcilla transportada.

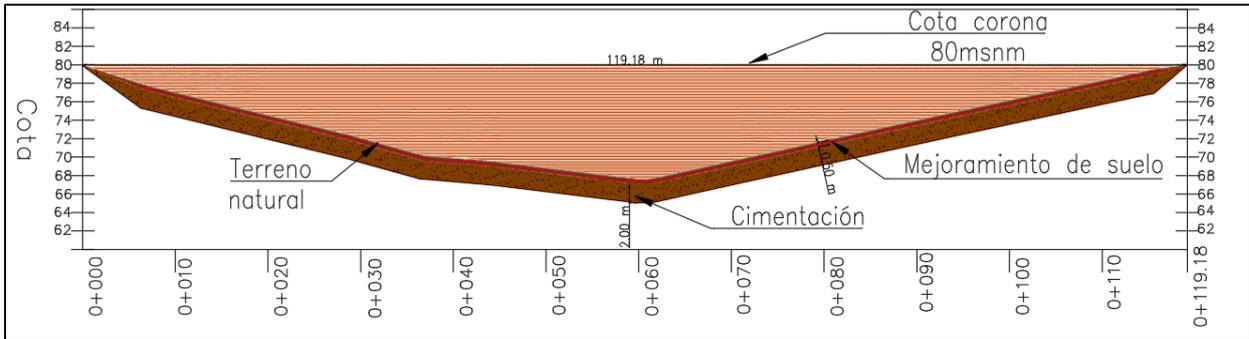


Figura 3.28 Perfil transversal del lugar de implantación del eje de la presa.

Fuente. Mullo, A. & Oquendo, C., 2021

Según la tabla 3.22, se requiere de un volumen total de 22329.00 m³ de material excavado en el vaso de la presa para conformar el cuerpo de la obra hidráulica.

ABSCISA	ÁREA CUERPO [m ²]	VOL. RELLENO CUERPO [m ³]
0+000.000	0.41	0.00
0+010.000	30.45	154.31
0+020.000	102.18	663.16
0+030.000	229.12	1656.5

0+040.000	358.03	2935.78
0+050.000	377.26	3676.48
0+060.000	394.47	3858.66
0+070.000	336.01	3652.41
0+080.000	236.41	2863.41
0+090.000	108.1	1723.83
0+100.000	47.47	777.82
0+110.000	13.24	303.56
0+119.180	0.50	63.08
	TOTAL	22329.00

Tabla 3.22 Volumen de tierra para la conformación del cuerpo presa.

Fuente. Mullo, A. & Oquendo, C., 2021

3.1.7 Capacidad de almacenamiento

Mediante las curvas de nivel, obtenidas previamente en el levantamiento topográfico, se puede calcular el volumen de embalse desde la cota más baja en el vaso de la presa hasta la cota de embalse en el nivel 79 msnm. A continuación, se adjunta la tabla del cálculo de volúmenes.

COTA	ÁREA PARCIAL [m²]	ÁREA PROMEDIO [m²]	VOLUMEN [m³]
70	-	-	-
71	1788.94	894.47	894.47
72	3695.74	2742.34	2742.34
73	5822.92	4759.33	4759.33
74	8265.23	7044.075	7044.08
75	10939.74	9602.485	9602.49
76	13712.019	12325.8795	12325.88
77	16685.372	15198.6955	15198.70
78	19711.433	18198.4025	18198.40
79	22782.13	21246.7815	21246.78
		Total	92012.46

Tabla 3.23 Capacidad de almacenamiento de la presa Sacachún.

Fuente. Mullo, A. & Oquendo, C., 2021

Finalmente, en el vaso de la presa se estimó una capacidad de embalsamiento de 92012.46 m³. Es importante recalcar que este volumen puede incrementarse debido al volumen de excavación para conformar el cuerpo de la presa. Por lo tanto, el volumen total de embalse será 114341.46 m³.

3.1.8 Diseño de aliviadero

En ningún caso una presa de tierra puede ser desbordada, por lo que se debe diseñar una solución de protección hidráulica del cuerpo de presa que se denomina aliviadero. Dada las características hidrológicas de la pequeña subcuenca de drenaje se estima que el aliviadero solo funcionara en ciertos años y periodos lluviosos excepcionales.

Para el diseño del aliviadero se determinó que la estructura tendría una sección transversal trapezoidal y sería un canal superficial con recubrimiento vegetal (aliviadero de tierra). Esta estructura hidráulica será diseñada para soportar un caudal con un periodo de retorno de 50 años.

El objetivo del aliviadero del proyecto es controlar el excedente de agua, que se genera en las temporadas lluviosas, encausándolo y dirigiéndolo hasta un sumidero que se encuentra aguas abajo de la presa.

Cálculo de la geometría del Canal

El diseño del aliviadero comienza definiendo las ecuaciones de perímetro y área para una sección trapezoidal.

Área

$$A = (b + zy) * y \quad (3.28)$$

Perímetro

$$P = b + 2y\sqrt{(1 + z^2)} \quad (3.29)$$

En donde:

b = Ancho de solera del canal

$z =$ *Relación de talud*

$y =$ *Altura de agua*

El caudal de diseño utilizado en el estudio será el obtenido por el método racional ($Q=4.5 \text{ m}^3/\text{s}.$), además considerando que el canal tendrá un recubrimiento vegetal, se asume una velocidad máxima permitida de $1.80 \text{ m/s}.$

Cálculo del vertedero aplicando Manning

Se aplicó las ecuaciones propuestas por Manning, para determinar, los parámetros como tirante hidráulico, ancho de fondo del canal y altura. A continuación, se presenta la ecuación de Manning.

$$Q = \frac{1}{n} * A * Rh^{\frac{2}{3}} * S^{\frac{1}{2}} \quad (3.30)$$

En donde:

$Q =$ *Caudal de diseño*

$n =$ *rugosidad equivalente de Manning*

$A =$ *Área de sección transversal del canal*

$S =$ *Pendiente de diseño*

$Rh =$ *radio hidráulico*

Para aplicar esta ecuación primero es necesario realizar algunas sustituciones. Una de ellas es el radio hidráulico, el cual puede ser definido en función del área y el perímetro.

$$Rh = \frac{A}{P} \quad (3.31)$$

Al sustituir esta igualdad en la ecuación original, nos da como resultado la ecuación de Manning modificada.

$$\frac{Q*n}{S^{\frac{1}{2}}} = A * Rh^{\frac{2}{3}} \quad (3.32)$$

Entonces, considerando que los taludes del canal tendrán una relación 1H:1V, una pendiente $S=0.04$ y debido a que es un canal excavado con recubrimiento vegetal, posee una rugosidad de Manning $n=0.033$. (*Ven-te Chow*)

Para realizar un diseño óptimo del canal se considera que el tirante de agua sea la mitad del ancho del canal.

$$Y = b/2 \quad (3.33)$$

Al reemplazar estas consideraciones en las fórmulas del área y perímetro, las ecuaciones son reducidas, quedando en función de una sola variable.

Ecuación del área

$$A=(b+zy) *y$$

$$A = \frac{3}{4} b^2$$

Ecuación del perímetro

$$P = b + 2y\sqrt{(1 + z^2)}$$

$$P = b + b * \sqrt{1 + 1^2}$$

$$P = 2.41 * b$$

Finalmente se sustituyen los valores en la ecuación de Manning, dejando toda la expresión en función del ancho del fondo del canal.

$$\frac{Q * n}{S^{(1/2)}} = A * \left(\frac{A}{P}\right)^{2/3}$$

$$\frac{4.5 * 0.033}{0.04^{(1/2)}} = \frac{3}{4} * b^2 * \left(\frac{\frac{3}{4} b^2}{2.41 * b}\right)^{2/3}$$

$$0.742 = 0.344 * b^{8/3}$$

$$b = 2.18^{3/8}$$

$$b = 1.34 \text{ metros}$$

El ancho de canal obtenido es de 1.38 m, por motivos de facilidad constructiva se adoptó un valor de 1.5 m.

$$b \cong 1.5 \text{ metros}$$

Altura del tirante del agua

El tirante de agua se calcula a través de la consideración inicial.

$$Y = \frac{b}{2}$$

$$Y = \frac{b}{2} = \frac{1.50}{2} = 0.75 \text{ metros}$$

Entonces, considerando que el tirante sería la mitad del ancho del canal, la ecuación da como resultado 0.75 metros. Al considerar un borde libre 0.4 cm la altura total del canal será de H=1.2 m.

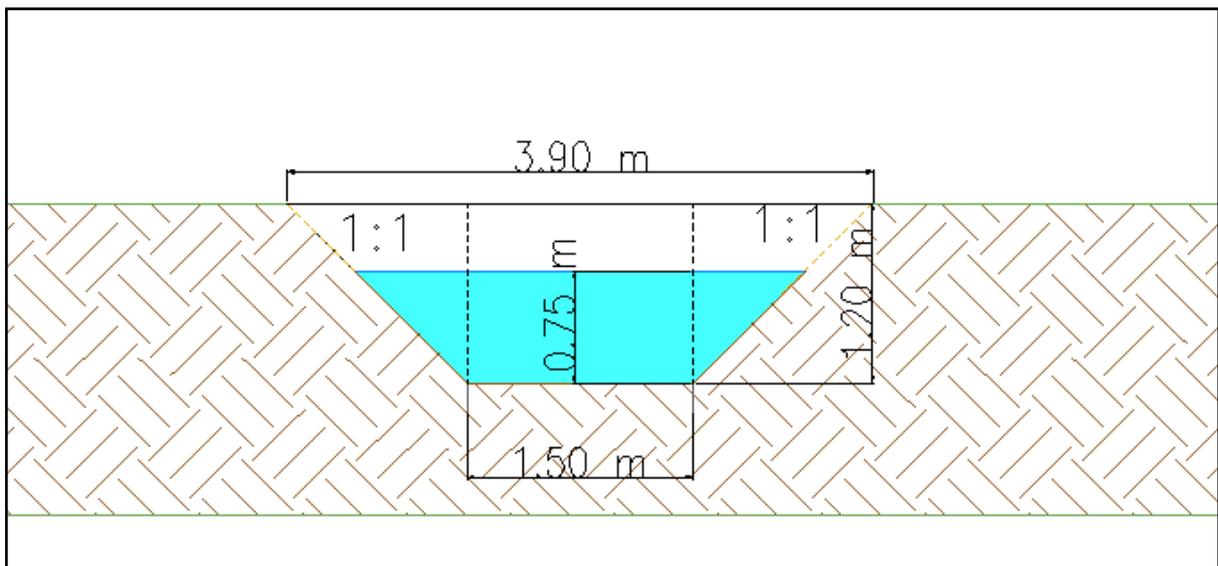


Figura 3.29 Sección típica del canal aliviadero.

Fuente. Mullo, A. & Oquendo, C., 2021

3.1.9 Análisis de estabilidad de taludes

El análisis de estabilidad de taludes se realizó considerando un talud finito bajo los conceptos del método de equilibrio límite, en el cual se debe determinar el equilibrio de una masa de suelo asumiendo un deslizamiento en su plano de corte. En el método empleado, la masa de suelo actúa como un cuerpo rígido y para su análisis se divide en un número finito de dovelas y se analiza la estabilidad de cada una.

La estabilidad de taludes se evalúa mediante el factor de seguridad que representa “la magnitud en que debe ser reducida la resistencia al corte del suelo para que se produzca el deslizamiento a lo largo de la superficie más desfavorable” (Armas & Horta, 1987).

La Norma Ecuatoriana de Construcción en el capítulo de geotecnia y cimentaciones (NEC-SE-GC, 2015), indica que para un talud estable el factor de seguridad FS debe ser igual o mayor a 1.5 en condiciones estáticas. Adicionalmente para condiciones pseudo-estáticas, es decir, considerando fuerzas sísmicas, con el valor de la aceleración máxima probable se admite un FS mayor o igual a 1.05.

3.1.9.1 Descripción de software Galena

Galena es un software para análisis de estabilidad de taludes desarrollado para resolver problemas geotécnicos del mundo ingenieril. El programa ofrece tres métodos de análisis de estabilidad para análisis de suelos o rocas:

- El método BISHOP simplificado para superficies de falla circulares;
- El método SPENCER-WRIGHT para superficies de falla circulares y no circulares;
- El método SARMA para problemas en los que se requieren cortes no verticales o para problemas de estabilidad más complejos. (Clover Technology, 2003)

3.1.9.2 Modelado del terreno en condiciones estáticas

Para el análisis de estabilidad en GALENA se utilizó el método de Spencer Wright. Como variables de entrada se ingresaron los resultados obtenidos de ángulo de fricción, cohesión, peso volumétrico del material y geometría del cuerpo de la presa.

Para modelar el primer estado de carga, se consideró que la presa se encuentra en condiciones estáticas, se consideró el máximo nivel de agua en el embalse y una superficie de falla en el talud aguas abajo. Se obtuvo un factor de seguridad FS de 1.76, indicando que la obra hidráulica es estable en estas condiciones.

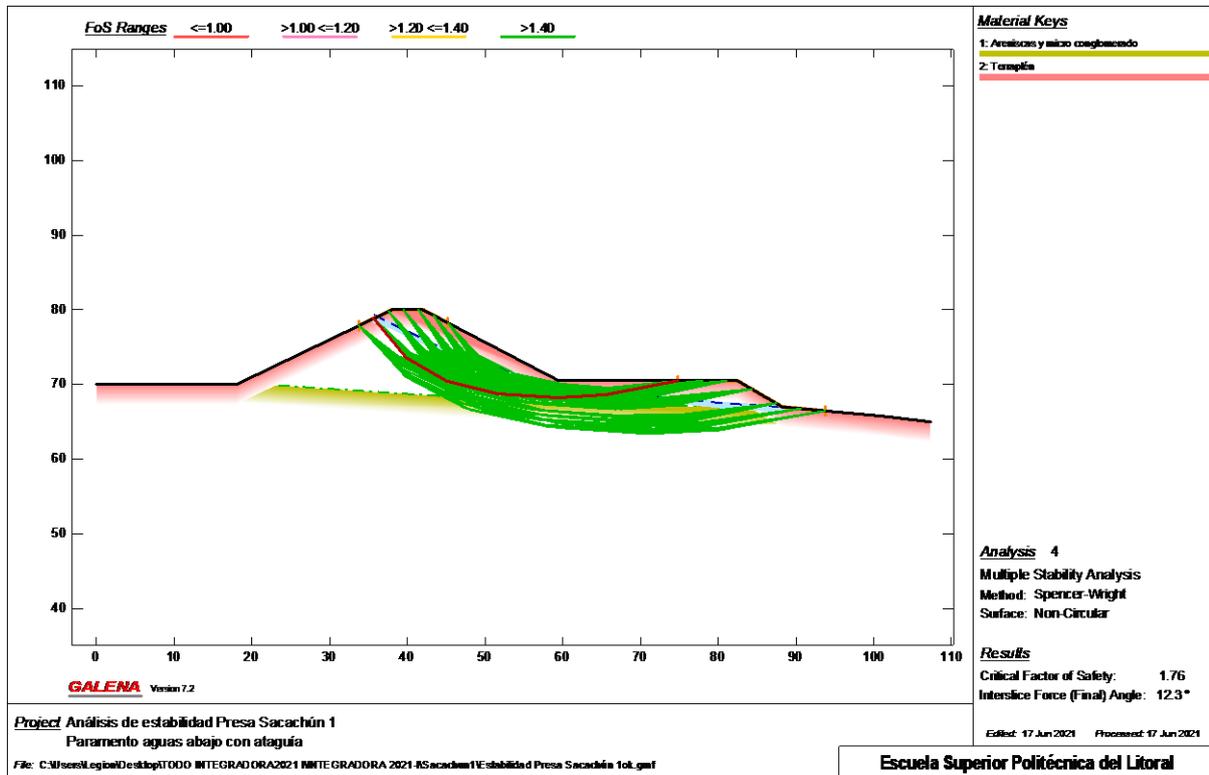


Figura 3.30 Modelación en el software Galena la estabilidad del talud aguas abajo en condiciones estáticas.

Fuente. Mullo, A. & Oquendo, C., 2021

3.1.9.3 Modelado en condiciones pseudo- estáticas

Se realizó una segunda corrida en condiciones de sismo. En este estado se debe considerar un factor z que expresa la máxima aceleración representada en fracción de la gravedad. La Norma Ecuatoriana de la Construcción en la edición 2015 presenta la zonificación sísmica del país con los niveles de peligro en diferentes regiones del Ecuador.

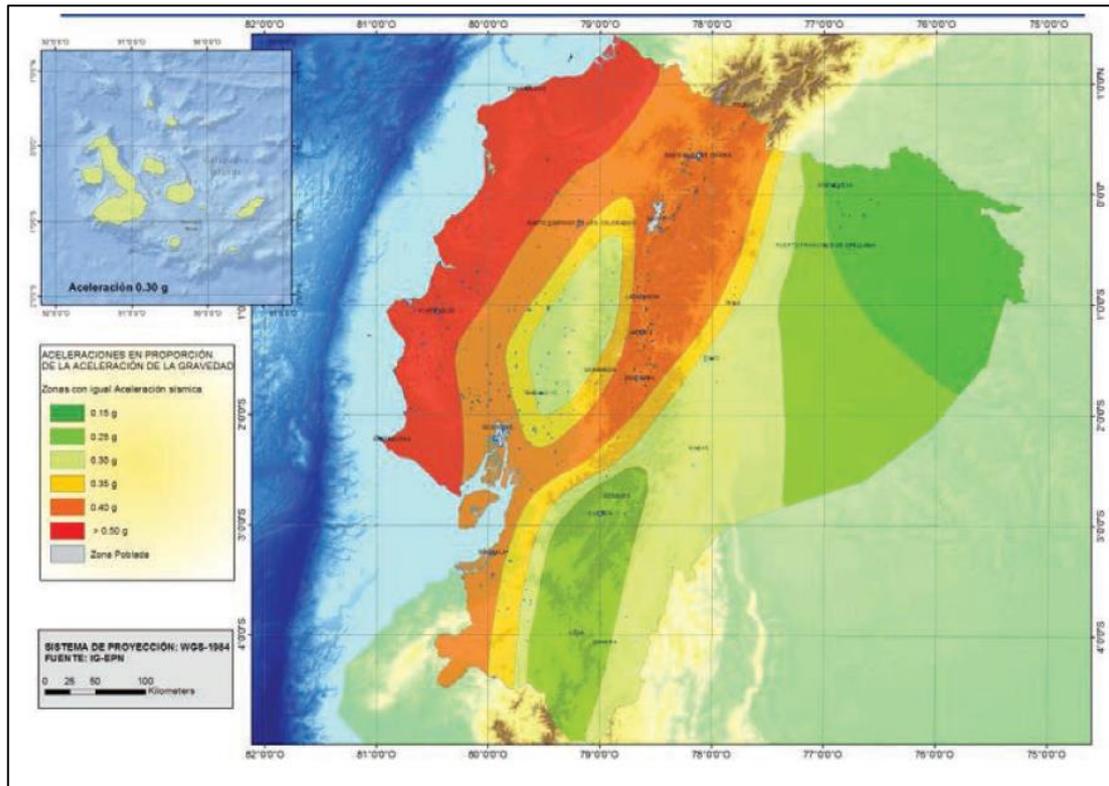


Figura 3.31 Mapa de zonificación sísmica del Ecuador.

Fuente. (NEC-SE-GC, 2015)

Como se observa en el mapa de la figura 3.31, la zona costera presenta la mayor amenaza sísmica y por ende la comuna Sacachún, perteneciente a la provincia de Santa Elena, también presenta un alto peligro sísmico con una aceleración máxima del suelo (PGA) de 0.5g.

Para el análisis pseudo- estático, se consideró el 40 % de la aceleración máxima del suelo.

$$Kh = 0.4 * PGA \quad (3.34)$$

$$Kh = 0.4 * 0.6$$

$$Kh = 0.24$$

Aplicando las condiciones previamente descritas, se obtiene un factor de seguridad de 1.10 y 1.09 para aguas arriba y aguas abajo respectivamente, valores mayores al factor

de seguridad mínimo de 1.05 establecido por la NEC 2015, lo cual nos garantiza una estabilidad del cuerpo de la presa en condiciones sísmicas.

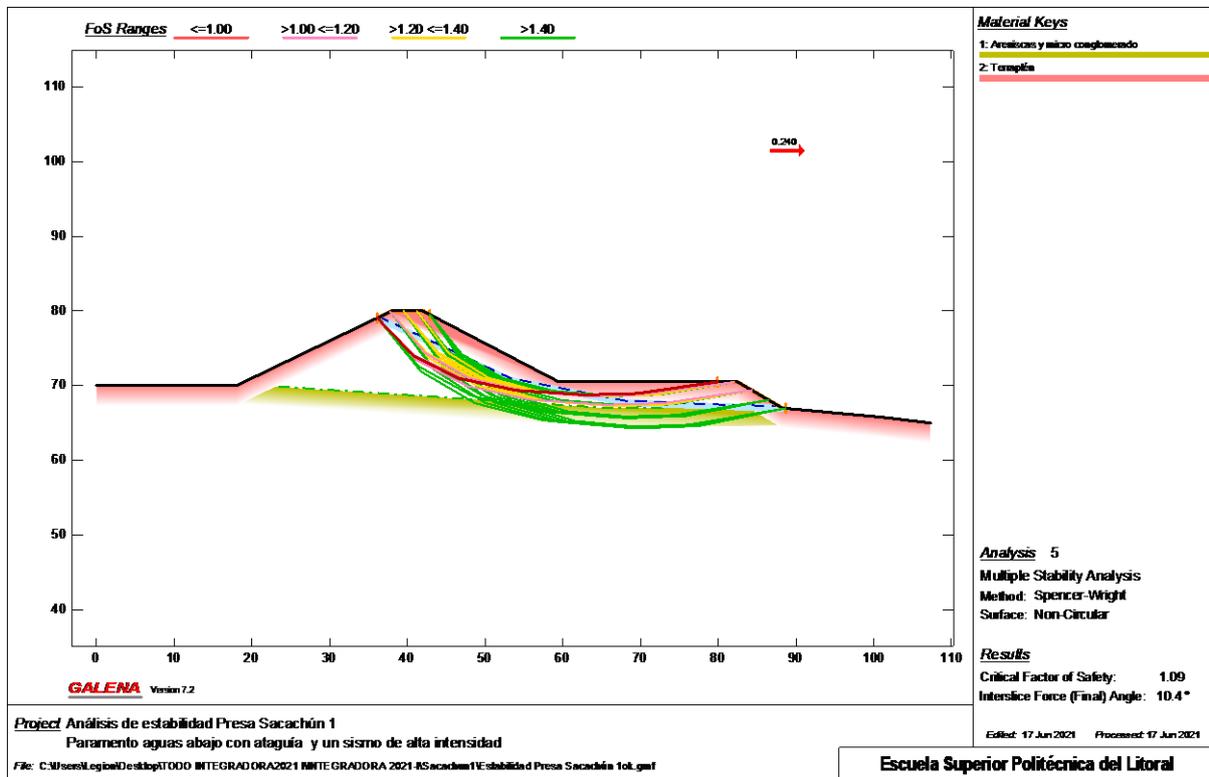


Figura 3.32 Modelación en el software Galena la estabilidad del talud aguas abajo en condiciones pseudo-estáticas.

Fuente. Mullo, A. & Oquendo, C., 2021

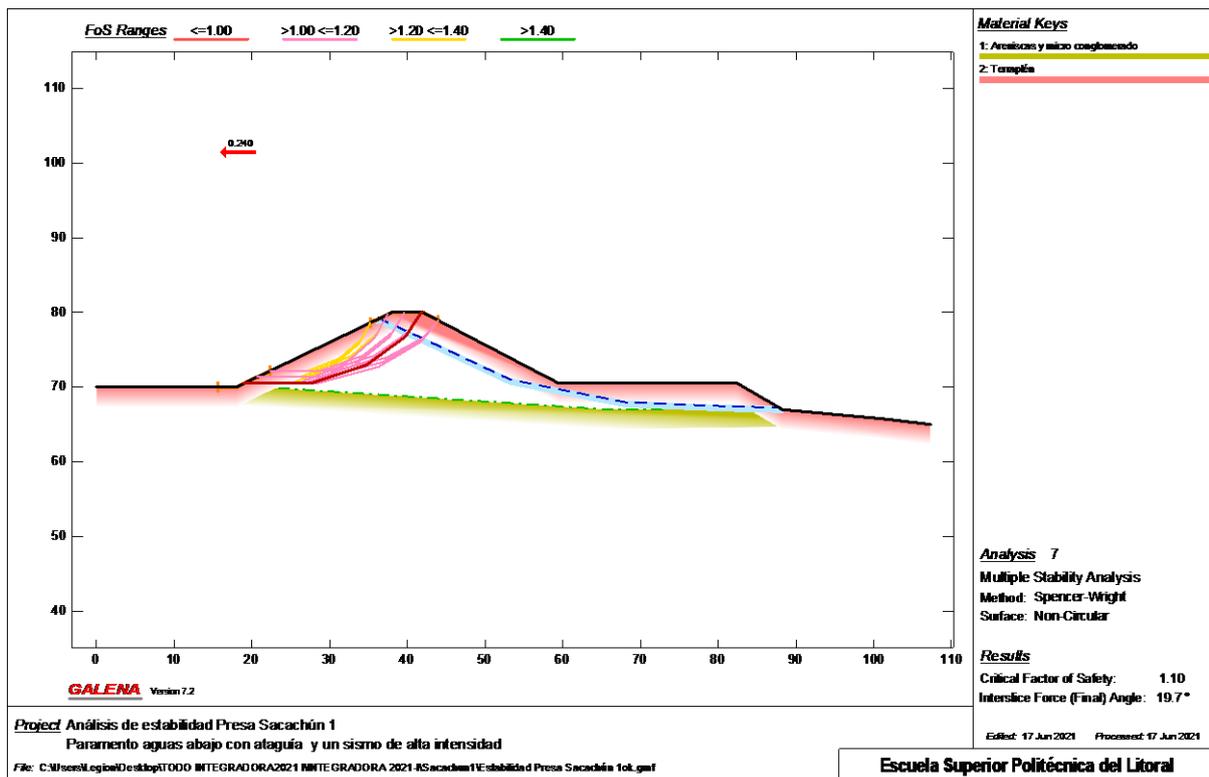


Figura 3.33 Modelación en el software Galena la estabilidad del talud aguas arriba en condiciones pseudo- estáticas.

Fuente. Mullo, A. & Oquendo, C., 2021

3.1.10 Análisis de filtración en el cuerpo de la presa

En este análisis se estimó el caudal que puede infiltrarse en un determinado tiempo, a través del cuerpo de la presa. Para el efecto, se utilizó el método de redes de flujo que consisten en dos soluciones ortogonales de la ecuación fundamental del flujo de agua, también denominada ecuación de Laplace. Estas soluciones matemáticas se denominan líneas de flujo y líneas equipotenciales respectivamente. (Budhu, 2010)

El análisis del gasto de infiltración está basado en la Ley de Darcy (1856) (Das, 2013) que enuncia lo siguiente:

$$Q = k * i * A \tag{3.35}$$

Donde;

k = coeficiente de permeabilidad

$i = \text{gradiente hidr\u00e1ulico}$

$A = \text{\u00e1rea de drenaje}$

La ecuaci\u00f3n 3.35 tambi\u00e9n puede representarse de la siguiente manera para una modelaci\u00f3n bidimensional:

$$\frac{Q}{L} = k * H * \frac{N_f}{N_d} \left[\frac{m^3}{sg} / m \right] \quad (3.36)$$

Donde;

$k = \text{coeficiente de permeabilidad}$

$H = \text{p\u00e9rdida de carga en el flujo}$

$N_f = \text{n\u00famero de l\u00edneas de flujo}$

$N_d = \text{n\u00famero de l\u00edneas equipotenciales}$

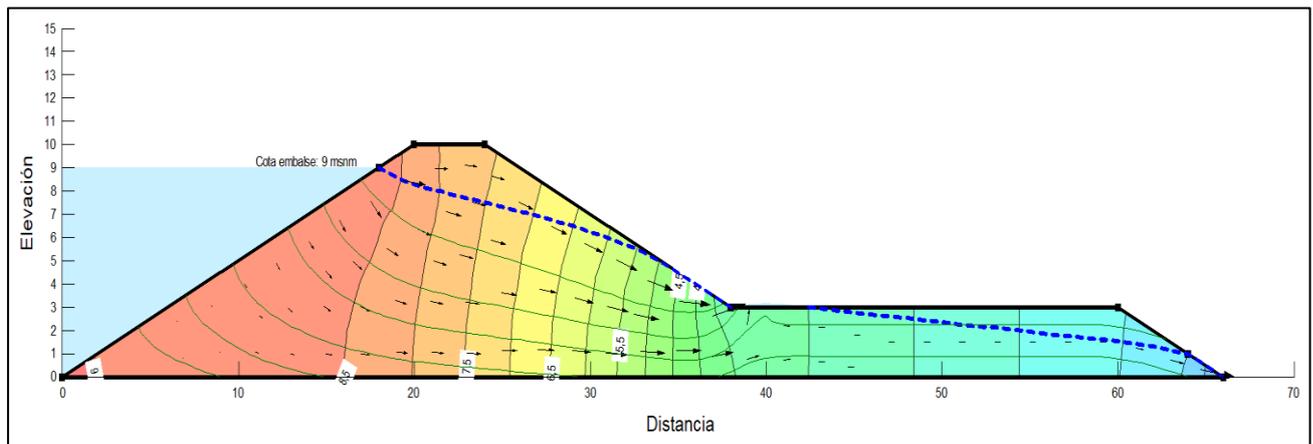


Figura 3.34 Redes de flujo en el cuerpo de la presa.

Fuente. Mullo, A. & Oquendo, C., 2021

Seg\u00fan la geometr\u00eda del cuerpo de la presa, se defini\u00f3 las redes de flujo y la l\u00ednea de saturaci\u00f3n respectiva mostrada con una l\u00ednea azul en la figura 3.34. Para determinar el caudal de infiltraci\u00f3n se utilizaron los siguientes valores:

Coeficiente de permeabilidad k	$6.96 \times 10^{-7} \frac{m}{sg}$
Altura de la presa H	10 m
N_f	7
N_d	18

Tabla 3.24 Datos para el cálculo del gasto de infiltración.

Fuente. Mullo, A. & Oquendo, C., 2021

$$\frac{Q}{L} = k * H * \frac{N_f}{N_d}$$

$$\frac{Q}{L} = 6.96 \times 10^{-7} * 10 * \frac{7}{18}$$

$$\frac{Q}{L} = 2.70 \times 10^{-6} \left[\frac{m^3}{sg} / m \right]$$

$$\frac{Q}{L} = 2.70 \times 10^{-3} \frac{lt}{sg} / m$$

$$Q = 2.70 \times 10^{-3} * 64.5$$

$$Q = 0.17 \frac{lt}{sg}$$

3.1.10.1 Control de filtraciones

Para evitar fallas por filtración se debe garantizar que: la filtración a través del cuerpo de presa es limitada, la línea de saturación se encuentra dentro de la cara del talud aguas abajo, y que el flujo de agua no debe remover ninguna partícula provocando erosiones internas. (Armas & Horta, 1987)

El objetivo de un filtro es proteger al cuerpo de la presa para minimizar en lo posible el arrastre de material fino producido por el flujo del agua a través de la presa colinar. Según la figura 3.34, la línea de saturación converge hacia la ataguía en la cota 73 msnm, lo cual es un indicativo que existirá filtración aguas abajo de la presa que a largo plazo puede provocar falla por deslizamiento.

Para contrarrestar los efectos de filtración de agua a través del cuerpo de la presa se plantea la solución técnica de implementar de un filtro gravo-arenoso que permita evacuar el agua infiltrada y minimizar el riesgo de falla del cuerpo de la presa.

Terzaghi (1929) estableció criterios granulométricos que deben satisfacer las dos condiciones: que minimice la posibilidad del paso de finos producto del flujo de agua y que tenga propiedades de permeabilidad suficientes para evacuar el agua y evitar que se produzca presiones de agua en la superficie del filtro. (Flores & Gaytán, 2005)

$$\frac{D_{15\%}^F}{D_{85\%}^S} < 4 \quad (3.37)$$

$$\frac{D_{15\%}^F}{D_{15\%}^S} > 5 \quad (3.38)$$

Donde

$D_{15\%}^F$ = *diámetro característico del material de filtro. 15% de material pasante*

$D_{85\%}^S$ = *diámetro característico del material de presa. 85% de material pasante*

La ecuación 3.37 garantiza la retención de material fino y la ecuación 3.38 representa que el diámetro de partícula del filtro debe ser 5 veces mayor que el diámetro característico del suelo de la presa a proteger. Utilizando estas relaciones se definió un filtro con material gravo-arenoso con diámetro máximo de 50 mm y arena con una granulometría entre 1 a 2 mm.

3.2 Especificaciones técnicas

Las especificaciones técnicas es un documento imprescindible en la construcción de obras civiles. Su objetivo es brindar información detallada de la adquisición de materiales y procedimientos de obra necesarios para llevar a cabo la construcción de un proyecto. En este apartado se establece lo siguiente:

- Descripción y el procedimiento a seguir de cada rubro.
- Equipos y maquinarias necesaria para llevar a cabo el rubro.
- Ensayos y tolerancias permitidas para aceptar un material en la obra hidráulica.
- Las normas o códigos a seguir en caso de fiscalizar un material o realizar un ensayo de laboratorio o de campo.
- La unidad de medida establecida para fiscalizar la ejecución del rubro y posteriormente proceder a su pago.
- Forma de pago.

Las especificaciones técnicas del proyecto están detalladas en el anexo D

CAPÍTULO 4

4. ESTUDIO DEL IMPACTO AMBIENTAL

El presente capítulo corresponde al Estudio de Impacto Ambiental (EIA), con la finalidad conocer al detalle las actividades planeadas para la construcción del proyecto de ingeniería, y evaluar el impacto que éstas generan en el medio ambiente, seres vivos, recurso agua, aire y suelo. Este EIA busca preservar el medio ambiente, a través de la identificación y evaluación de los posibles riesgos que pueden generarse, por la implementación de la presa colinar; con la finalidad de buscar alternativas y definir acciones de mitigación para los efectos negativos, como también, impulsar los impactos positivos, en la región.

En este capítulo se considerarán todas las fases del proyecto, desde su construcción, operación y abandono, para asegurar que todos los efectos negativos del proyecto sean mitigados, de la mejor manera, reduciendo en lo posible sus impactos negativos.

4.1 Objetivos

Objetivo general

Evaluar el impacto ambiental asociado a la implementación de la presa colinar en la comuna Sacachún, provincia de Santa Elena.

Objetivos específicos

- Determinar el impacto del proyecto, a través de la categorización Ambiental.
- Obtener el certificado ambiental.
- Proponer acciones de mitigación a las afectaciones negativas generadas por la construcción del proyecto de Presa colinar en Sacachún.

4.2 Descripción del proyecto

La comuna de Sacachún, es un poblado localizado en la parroquia Julio Moreno, provincia de Santa Elena. Las bajas precipitaciones y escasas fuentes de agua superficial en la región, ha generado que la comuna tenga un acceso limitado a este

recurso natural. La agricultura y la ganadería son las principales actividades restringidas por esta problemática, lo que compromete el desarrollo económico de la zona y la calidad de vida de sus pobladores.

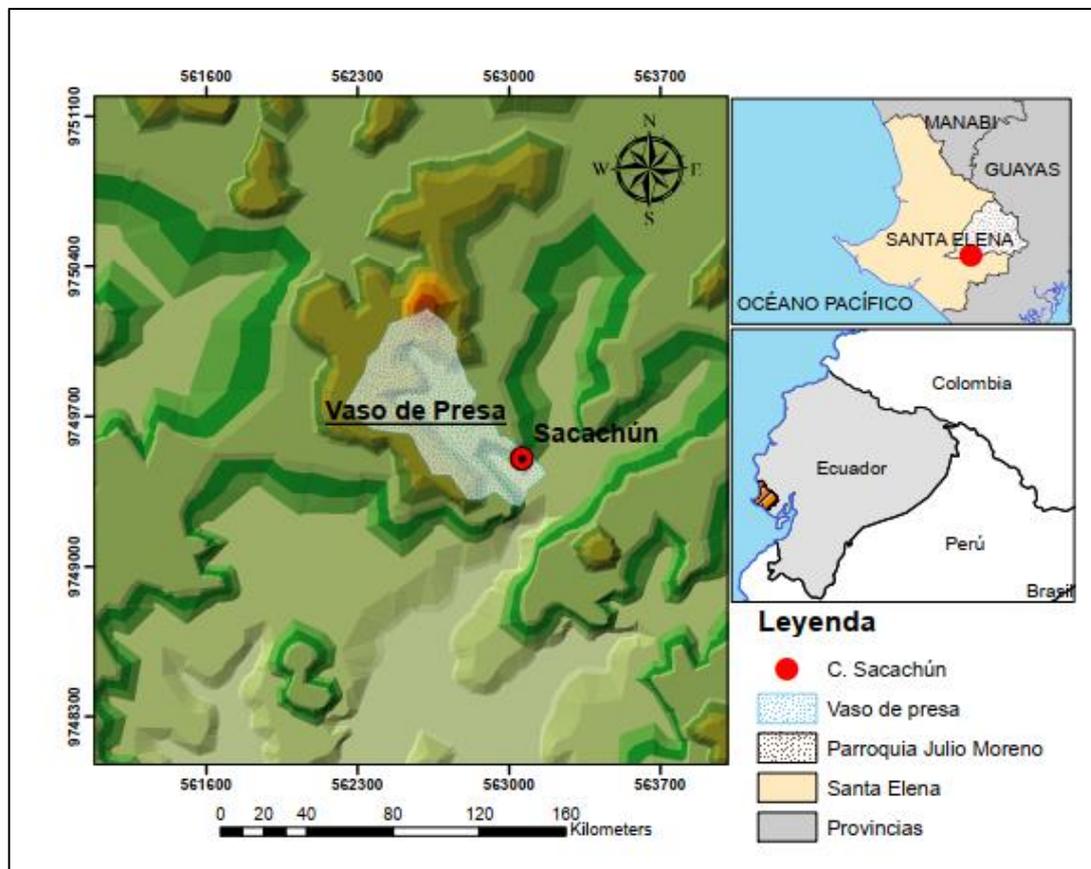


Figura 4.1 Ubicación de la presa colinar.

Fuente. Mullo, A. & Oquendo, C., 2021

Se propone la construcción de una Presa Colinar en la Comuna de Sacachún, para mejorar el acceso al agua. Se proponen tres alternativas de presas, de materiales diferentes. La primera opción es una presa de hormigón armado, la segunda, una presa de hormigón ciclópeo y como tercera alternativa, una presa de tierra.

Las dos primeras alternativas proponen el uso del hormigón como principal elemento de construcción, opciones de alta resistencia, impermeabilidad y fácil moldeado del material. El hormigón es el material más utilizado a nivel mundial, sin embargo, es uno de los más

contaminantes, debido a que su fabricación consume grandes cantidades de agua y genera gases de efecto invernadero.

El transporte de hormigón es otro factor determinante para un proyecto. Esta actividad generará contaminación por emisiones de carbono y altos costos en la obra. Para este proyecto, las hormigoneras más cercanas se encuentran en la ciudad de Guayaquil o Santa Elena, lo que implica una gran distancia de transportación.

La tercera opción es una presa de tierra, esta alternativa aprovecha los materiales de la zona, para la construcción del cuerpo de presa. El grado de compactación de los materiales debe ser suficiente para garantizar estabilidad y filtraciones mínimas en el cuerpo de la presa, en este proceso, el agua es de suma importancia.

En el capítulo 2 se determinó que la opción más viable, desde el punto de vista social, ingenieril y económico, es la construcción de una presa de tierra. El presente capítulo pretende determinar la viabilidad de la implementación de una presa de tierra desde el punto de vista ambiental.

El estudio ambiental considera tres fases, la de construcción, operación y la de abandono. La fase de construcción es la más importante en el proyecto, en esta se conformarán los taludes, se construirá el cuerpo de presa, y se elaborarán las obras complementarias como el aliviadero. En esta fase se generará el mayor impacto ambiental por actividades, tales como: la limpieza del área de trabajo, demolición de estructuras y la generación de desechos sólidos, líquidos y gaseosos.

En la fase de operación se implementará un programa de reforestación, que consiste en la siembra de muyuyo, planta endémica de la región, que contribuirá a la estabilización de los taludes de la presa, adicional a esto, se propone introducir caña guadua, con el objetivo de influir en el clima de la zona e inducir las precipitaciones.

Finalmente, en la fase de abandono se considera todas las actividades para la restauración del terreno y la implementación de proyectos de restauración vegetal

4.3 Línea base ambiental

4.3.1 Medio Natural

4.3.1.1 Medio físico- químico inerte

Clima

La comuna de Sacachún tiene un clima seco, mega térmico o cálido. Presenta periodos climatológicos muy marcados, presentando una estación lluviosa de enero a abril con temperaturas máximas de 28 ° C y un promedio de precipitación anual de 310 mm, mientras que, durante mayo a diciembre se presenta una época seca con bajas temperaturas de hasta 23 ° C. (GAD Parroquial Simón Bolívar, 2015)

Hidrosfera

La provincia de Santa Elena cuenta con grandes cuencas hidrográficas, que nacen en la cordillera de Chongón-Colonche. Aunque existen importantes unidades hidrográficas en la zona, la disponibilidad de agua superficial es baja, por lo que los pozos subterráneos se han convertido en una fuente de agua provisional. (CADS & ESPOL, 2013)

Litosfera

Mediante estudios de laboratorio, se pudo constatar el tipo de suelo que se encuentra en el área de estudio, suelo arenosos-limoso (clasificación SUCS). El material de la zona presenta una baja permeabilidad con un ángulo de fricción interna de 33° y una cohesión promedio de 5.43 KPa.

4.3.1.2 Medio físico biótico

Vegetación y fauna

El sector está conformado principalmente por un bosque seco tropical, con una vegetación tupida, la mayor parte de los terrenos está cubierto principalmente por arbustos y malezas.

Al referirnos, a la fauna, existe una gran variedad de especies como se detalla en la sección 1.5.3 del capítulo 1.

4.3.2 Medio humano

En la actualidad, la comuna de Sacachún es promovida por el GAD de Santa Elena como destino turístico, para lo cual, se desarrollan varios proyectos como la regeneración vial.

Debido a los largos periodos de sequía la comuna carece de fuentes de trabajo. La principal actividad económica del poblado es el comercio ocasional. En esta localidad la educación es deficiente y no cuentan con acceso a la salud, por tales motivos, la población joven de la comuna tiende a migrar a otros cantones, en busca de nuevas oportunidades.

La comuna de Sacachún carece de servicios básicos, como el alcantarillado y agua potable. La falta del sistema de alcantarillado los ha obligado a construir pozos sépticos, los cuales carecen de un proceso de mitigación ambiental.

El abastecimiento de agua potable es a través de tanqueros, que, transportan este recurso desde comunidades aledañas, adicional a esto, los moradores han recurrido a la construcción de un pozo comunal el cual se localiza en el vaso de la presa. Se estima que el acuífero produce hasta dos camiones de agua por día; aunque no exista un estudio de calidad del agua extraída, la comuna utiliza este recurso para consumo animal y algunas actividades diarias.

4.4 Actividades del proyecto

Las actividades que se evaluarán son:

Fase	Labor	Acción
Construcción	Movimiento de tierra	Desbosque y desbroce del terreno Desalojo y disposición final
	Excavación de tierra	Emisión de polvo
	Compactación	Uso del recurso agua Compactación de taludes
	Resto de acciones	Tránsito de maquinaria Generación de agua residuales. Emisión de Gases
Operación	Reforestación de taludes aguas abajo	Ocupación del suelo Introducción de flora Atracción de lluvia
	Extracción de agua	Distribución de agua Agricultura Ganadería
	Mantenimiento de la presa	Limpieza del aliviadero Control de Erosión
Abandono	Labores de restauración	Restauración del terreno
	Uso de suelo	Áreas revegetadas

Tabla 4.1 Árbol de acciones de la Presa Sacachún

Fuente. Mullo, A. & Oquendo, C., 2021

4.5 Identificación de impactos ambientales

4.5.1 Componente abiótico (Aires, agua, suelo, atmósfera)

Fase de construcción.

Esta fase es propensa a generar impactos ambientales.

Aire

La contaminación del aire se produce por procesos como: el desbroce del material, desalojo, demolición y tránsito de maquinaria, que generan partículas contaminantes del polvo. El uso de maquinaria pesada en los procesos constructivos genera impactos por ruidos, y gases de efecto invernadero (CO₂).

Agua

Debido a la lejanía de las fuentes de aguas superficiales, estas no se verán afectadas por la implementación del proyecto, pero, la necesidad de este recurso para los procesos de compactación y estabilización de taludes generará una sobre explotación de fuentes aledañas a la comuna.

La demolición del pozo comunal puede causar la contaminación de la fuente de agua subterránea, los residuos generados por esta acción son susceptibles de entrar en contacto con este recurso natural y afectar su calidad. El incorrecto manejo y disposición de los desechos también puede contaminar esta fuente de agua.

Suelo

La carencia de un proceso para el transporte y disposición final de los residuos sólidos y escombros puede generar unas alteraciones de la característica físicas y químicas del suelo.

4.5.2 Componente biótico

Flora y fauna

Las afectaciones que se generarán en la flora son producto del desbroce del terreno, como efecto de la construcción del vaso de la presa. El impacto no será muy considerable debido a que, la flora en el área del proyecto únicamente está formada por maleza y arbustos.

El impacto sobre la fauna será por el ruido provocado por la maquinaria y la destrucción del hábitat de especies menores.

4.5.3 Componente antrópico

Socioeconómico y cultural

La contaminación del aire por partículas de polvo y CO₂, puede generar afecciones a la salud, principalmente problemas respiratorios. El sector del turismo también presentará pérdidas, debido a molestias generadas por el ruido, vibraciones y polvo.

La presencia de maquinaria e instalaciones provisionales provocarán un limitado uso del suelo, para actividades agrícolas o de cualquier otro tipo, afectando la economía y calidad de vida de la población.

Las actividades económicas de las comunidades vecinas también pueden verse afectadas, debido al tránsito de maquinaria que podría generar congestiones u obstrucciones de las vías de comunicación.

4.6 Valoración de impactos ambientales

La valoración de los impactos es una herramienta que permite determinar la importancia de los efectos generados por las actividades propias del proyecto.

La fase evalúa tanto los impactos ambientales negativos como positivos, para conocer aquellos que tienen un alto efecto, de aquellos que pueden ser asimilados por el medio o no representan un riesgo para la calidad ambiental.

Para la evaluación ambiental del proyecto “Presa colinar Sacachún #1” se utilizará la metodología planteada por Leopold (matriz de causa y efecto). Este método consiste en una matriz de doble entrada, que en sus columnas se ubican actividades planificadas de proyecto y en las filas, varios factores ambientales.

La matriz Leopold considera Magnitud y la Importancia. Para la determinación de la importancia la metodología considera tres criterios de evaluación (Extensión, duración y reversibilidad). La Magnitud considera el grado de incidencia sobre el sector específico del medio ambiente.

Valoración Cuantitativa

Para la evaluación de los impactos primero es necesario definir una escala de jerarquía para los criterios de Importancia.

La extensión de los impactos se limita a la comuna de Sacachún, y debido a la lejanía con otras comunidades, el criterio de extensión tiene la menor ponderación, en comparación con el criterio de duración y reversibilidad.

Criterio	Peso
Extensión	0.2
Duración	0.4
Reversibilidad	0.4
	1

Tabla 4.2 Pesos de criterios de Importancia.

Fuente. Mullo, A. & Oquendo, C., 2021

La evaluación se realiza con las actividades identificadas, con los criterios y la puntuación propuesta por Leopold, estos se detallan en la tabla 4.4. Para realizar el cálculo del impacto se utiliza la siguiente ecuación.

$$Imp = We * E + Wd * D + Wr * R \quad (4.1)$$

Donde:

Imp = Valor de la importancia del impacto ambiental.

E = Criterio de "Extensión"

We = Peso del criterio de "Extensión"

D = Valor del criterio de "Duración"

Wd = Peso del criterio de "Duración"

R = Criterio de "Reversibilidad"

Wr = Peso del criterio de "Reversibilidad"

La evaluación cuantitativa de la Magnitud se realiza a través de los valores de la tabla 4.5.

Finalmente, para determinar el valor del impacto ambiental, se utiliza la siguiente ecuación.

$$IA = \pm(Imp * Mag)^{0.5} \quad (4.2)$$

Donde:

IA = Valor de la importancia del impacto ambiental.

Mag = Valor de la magnitud del impacto.

Valoración cualitativa

La metodología de Leopold considera la siguiente tabla para caracterizar cualitativamente a los impactos.

Calificación del Impacto Ambiental	Valor del índice de impacto ambiental (IA)
Altamente significativo [A.S]	$|IA| \geq 6,5$
Significativo [S]	$6,5 > |IA| \geq 4,5$
Despreciable [D]	$|IA| < 4,5$
Benéfico [B]	$IA > 0$

Tabla 4.3 Escala de valoración cualitativa

Fuente. Tito, 2020

Característica	Puntaje				
	1	2.5	5	7.5	10
Extensión	Puntual	Particular	Local	Generalizada	Regional
Duración	Esporádica	Temporal	periódica	Recurrente	Permanente
Reversibilidad	Completamente reversible	Medianamente reversible	Parcialmente irreversible	Medianamente Irreversible	Completamente Irreversible

Tabla 4.4 Criterios de puntuación.

Fuente. Tito, 2020

Característica	Puntaje				
	1	2.5	5	7.5	10
Magnitud	Poca Incidencia		Mediana Incidencia	Alta Incidencia	

Tabla 4.5 Escala de puntuación de la Magnitud.

Fuente. Tito, 2020

El análisis de impacto ambiental se lo realizó a las tres alternativas. Para el análisis de las presas de hormigón se añadieron actividades propias de este tipo de construcción, que difieren del proceso constructivo de la presa de tierra (elaboración de hormigón, transporte de hormigón, demolición de la presa).

Valoración de Impacto ambiental de la alternativa #1-2

FACTORES AMBIENTALES / SUB ACTIVIDADES DEL PROYECTO			CONSTRUCCIÓN								OPERACIÓN Y			CIERRE			
			1.Desbosque y desbroce del terreno	2. Desalojo y disposición final	3.Elaboración de hormigón	3. Transporte de Hormigón	4. Generación de residuos sólidos	5. Demolición de estructuras	6.Ocupación de suelo por instalaciones provisionales	7.Tránsito de maquinaria	8.Generación de aguas residuales	9.Introducción de Caña Guadua	10.Agricultura	11.Ganadería	12. Restauración del terreno	13.Áreas revegetadas	14.Demolición de la presa
COMPONENTE	SUBCOMPONENTE	FACTOR AMBIENTAL															
ABIÓTICO	AIRE	Material particulado	-7.5 2.4	-2.5 1.9					-2.5 1.6		-5.0 1.9			-2.5 2.4		-7.5 2.4	
		Gases			-5.0 8.5	-5.0 3.5					-5.0 3.4	-5.0 1.6					
		Nivel sonoro y vibraciones	-5.0 2.4												-5.0 2.4		-5.0 2.4
	AGUA	Calidad de agua superficiales			-5.0 4.2												
		Calidad de aguas subterráneas							-7.5 3.2			-5.0 4.5					
	ATMÓSFERA	Alteración a las cuencas de drenaje											2.5 7.5				
		Clima			-7.5 7.5	-5.0 9.0											
	SUELO	Erosión											-2.5 3.9	-2.5 4.9		5.0 2.9	
		Infiltración de agua de lixiviación										-7.5 6.5					
		Permeabilidad															
		Calidad del suelo			-7.5 4.2		-2.5 2.4	-2.5 3.5	-5.0 3.2								
	PAISAJE	Impacto paisajístico		-5.0 5.0								7.5 6.0			5.0 3.0		
BIÓTICO	FLORA Y FAUNA	Alteración de flora y fauna	-7.5 5.2									-7.5 3.9					
ANTRÓPICO	SOCIOECONÓMICO Y CULTURAL	Salud	-5.0 6.5	-2.5 6.5					-2.5 2.4		-2.5 6.5	-2.5 6.0					
		Actividades agropecuarias vecinas															
		Turismo					-5.0 2.4										
		Vías de comunicación				-2.5 2.9					-5.0 3.9						
		Calidad de vida de la población						-7.5 5.2					7.5 5.4	7.5 2.6			
		Seguridad laboral											7.5 3.4	5.0 3.9			
		Generación de empleo										10.0 2.9	5.0 3.4				
		Uso del suelo		-7.5 5.5						-7.5 4.2		-2.5 6.2	5.0 5.4			-5.0 3.9	

Tabla 4.6 Matriz de Leopold Magnitud-Impacto

Fuente. Mullo, A. & Oquendo, C., 2021

FACTORES AMBIENTALES / SUB ACTIVIDADES DEL PROYECTO			CONSTRUCCIÓN							OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO						CIERRE			EVALUACIONES		
			1.Desbroce y desbroce del terreno	2. Desalojo y disposición final	3. Elaboración de hormigón	3. Transporte de Hormigón	4. Generación de residuos sólidos	5. Demolición de estructuras	6.Ocupación de suelo por instalaciones provisionales	7.Tránsito de maquinaria	8.Generación de aguas residuales	9.Introducción de Carpa Cuacata	10.Agricultura	11.Ganadería	12. Restauración del terreno	13.Áreas revegetadas	14.Demolición de la presa	positivo				negativo	Total
COMPONENTE	SUBCOMPONENTE	FACTOR AMBIENTAL																			
ABIÓTICO	AIRE	Material particulado	-4.2	-2.2	0.0	0.0	0.0	-2.0	0.0	-3.1	0.0	0.0	0.0	0.0	-2.4	0.0	-4.2	0.0	-18.2	-18.2	
		Gases	0.0	0.0	-6.5	-4.2	0.0	0.0	0.0	-4.1	-2.8	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	-17.7	-17.7	
		Nivel sonoro y vibraciones	-3.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	-3.5	0.0	-3.5	0.0	-10.4	-10.4
	AGUA	Calidad de agua superficiales	0.0	0.0	-4.6	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	-4.6	-4.6	
		Calidad de aguas subterráneas	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	-4.9	0.0	0.0	-4.7	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	-9.6	-9.6	
		Alteración a las cuencas de drenaje	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	
	ATMÓSFERA	Clima	0.0	0.0	-7.5	-6.7	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	4.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	4.3	-14.2	-9.9	
		Erosión	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	-3.1	-3.5	0.0	3.8	0.0	3.8	-6.6	-2.8	
	SUELO	Infiltración de agua de lixiviación	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	-7.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	-7.0	-7.0	
		Permeabilidad	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	
		Calidad del suelo	0.0	0.0	-5.6	0.0	-2.4	-3.0	-4.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	-15.0	-15.0	
	PAISAJE	Impacto paisajístico	0.0	-5.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	6.7	0.0	0.0	3.9	0.0	0.0	10.6	-5.0	5.6	
	BIÓTICO	FLORA Y FAUNA	Alteración de flora y fauna	-6.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	-5.4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	-11.7	-11.7	
ANTRÓPICO	SOCIOECONÓMICO Y CULTURAL	Salud	-5.7	-4.0	0.0	0.0	-2.4	0.0	0.0	-4.0	-3.9	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	-20.1	-20.1		
		Actividades agropecuarias vecinas	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0		
		Turismo	0.0	0.0	0.0	0.0	-3.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	-3.5	-3.5		
		Vías de comunicación	0.0	0.0	0.0	-2.7	0.0	0.0	0.0	-4.4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	-7.1	-7.1		
		Calidad de vida de la población	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	-6.2	0.0	0.0	0.0	0.0	6.4	4.4	0.0	0.0	10.8	-6.2	4.5		
		Seguridad laboral	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	5.0	4.4	0.0	0.0	9.5	0.0	9.5		
		Generación de empleo	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	5.4	4.1	0.0	0.0	9.5	0.0	9.5		
		Uso del suelo	0.0	-6.4	0.0	0.0	0.0	0.0	-5.6	0.0	0.0	-3.9	5.2	0.0	0.0	-4.4	0.0	5.2	-20.4	-15.2	
EVALUACIONES	POSITIVOS (+)		0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	11.0	22.0	13.0	3.9	3.8	0.0	53.7	-177.2	-123.6		
	NEGATIVO (-)		-19.7	-17.6	-24.2	-13.6	-8.4	-16.1	-9.6	-15.7	-18.4	-3.9	-8.5	-3.5	-5.9	-4.4	-7.7	-177.2			
	TOTAL		-19.7	-17.6	-24.2	-13.6	-8.4	-16.1	-9.6	-15.7	-18.4	7.1	13.5	9.5	-2.0	-0.6	-7.7	-123.6			

Tabla 4.7 Matriz de Leopold Magnitud-Impacto

Fuente. Mullo, A. & Oquendo, C., 2021

FACTORES AMBIENTALES / SUB ACTIVIDADES DEL PROYECTO			CONSTRUCCIÓN				OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO					CIERRE		EVALUACIONES			
			1.Desbroce y desbroce del terreno	2. Desatajo y disposición final	3. Compacción de taludes	4. Generación de residuos sólidos	5. Transito de maquinaria	6. Generación de aguas residuales	7. Introducción de flora	8. Agricultura	9. Ganadería	10. Restauración del terreno	11. Areas revegetadas				
COMPONENTE	UBCOMPONENT	FACTOR AMBIENTAL												Positivo	Negativo	Total	
ABIÓTICO	AIRE	Material particulado	-4.2	-2.2	0.0	0.0	-3.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	-2.4	0.0	0.0	-12.0	-12.0
		Gases	0.0	0.0	0.0	0.0	-4.1	-2.8	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	-7.0	-7.0
		Nivel sonoro y vibraciones	-2.4	0.0	-3.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	-3.5	0.0	0.0	-9.4	-9.4
	AGUA	Calidad de agua superficiales	0.0	0.0	-5.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	-5.1	-5.1
		Calidad de aguas subterráneas	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	-3.4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	-3.4	-3.4
		Alteración a las cuencas de drenaje	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	ATMÓSFERA	Clima	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	4.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	4.3	0.0	4.3
		SUELO	Erosión	0.0	0.0	4.4	0.0	0.0	0.0	0.0	-3.1	-3.5	0.0	3.8	8.2	-6.6	1.6
	Infiltración de agua de lixiviación		0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	-5.7	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	-5.7	-5.7
	Permeabilidad		0.0	0.0	5.4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	5.4	0.0	5.4
	Calidad del suelo		0.0	0.0	0.0	-3.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	-3.5	-3.5
	PAISAJE	Impacto paisajístico	0.0	-5.0	0.0	0.0	0.0	0.0	6.7	0.0	0.0	3.9	0.0	10.6	-5.0	5.6	
BIÓTICO	FLORA Y FAUNA	Alteración de flora y fauna	-3.6	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	-5.4	0.0	0.0	0.0	0.0	-9.0	-9.0	
ANTRÓPICO	SOCIOECONÓMICO Y CULTURAL	Salud	-5.7	-4.0	0.0	-2.4	-4.0	-3.9	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	-20.1	-20.1	
		Actividades agropecuarias vecinas	0.0	0.0	0.0	0.0	-2.7	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	-2.7	-2.7	
		Turismo	0.0	0.0	0.0	-3.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	-3.5	-3.5	
		Vías de comunicación	0.0	0.0	0.0	0.0	-4.4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	-4.4	-4.4	
		Calidad de vida de la población	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	6.4	2.5	0.0	0.0	8.9	0.0	8.9	
		Seguridad laboral	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	5.0	3.1	0.0	0.0	8.2	0.0	8.2	
		Generación de empleo	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	5.4	4.1	0.0	0.0	9.5	0.0	9.5	
		Uso del suelo	0.0	-6.4	0.0	0.0	0.0	0.0	-3.9	5.2	0.0	0.0	-4.4	5.2	-14.8	-9.6	
													+	-	Total		
EVALUACIONES	POSITIVOS (+)		0.0	0.0	9.8	0.0	0.0	0.0	11.0	22.0	9.8	3.9	3.8	60.3	-112.0	-51.7	
	NEGATIVO (-)		-16.0	-17.6	-8.6	-9.4	-18.3	-15.8	-3.9	-8.5	-3.5	-5.9	-4.4	-112.0			
	TOTAL		-16.0	-17.6	1.2	-9.4	-18.3	-15.8	7.1	13.5	6.3	-2.0	-0.6	-51.7			

Tabla 4.9 Matriz de valoración de impacto Ambiental

Fuente. Mullo, A. & Oquendo, C., 2021

			CONSTRUCCIÓN				OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO				CIERRE		
FACTORES AMBIENTALES / SUB ACTIVIDADES DEL PROYECTO			1.Desbroce y desbroce del terreno	2. Desalajo y disposición final	3. Compactación de taludes	4. Generación de residuos sólidos	5.Transito de maquinaria	6. Generación de aguas residuales	7.Introducción de flora	8. Agricultura	9.Ganadería	10. Restauración del terreno	11.Áreas revegetadas
COMPONENTE	SUBCOMPONENTE	FACTOR AMBIENTAL											
ABIÓTICO	AIRE	Material particulado	S	D	0.0	0.0	D	0.0	0.0	0.0	0.0	D	0.0
		Gases	0.0	0.0	0.0	0.0	D	D	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
		Nivel sonoro y vibraciones	D	0.0	D	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	D	0.0
	AGUA	Calidad de agua superficiales	0.0	0.0	S	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
		Calidad de aguas subterráneas	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	D	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
		Alteración a las cuencas de drenaje	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	ATMÓSFERA	Clima	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	B	0.0	0.0	0.0	0.0
	SUELO	Erosión	0.0	0.0	B	0.0	0.0	0.0	0.0	D	D	0.0	B
		Infiltración de agua de lixiviación	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	S	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
		Permeabilidad	0.0	0.0	B	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
		Calidad del suelo	0.0	0.0	0.0	D	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
PAISAJE	Impacto paisajístico	0.0	S	0.0	0.0	0.0	0.0	B	0.0	0.0	B	0.0	
BIÓTICO	FLORA Y FAUNA	Alteración de flora y fauna	D	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	S	0.0	0.0	0.0
ANTRÓPICO	SOCIOECONÓMICO Y CULTURAL	Salud	S	D	0.0	D	D	D	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
		Actividades agropecuarias vecinas	0.0	0.0	0.0	0.0	D	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
		Turismo	0.0	0.0	0.0	D	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
		Vías de comunicación	0.0	0.0	0.0	0.0	D	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
		Calidad de vida de la población	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	B	B	0.0	0.0
		Seguridad laboral	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	B	B	0.0	0.0
		Generación de empleo	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	B	B	0.0	0.0
		Uso del suelo	0.0	S	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	D	B	0.0	0.0	D

Tabla 4.10 Valoración cualitativa

Fuente. Mullo, A. & Oquendo, C., 2021

Discusión de los resultados

De este estudio se puede determinar que las presas de hormigón poseen un índice de proyecto elevado de -123.6 (Tabla 4.7), en comparación con la presa de tierra que posee un índice de -51.7 (Tabla 4.9), concluyendo que la implementación de las alternativas #1 y #2 implican un mayor riesgo de contaminación ambiental.

La discusión de los resultados estará centrada en la alternativa con menor impacto ambiental (presa de tierra), y por lo tanto la más viable.

Presa de Tierra (Alternativa #3)

La valoración del impacto ambiental da como resultado una, una categorización cuantitativa tabla 4.9 y cualitativa tabla 4.10.

Valoración cuantitativa

La valoración cuantitativa del impacto generado por la alternativa # 3 (Presa de tierra) determina que el índice de impactos negativos es de -112, mientras que los impactos positivos o beneficiosos dan como resultado 60.3, dando como índice de proyecto de -51.7.

Valoración cualitativa.

La valoración de las actividades resulta, en 5 acciones con impacto Significativo "S", 2 acciones que se clasifican como despreciables por su bajo impacto y 6 actividades con valoración beneficiosa.

- El desbosque y desbroce del terreno es una de las actividades que se clasifican con un impacto ambiental significativo. Esta acción es la principal generadora de polvo, y la que más afecta a la calidad del aire.

La valoración se obtuvo considerando que la actividad posee un área de influencia "local" lo que implica que el polvo se esparcirá por los alrededores del poblado. La duración del impacto se consideró como temporal, debido a que la contaminación se da mientras dura la actividad. El impacto generado por el desbosque y desbroce del terreno es completamente reversible, considerando que las alteraciones generadas pueden ser asimiladas por el entorno. La actividad posee un alto grado de incidencia sobre la contaminación del aire.

- El desalojo y disposición final es una actividad con un impacto significativo sobre el uso de suelo. Cuando un proyecto carece de un plan de manejo de desechos, estos pueden ser dispuestos erróneamente en cualquier sitio libre, imposibilitando el uso del terreno. La extensión de la afectación es puntual y su duración se presenta más allá de la culminación de la actividad. En caso de darse este problema, su reparación será a través de la acción humana (parcialmente reversibles).
- La compactación del cuerpo de la presa afecta significativamente a las fuentes de agua. Esta actividad necesita asegurar un grado de humedad y densidad óptima del material, para garantizar la compactación. Para este proceso se extraerán grandes cantidades de agua, desde el pozo subterráneo del poblado y comunidades aledañas a la zona del proyecto, provocando que estas se contaminen o se sequen. Este impacto tiene una extensión generalizada, una duración temporal y es medianamente reversible.
- En la fase de operación del proyecto, se mejorará la agricultura, aumentando la producción y su rendimiento. Esta actividad tiene grandes impactos positivos para el factor socioeconómico de la comuna, pero conlleva un mayor uso de suelo, lo cual puede traducirse como tala y destrucción del hábitat para algunas especies. La agricultura afecta significativamente a la flora y fauna.
- La actividad con un impacto netamente positivo es la introducción de la caña guadua, esta planta brinda beneficios tales como: influir en el clima de la zona e inducir precipitaciones, además esta puede generar un ingreso económico para la comuna, debido a que, al desarrollarse la planta, esta puede ser cortada y vendida, o simplemente utilizada como material de construcción. Dentro de esta actividad también se encuentra la siembra del muyuyo, planta endémica de la zona, que gracias a sus densas raíces evitan la erosión del terreno.

Medidas de prevención/mitigación

Medidas para la fase de construcción

Provisión de equipos de protección personal (Mascarillas-gafas).

La actividad del desbroce genera la suspensión de material particulado, lo cual tiene un impacto sobre la salud de los operadores y personal de obra. Para prevenir problemas respiratorios, es necesario que el encargado del proyecto suministre mascarillas con propiedades protectoras contra polvos y gases. Así también se deberá proporcionar gafas, para proteger la vista.

Al igual que el contratista tiene la responsabilidad de proporcionar los equipos de protección, el personal de obra tiene la obligación de hacer uso de estos, durante toda la obra.

Debido a la carencia de fuentes de agua en la zona, no se consideró el riego del suelo como una medida de prevención.

Delimitación y protección de pozo comunal.

El pozo de agua subterránea ubicado en el vaso de la presa presenta un alto riesgo de contaminación ya sea por la exposición a los materiales particulados, de la fase de desbroce, por la excavación del suelo o por la demolición de las estructuras aledañas.

Para evitar la contaminación de esta fuente de agua, no se demolerá la estructura existente. El pozo subterráneo se sumergirá durante los periodos lluviosos y podrá usarse como fuente de agua provisional en los años de sequía extrema (escasez de agua superficial). Las medidas de prevención incluyen la delimitación del pozo con letreros y cintas de advertencia, además del cierre temporal de esta fuente de agua, con una tapa de madera y plásticos.

Retiro y disposición final de los materiales de excavación.

La excavación del aliviadero y de la cimentación de la presa, generan un considerable volumen de tierra, el cual debe ser dispuesto correctamente, de tal manera que no impida o retrase las actividades diarias de los pobladores, y además, genere impactos paisajísticos. Para prevenir estos efectos el contratista deberá desalojar y disponer la

materia en un terreno libre, ubicado a 400 m del área del proyecto. Los materiales deberán ser tendidos y compactados con taludes con relación 2H:1C.



Figura 1. Sitio para la disposición del material excavado y de compostaje.

Fuente. Google Earth,2021

Desalojo y disposición final del material de desbosque, desbroce.

El material producto del desbroce del terreno, debe ser desalojado al mismo lugar en la que se dispondrá el material de excavación. El material de desmonte será aprovechado para elaborar compost, por tanto, se debe separar el material degradable (hojas verdes) del no degradable (troncos, ramas). El proceso de compostaje sugiere conformar capas que permitan la descomposición de la materia vegetal. El proceso comienza conformando una capa de material vegetal seco, que puede ser paja o similares, seguido de una cobertura de estiércol de cerdo, chivo o vaca, en la siguiente capa se ubica el material vegetativo verde, y finalmente se cubre con tierra. En cada fase de este proceso se debe suministrar la suficiente cantidad de agua que asegure el proceso biológico de descomposición. El material de compost podrá ser utilizado aproximadamente después de las 7 semanas. El desalojo del material de desbroce le corresponde al contratista o responsable de obra, mientras que el compostaje será una actividad comunal.

Medidas para la fase de operación

Agricultura

Con la presencia de una nueva fuente de agua, se impulsa la agricultura. Las mejores condiciones generan un mayor uso de suelo, que conlleva a la tala y deforestación de terrenos aledaños a la comuna.

Como medida de prevención, es responsabilidad del presidente de la comuna, prohibir la tala de árboles y cultivos singulares de la zona (guayacán, bototillo, algarrobo, etc.). El presidente comunal debe difundir las medidas y las sanciones en caso de incumplimiento.

Introducción de flora

Como impacto positivo para el medio ambiente, se propone la siembra de muyuyo, planta endémica de la región que contribuye a la estabilización de taludes, debido a sus densas raíces.

Para impulsar esta propuesta se necesita, de ramas cortadas de muyuyo, estas serán hincadas, en el talud aguas abajo y en el fondo del aliviadero, para asegurar su desarrollo deberán ser regadas periódicamente.

Para inducir precipitaciones en la región, se debe sembrar caña guadua en todo el perímetro de la presa, para esta actividad se necesita cavar huecos con una profundidad de 20 cm x 20 cm. El regado de agua es indispensable para el correcto desarrollo de la planta.

4.7 Registro Ambiental

El registro del proyecto, Presa Colinar Sacachún se lo realizó en la página web del Sistema Único de Información Ambiental (SUIA), del Ministerio del Ambiente, Agua y Transición Ecológica. El proyecto se definió como una actividad de Construcción y/u Operación de reservorios, a través de la página se determinó que el proyecto posee un bajo impacto, y únicamente es necesario la obtención de un certificado ambiental.

Descripción de la actividad	CONSTRUCCIÓN Y/U OPERACIÓN DE RESERVIORIOS
Su trámite corresponde a un(a)	CERTIFICADO AMBIENTAL
Tiempo de emisión	Inmediato.
Costo del trámite	No tiene. (Tiene un costo si existe remoción de cobertura vegetal nativa)

Figura 2. Actividad y proceso al que pertenece el proyecto
Fuente. Ministerio del Ambiente, Agua y Transición Ecológica, 2021

Para realizar el registro ambiental fue necesario el ingreso de los principales datos del proyecto (Nombre, ubicación, tipo de zona, entre otros), por medio de este proceso, se obtuvo el certificado de intersección, en este documento se muestra la ubicación del proyecto en relación con las áreas protegidas. El certificado determina que el proyecto no interseca con ninguna zona intangible, patrimonio forestal o área protegida. Adicionalmente, se presenta un resumen del registro ambiental, en el que se presentan datos de interés, como el código del proyecto, el tipo de trámite al que corresponde, el impacto de la actividad, dirección del proyecto entre otros. Estos documentos se adjuntan en el anexo C.

4.8 Conclusiones.

El estudio de impacto ambiental presenta una guía de los procesos mínimos, que se deben llevar a cabo, por el encargado de la obra o los pobladores de la comuna. Este plan de manejo ambiental no está exento de cambios, que mejoren la mitigación o prevención de los efectos sobre la naturaleza.

De acuerdo con la valorización ambiental, realizada a las tres opciones, se determinó que el uso del hormigón para la construcción de una presa genera un alto impacto negativo sobre el medio ambiente, en comparación, la presa de material suelto reduce la contaminación en un 60%. El estudio ambiental reconoció la viabilidad y factibilidad de la construcción del dique de tierra, este criterio fue fundamental al seleccionar el tipo de presa a construir.

Se realizó la identificación general de las actividades que representan un riesgo para el medio ambiente y la salud humana con el objeto de evitar sus efectos negativos.

El plan de manejo ambiental abarca desde la fase de construcción hasta la fase de abandono.

CAPÍTULO 5

5. PRESUPUESTO

5.1 Descripción de rubros

El cálculo de cantidades y el presupuesto de la obra tienen como propósito brindar una perspectiva lo más real posible del monto total de la ejecución de la obra y poder analizar la factibilidad del proyecto desde el ámbito económico. A continuación, se muestran los rubros para la construcción de la presa colinar.

RUBRO	DESCRIPCIÓN	UNIDAD
1	OBRAS PRELIMINARES	
1.1	Desbosque, desbroce y limpieza del área del proyecto	m2
1.2	Desalojo de material de desbosque, desbroce y limpieza del área del proyecto	m3/km
1.3	Alquiler de vivienda	mes
2	CONFORMACIÓN DEL CUERPO DE LA PRESA DE TIERRA	
2.1	Replanteo	m2
2.2	Excavación a máquina para material de préstamo	m3
2.3	Excavación y relleno máquina de la cimentación	m3
2.4	Excavación y relleno de estructuras menores (Aliviadero)	m3
2.5	Retiro y disposición final de los materiales de excavación	m3/km
2.6	Relleno compactado y construcción del cuerpo de presa	m3
2.7	Relleno y compactación del cuerpo del material de filtro (grava y arena)	m3
2.8	Suministro e instalación de Geotextil NT 1500	m2
2.9	Suministro e instalación del enrocado del pozo de reducción de energía	m3
3	SEGURIDAD	
3.1	Suministro e instalación de letrero Señalética, pintura reflectiva; leyenda y dibujo "Peligro maquinaria pesada en movimiento	u
3.2	Suministro de cintas reflectivas de seguridad	m
3.3	Parante de caña H=1.50m con base de hormigón 40x40x15 cm	u
3.4	Suministro de cerca de protección al borde de la población	m
4	AMBIENTAL	
4.1	Siembra de muyuyo en el espaldón aguas abajo	m2
4.2	Siembra de caña de guadua	m2
4.3	Provisión de equipos de protección personal (Mascarillas-gafas).	m2
4.4	Delimitación y protección de pozo comunal	caja

Tabla 5.1 Rubros y unidades de medición del proyecto Sacachún.

Fuente. Mullo, A. & Oquendo, C., 2021

5.2 Análisis de costos unitarios

En esta sección se evaluaron los costos de cada rubro considerando los salarios actuales de mano de obra según la estructura ocupacional en el sector de la construcción, establecido por la Contraloría Nacional del Estado. Los precios del equipo y materiales de construcción se establecieron de acuerdo con cotizaciones en constructoras y casas comerciales. Se consideró un factor de sobre costo, también denominado costo indirecto, del 20 % del costo total de cada rubro. Este valor considera los gastos imprevistos en obra, gastos de oficina, salarios de personal administrativo y técnico, combustible, transporte de personal, entre otros.

En el anexo D se detalla el análisis de precios unitarios (APUS) de cada rubro.

5.3 Descripción de cantidades de obra

Las cantidades a ejecutar en cada rubro se establecieron según los planos y diseños del proyecto. En la tabla 5.2 se detalla las cantidades de obra para los rubros previamente enunciados.

RUBRO	DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD
1	OBRAS PRELIMINARES		
1.1	Desbosque, desbroce y limpieza del área del proyecto	m2	28223.59
1.2	Desalojo de material de desbosque, desbroce y limpieza del área del proyecto	m3/km	6254.84
1.3	Alquiler de vivienda	mes	3
2	CONFORMACIÓN DEL CUERPO DE LA PRESA DE TIERRA		
2.1	Replanteo	m2	5748
2.2	Excavación a máquina para material de préstamo	m3	22328
2.3	Excavación y relleno máquina de la cimentación	m3	240
2.4	Excavación y relleno de estructuras menores (Aliviadero)	m3	374.42
2.5	Retiro y disposición final de los materiales de excavación	m3/km	614.42
2.6	Relleno compactado y construcción del cuerpo de presa	m3	22328
2.7	Relleno y compactación del cuerpo del material de filtro (grava y arena)	m3	520
2.8	Suministro e instalación de Geotextil NT 1500	m2	1160
2.9	Suministro e instalación del enrocado del pozo de reducción de energía	m3	18
3	SEGURIDAD		

3.1	Suministro e instalación de letrero Señalética, pintura reflectiva; leyenda y dibujo "Peligro maquinaria pesada en movimiento	u	2
3.2	Suministro de cintas reflectivas de seguridad	m	500
3.3	Parante de caña H=1.50m con base de hormigón 40x40x15 cm	u	15
3.4	Suministro de cerca de protección al borde de la población	m	990
4	AMBIENTAL		
4.1	Siembra de muyuyo en el espaldón aguas abajo	m2	2110
4.2	Siembra de caña de guadua	m2	700
4.3	Provisión de equipos de protección personal (Mascarillas-gafas).	caja	3
4.4	Delimitación y protección de pozo comunal	m2	1

Tabla 5.2 Cantidad de obra por rubro.

Fuente. Mullo, A. & Oquendo, C., 2021

5.4 Valoración integral del costo del proyecto incluyendo las medidas de prevención y mitigación del impacto ambiental

Según la tabla 5.3, el costo total para la construcción de una presa colinar en la comuna Sacachún es de \$ 113.509,72 dólares americanos. A continuación, se establece una comparación de porcentaje de participación económica de los rubros principales en el presupuesto total:

DESCRIPCIÓN	PRECIO TOTAL
OBRAS PRELIMINARES	\$ 10.979,60
CONFORMACIÓN DEL CUERPO DE LA PRESA DE TIERRA	\$ 101.617,26
SEGURIDAD	\$ 440,77
AMBIENTAL	\$ 472,08
TOTAL	\$ 113.509,72

Tabla 5.3 Resumen del presupuesto referencial de la construcción de la presa colinar

Fuente. Mullo, A. & Oquendo, C., 2021

Porcentaje de participación económica de los rubros principales Presa Colinar Sacachún 1

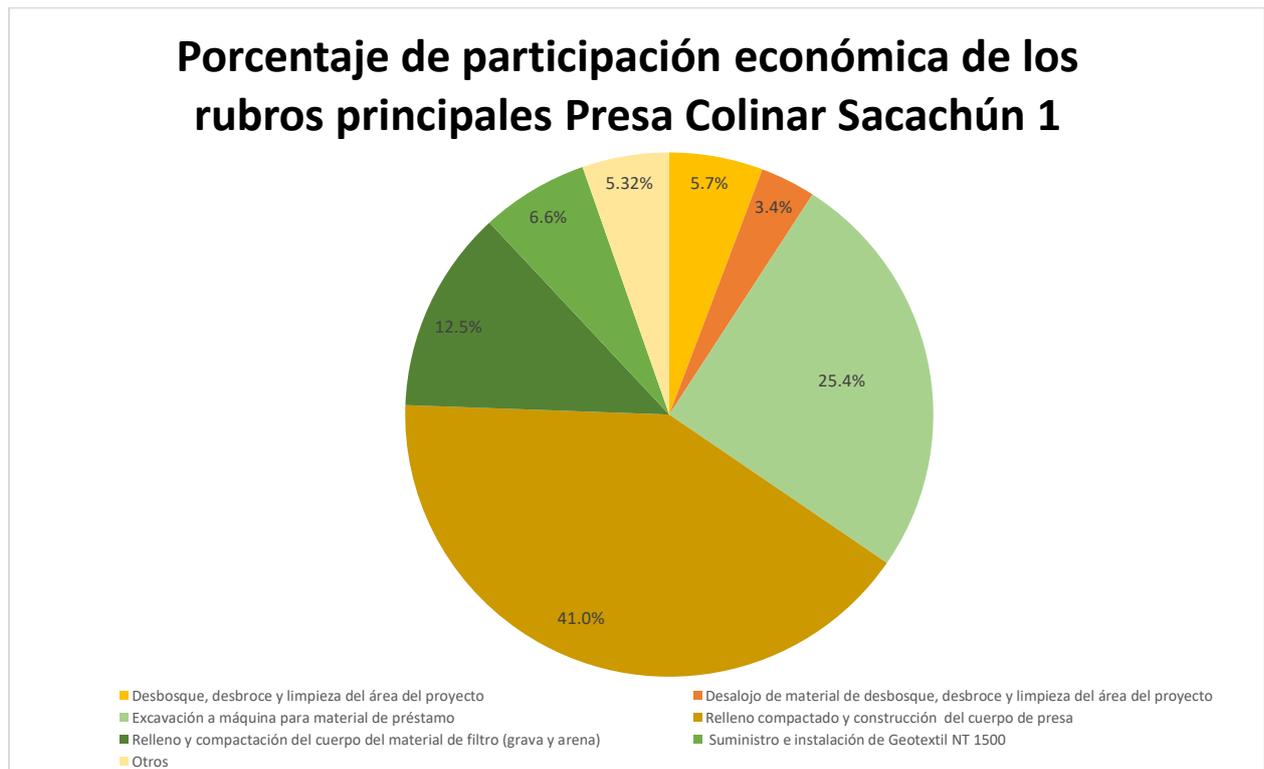


Figura 5.1 Porcentaje de participación económica de los rubros principales para la construcción de la presa colinar.

Fuente. Mullo, A. & Oquendo, C., 2021

Según la figura 5.1, el rubro que tiene mayor influencia en el presupuesto total es el relleno y compactación del cuerpo de la presa con un 41.0 % del valor total de la obra. En este rubro se requiere un número considerable de maquinaria pesada y personal técnico calificado para poder ejecutar el rubro en el tiempo estimado. Además, se debe realizar un control continuo, con ensayos de campo, de la compactación del material con el fin obtener una humedad que permita alcanzar al menos un 90% de la densidad seca máxima establecida previamente en el estudio de suelo en el laboratorio.

En el presupuesto se establecieron rubros como medidas de mitigación y prevención para contrarrestar los posibles impactos ambientales en la zona del proyecto. Los rubros de siembra de muyuyo en el espaldón aguas abajo y siembra de caña de guadua en el perímetro del vaso de la presa, son actividades que permitirán minimizar los impactos de erosión en los taludes de la presa colinar. El suministro de cerca de protección al borde

de la población tiene como propósito evitar el acercamiento de personas y animales al embalse de agua y prevenir posibles accidentes. Es importante recalcar que los rubros previamente mencionados, serán realizados por labores comunitarias lo que permite que estas medidas planteadas sean factibles económicamente.

5.5 Cronograma valorado

Posteriormente al cálculo del presupuesto referencial de la obra, se estimó la duración del proyecto a partir de los rendimientos estipulados en el análisis de precios unitarios (APUS) de cada rubro.

Se utilizó el programa Microsoft Project para establecer la ruta de trabajo para la construcción de la obra hidráulica. Considerando los rendimientos previamente mencionados, jornadas laborales de 8 horas y un mínimo de 40 horas semanales, la construcción de la presa colinar tendrá una duración de 47 días laborables. Es importante recalcar que se realizó el cronograma para un periodo de época seca, temporada que se da en los meses de mayo a diciembre, con el objetivo de minimizar la probabilidad de lluvias en la zona del proyecto, que conlleven a un retraso de las actividades de la obra.

En la elaboración del cronograma de actividades se establece una ruta crítica, que permite visualizar las actividades más importantes y necesarias, de qué depende la duración del proyecto. En caso de retrasarse alguna de estas, el proyecto tardará más.

Las actividades más importantes y necesarias dentro del proyecto son: el desbroce y limpieza del área de trabajo, excavación a máquina de la cimentación, relleno y compactación del cuerpo de presa, y la excavación y relleno de estructuras menores. Cada una de las actividades, están concatenadas y de presentarse un retraso o problema, el proyecto puede paralizarse.

En el cronograma existen dos actividades con una duración de 28 días cada una, y a pesar de esto, el proyecto total, está programado para completarse en 47 días laborables, esto debido a que las actividades con mayor duración tales como la

excavación a máquina para material de préstamo y el relleno y compactación del cuerpo de presa, deberán realizarse simultáneamente.

A continuación, se adjuntan los rubros con las duraciones estimadas para su ejecución.

RUBRO	Duración
PROYECTO SACACHÚN #1	47 días
OBRAS PRELIMINARES	46 días
Alquiler de vivienda	46 días
Desbosque, desbroce y limpieza del área del proyecto	3 días
Desalojo de material de desbosque, desbroce y limpieza del área del proyecto	4 días
PRESA COLINAR	38 días
Replanteo	2 días
Excavación y relleno máquina de la cimentación	3 días
Excavación a máquina para material de préstamo	28 días
Suministro e instalación de Geotextil NT 1500	3 días
Relleno y compactación del cuerpo del material de filtro (grava y arena)	2 días
Relleno y compactación del cuerpo de presa	28 días
Excavación y relleno de estructuras menores (Aliviadero)	2 días
Retiro y disposición final de los materiales de excavación	3 días
Suministro e instalación del enrocado del pozo de reducción de energía	1 día
SEGURIDAD	47 días
Suministro e instalación de letrero Señalética , pintura reflectiva; leyenda y dibujo "Peligro maquinaria pesada en movimiento	1 día
Suministro de cintas reflectivas de seguridad	1 día
Suministro de cerca de protección al borde de la población	2 días
Parante de caña H=1.50m con base de hormigón 40x40x15 cm	2 días
AMBIENTAL	45 días
Delimitación y protección de pozo comunal	1 día

Siembra de muyuyo en el espaldón aguas abajo	2 días
Siembra de caña de guadua	2 días
Provisión de equipos de protección personal (Mascarillas-gafas).	45 días

Tabla 5.4 Tiempo de duración de las actividades para la construcción de la presa colinar.

Fuente. Mullo, A. & Oquendo, C., 2021

El cronograma de actividades y el cronograma valorado están detalladas en el anexo E

CAPÍTULO 6

6. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Los estudios realizados determinaron la factibilidad de diseñar una presa de tierra de 10 m de altura, hasta la cota 80 msnm, que genera un embalse de 114341.46 m³.

Es indudable que la solución hidráulica propuesta mejorará significativamente la calidad de vida de los moradores de Sacachún.

Se evaluó tres alternativas para evitar el problema de escasez de agua para actividades agrícolas de la comuna de Sacachún. La primera corresponde a una presa de gravedad de hormigón armado, la segunda alternativa corresponde a una presa de hormigón ciclópeo y como última alternativa una presa de tierra.

La selección de la propuesta más viable se la realizó bajo criterios como el volumen de embalse, optimización de materiales, tiempo de ejecución y el criterio beneficio-costos. La presa de tierra es la propuesta más viable y sustentable, debido a que utiliza materiales de la zona, su volumen de captación es mayor debido a que, se excavará material del vaso, para la conformación del dique y la ataguía, adicionalmente esta alternativa es la más económica para su construcción.

El estudio geotécnico y el análisis sísmico realizado determinaron que es posible conformar un terraplén homogéneo principal con el refuerzo de un dique al pie del paramento aguas abajo.

El análisis hidrológico permitió estudiar el comportamiento de las precipitaciones y las afectaciones que se producen en área del proyecto, definiendo así estaciones secas y humedad; durante las estaciones secas se produce un déficit de agua que se presentan en los meses de mayo a diciembre, mientras que los meses restantes se presentan precipitación que satisfacen la demanda de agua en la comunidad.

Se determinó el caudal de la máxima avenida probable para un periodo del retorno de 50 años, a partir de lo cual se diseñó un aliviadero.

Los estudios de suelo demostraron que el material de la zona posee las características adecuadas para la conformación de una presa de tierra homogénea, reforzada con un dique de pie. Para controlar la red de flujo se diseñó un dren filtro en el dique de refuerzo del espaldón aguas abajo.

En los análisis de estabilidad aplicando el método Spencer Wright se confirmó que la presa era suficientemente estable inclusive si ocurre la máxima aceleración sísmica probable.

El estudio de impacto ambiental realizado a las tres propuestas determinó que el uso del hormigón representa un mayor riesgo de contaminación, y reconoce la viabilidad de la construcción de una presa de tierra. A través del ingreso de la información a la página del SUIA se determinó que la zona del proyecto no intercepta con ninguna área protegida.

El costo de construcción de la presa y aliviadero es de \$ 113.509,72 dólares, considerando los costos de materiales y mano de obra actual. La implementación de esta obra de ingeniería representa una inversión que mejorará la calidad de vida de la comuna, proporcionando agua en todos los meses del año.

El tiempo aproximado para construcción del proyecto es de 47 días laborables, en donde las actividades de la ruta crítica deberán ser priorizadas, considerando que de estas depende la duración del proyecto.

7. RECOMENDACIONES

Dada la importancia que tiene el agua para comunidades como la de Sacachún es necesario que se capten y almacenen las aguas para ser utilizadas en los períodos del año de déficit hídrico.

De las observaciones de campo efectuadas se desprende de que es posible diseñar y construir otras presas colinares, para incrementar los caudales almacenados y para beneficio de un mayor número de moradores.

Para optimizar los volúmenes de agua que se logren almacenar es conveniente que los moradores concuerden en un plan y procedimiento de explotación del valioso recurso.

Las medidas de prevención y mitigación de impactos ambientales se elaboraron buscando un equilibrio entre la reducción de los impactos negativos y el factor económico de la obra, de manera que, las soluciones planteadas sean realizables. Por lo tanto, se recomienda seguir los lineamientos establecidos en el capítulo de impacto ambiental dado que garantizan una conservación del área del proyecto.

Es conveniente que se aplique una política de protección de las áreas con vegetación natural y de ser el caso se implementen proyectos de reforestación con árboles y arbustos endémicos. Es obvio que el recurso agua está ligado a la presencia de bosques.

BIBLIOGRAFÍA

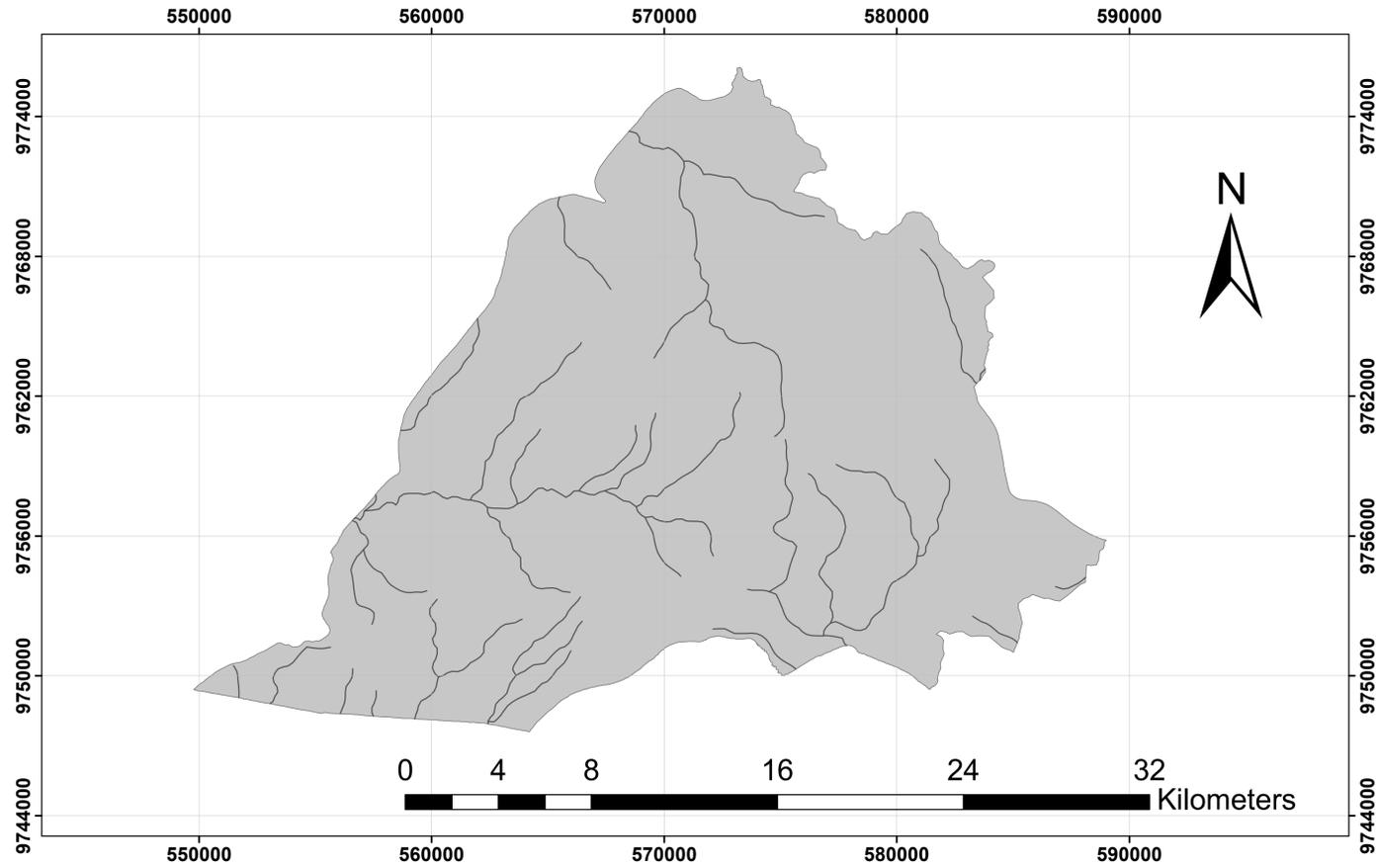
- Aguayo, C., & Edwin, I. (2019). *Levantamiento de línea base de la gestión de desechos del campus como zona de amortiguamiento del Bosque Protector Prosperina*.
- Álvarez, S. (2004). *Comunas y comunidades con sistemas de albarradas : descripciones etnográficas*.
- Armas, R., & Horta, E. (1987). *Presas de Tierra*. ISPJAE.
- Ayala, C. (2014). *Caracterización hidrogeológica de las cuencas de los ríos Jativa y Zapotal de la Península de Santa Elena*. Universidad Central del Ecuador.
- Budhu, M. (2010). *Soil Mechanics and Foundations* (Third Edit).
- Bureau of Reclamation. (1999b). *Design of Small Dams*.
- CADS, & ESPOL. (2013). *Proyecto de Evaluación de Vulnerabilidad y Reducción de Riesgo de Desastres a Nivel Municipal en el Ecuador*. [http://repositorio.cedia.org.ec/bitstream/123456789/859/1/Perfil territorial SANTA ELENA.pdf](http://repositorio.cedia.org.ec/bitstream/123456789/859/1/Perfil_territorial_SANTA_ELENA.pdf)
- Cañizares, J., & Hermida, G. (2019). *Levantamiento de información socioeconómico y de potenciales emprendimientos de la comuna de Sacachún de la provincia de Santa Elena*. Universidad de Guayaquil.
- Cedeño, A., Sinichenko, E., & Gritsuk, I. (2016). *Hidráulica e Hidrología para ingeniería*.
- Clover Technology. (2003). *GALENA - Slope Stability*.
- Das, B. (2013). *Fundamentos de Ingeniería Geotécnica* (Issue I).
- Flores, R., & Gaytán, I. (2005). Avances recientes en el diseño de filtros para presas de tierra y enrocamiento. *Tecnología Ciencia Del Agua*, 20(2007–2422), 79–94.
- Food and Agriculture Organization FAO. (2013). Captación Y Almacenamiento De Agua De Lluvia. In *Santiago de Chile*. <http://www.fao.org/docrep/019/i3247s/i3247s.pdf>
- GAD Parroquial Simón Bolívar. (2015). *Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial*. *Generación del número de curva*. (2020). <https://hidrologia.usal.es/temas.html>
- Gitleman, L. (2014). *Correlación entre el ensayo de CBR y el ensayo del próctor para determinar la resistencia del suelo de la parroquia Ambatillo alto en el sector de San Pedro*.
- Glosario: *Intensidad de precipitación - Definición*. (n.d.). Retrieved July 29, 2021, from https://meteoglosario.aemet.es/es/termino/427_intensidad-de-precipitacion
- Instituto Nacional de Patrimonio Cultural. (2012). *San Biritute: lluvia, amor y fertilidad*.

- NEC-SE-GC. (2015). *Norma Ecuatoriana de la Construcción - NEC: NEC-SE-CM - Geotecnia y Cimentación.*
- Paltán, J. (2016). *Percepciones y dinámicas socioambientales en manejo de Agroecosistemas: caso de las comunas de sacachún y Dos mangas, provincia de santa elena. Tesis para obtener el título de maestría en Estudios Socioambientales.* 137.
- Paz y Miño, M. E. (2012). *San Biritute: lluvia, amor y fertilidad.*
- Pizarro, R., Flores, J. P., Sangüesa, C., & Martínez, E. (2003). Módulo 2: Curvas intensidad duración frecuencia. *Eias.*
http://eias.usalca.cl/Docs/pdf/Publicaciones/manuales/b_modulo_IDF.pdf
- Sánchez, F. (n.d.). *Hidrología Superficial (III): Relación Precipitación - Escorrentía.*
- Sánchez, F. (2016). Cálculos Estadísticos en Hidrología. *Boletín Oficial Del Estado*, 1(mm), 1–2. <http://hidrologia.usal.es>
- Sandoval, W. (2018). Presas de tierra y enrocamiento. *Diseño de Obras Hidrotécnicas*, June, 66. <https://doi.org/10.13140/RG.2.2.34187.49442>
- Suárez-Aguilar, Z. E., Sepúlveda-Delgado, O., Patarroyo-Mesa, M., & Canaria-Camargo, L. C. (2020). Modelo matemático para estimar curvas de intensidad, duración y frecuencia de lluvias extremas en Tunja, Colombia. *Información Tecnológica*, 31(1), 193–206. <https://doi.org/10.4067/s0718-07642020000100193>
- Villamar, G., & Quiroz, D. (2016). *Manejo de aguas residuales y planta de tratamiento en.* July, 20–22.
- Xu, J., Zhang, L., Zhu, Y., & Gou, H. (2009). The application of GPS-RTK in engineering measurement and position. *2009 2nd International Symposium on Knowledge Acquisition and Modeling, KAM 2009*, 3, 186–189. <https://doi.org/10.1109/KAM.2009.266>

PLANOS Y ANEXOS

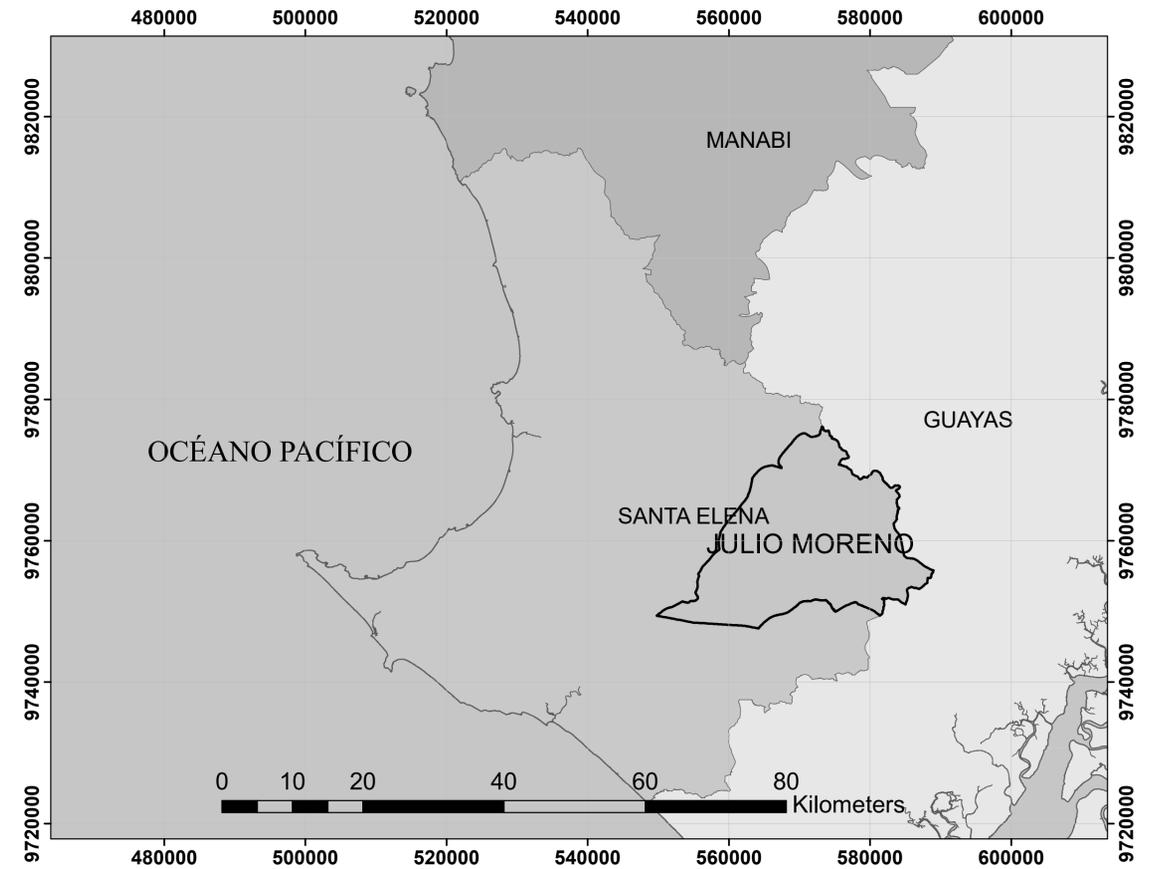
PARROQUIA JULIO MORENO

Escala 1:150,000



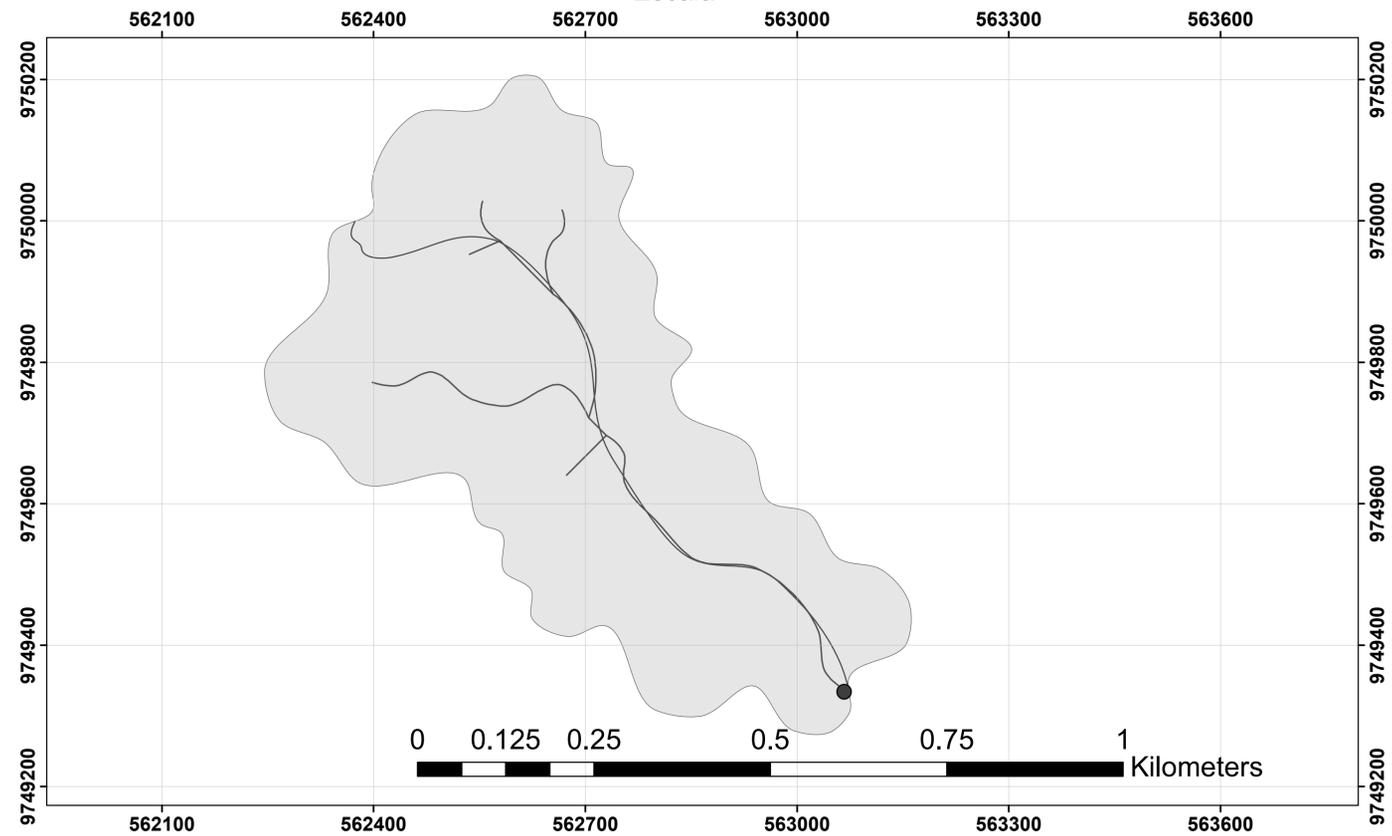
PROVINCIA DE SANTA ELENA

Escala 1:500,000



CUENCA DE DRENAJE - PRESA SACACHÚN

Escala 1:5,000



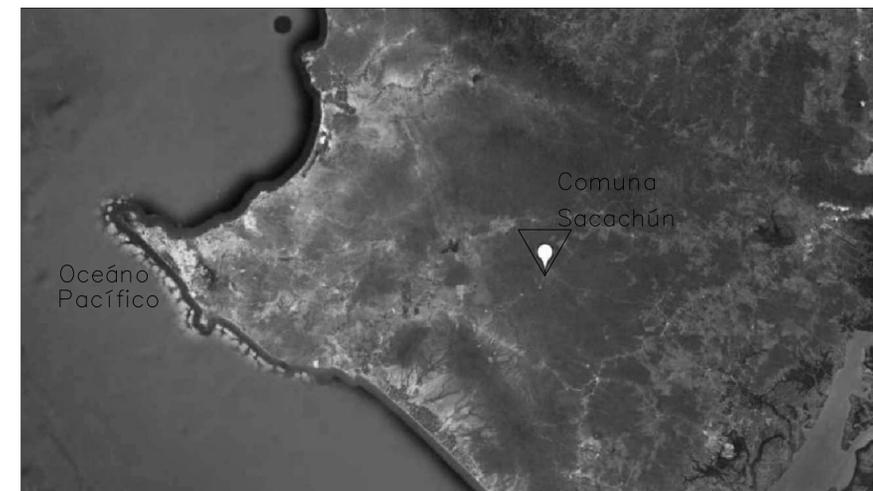
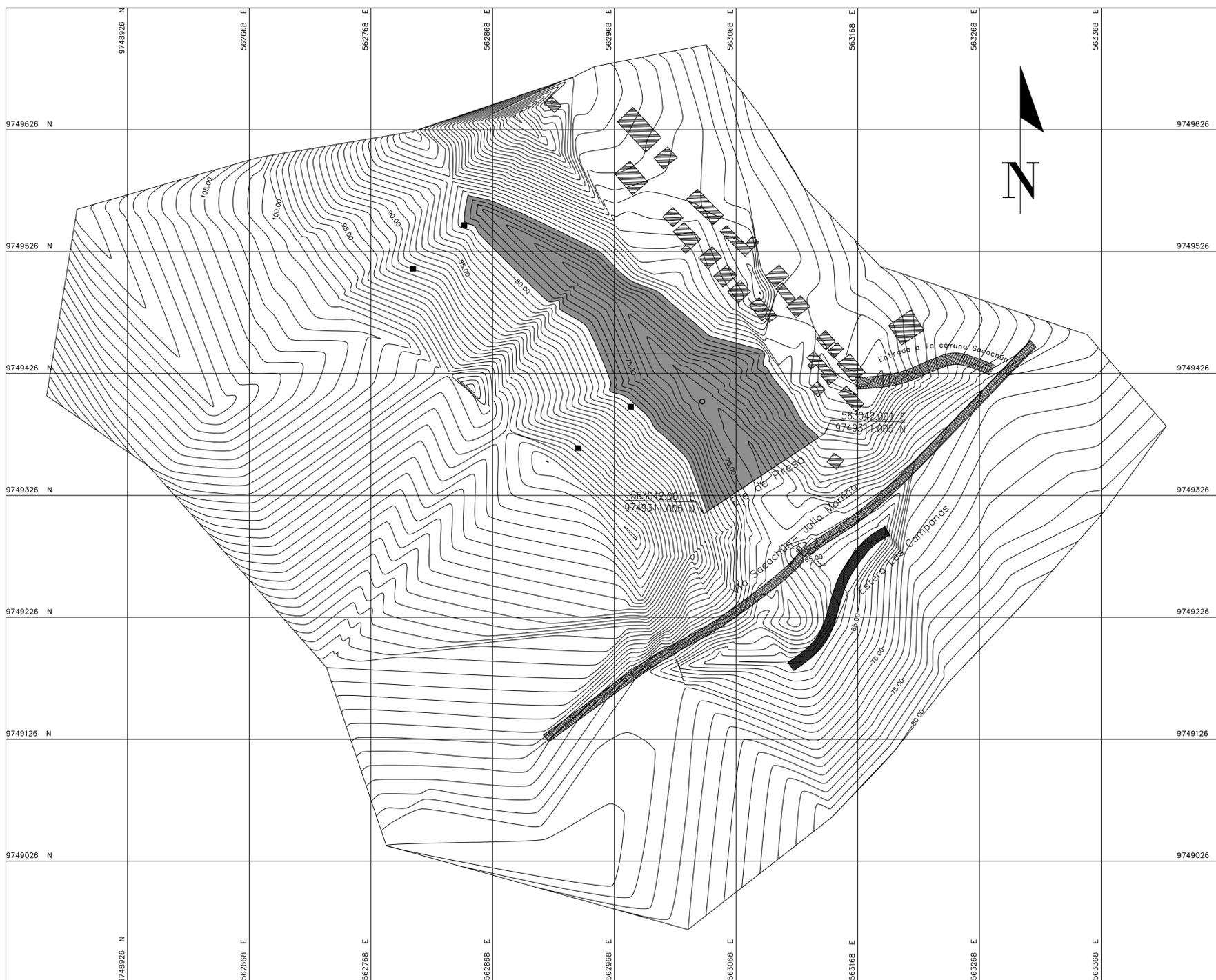
SIMBOLOGÍA

- Punto de cierre
- Flujo aportante
- Máxima long. cauce
- ▭ Cuenca Presa Sacachún
- Ríos
- ▭ Parroquia Julio Moreno

ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS DE LA TIERRA			
PROYECTO: ESTUDIOS Y DISEÑOS DE LA PRESA COLINAR EN SACACHÚN # 1			
CONTENIDO: CUENCA DE DRENAJE			
Coordinador de Materia Integradora: Ph.D. Andrés Velástegui.	Tutores de Conocimientos Específicos: -MsC. Danilo Dávila -Dis. Int. Carola Zavala. -Ph.D. Andrés Velástegui. -Ph.D. Miguel A. Chávez.	Estudiantes: -Carla Oquendo Borbor. -Anthony Mullo Sinaluisa.	Fecha de entrega: 17 de agosto, 2021
Tutor de Área de Conocimiento: Ph.D. Miguel A. Chávez.	Lámina: T 1/3	Escala: Especificada	

CURVAS DE NIVEL DE PRESA COLINAR EN SACACHÚN

Escala: 1:2000



Área de embalse: 92012.46 m³

Simbología

-  Alcantarilla
-  Cauce de río
-  Población
-  Vía
-  Pozo seco
-  Embalse
-  Calicatas

ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL
FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS DE LA TIERRA

PROYECTO:
ESTUDIOS Y DISEÑOS DE LA PRESA COLINAR EN SACACHÚN #1

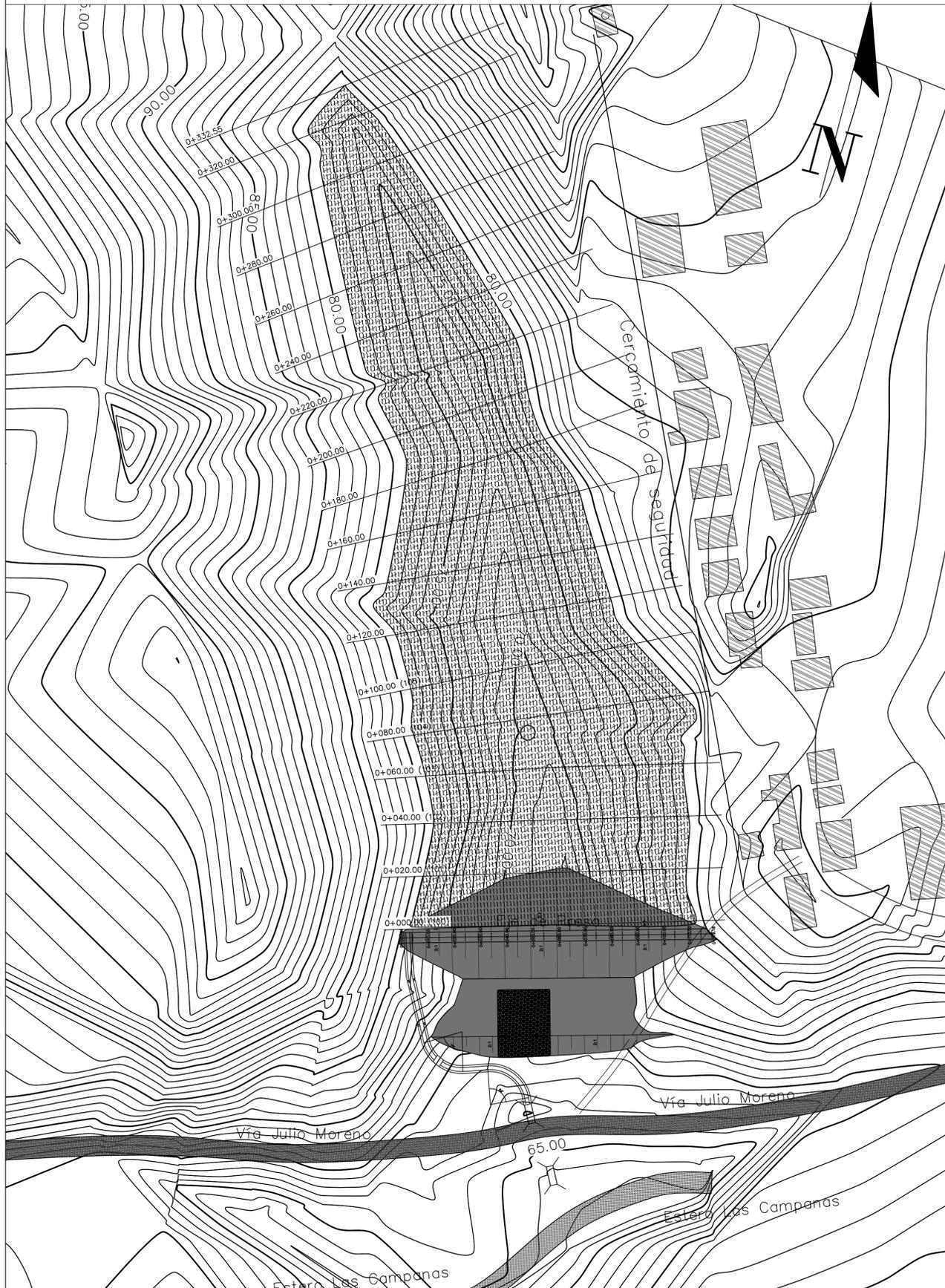
CONTENIDO:
CURVAS DE NIVEL PRESA COLINAR SACACHÚN

Coordinador de Materia Integradora: Ph.D. Andrés Velástegui.	Tutores de Conocimientos Específicos: -MsC. Danilo Dávila -Dis. Int. Carola Zavala. -Ph.D. Andrés Velástegui.	Estudiantes: -Carla Oquendo Borbor. -Anthony Mullo Sinaluisa.	Fecha de entrega: 17 de Agosto, 2021
Tutor de Área de Conocimiento: Ph.D. Miguel A. Chávez.	Ph.D. Miguel A. Chávez.		Lámina: T 2/3
			Escala: Especificada

PRESA COLINAR SACACHÚN 1

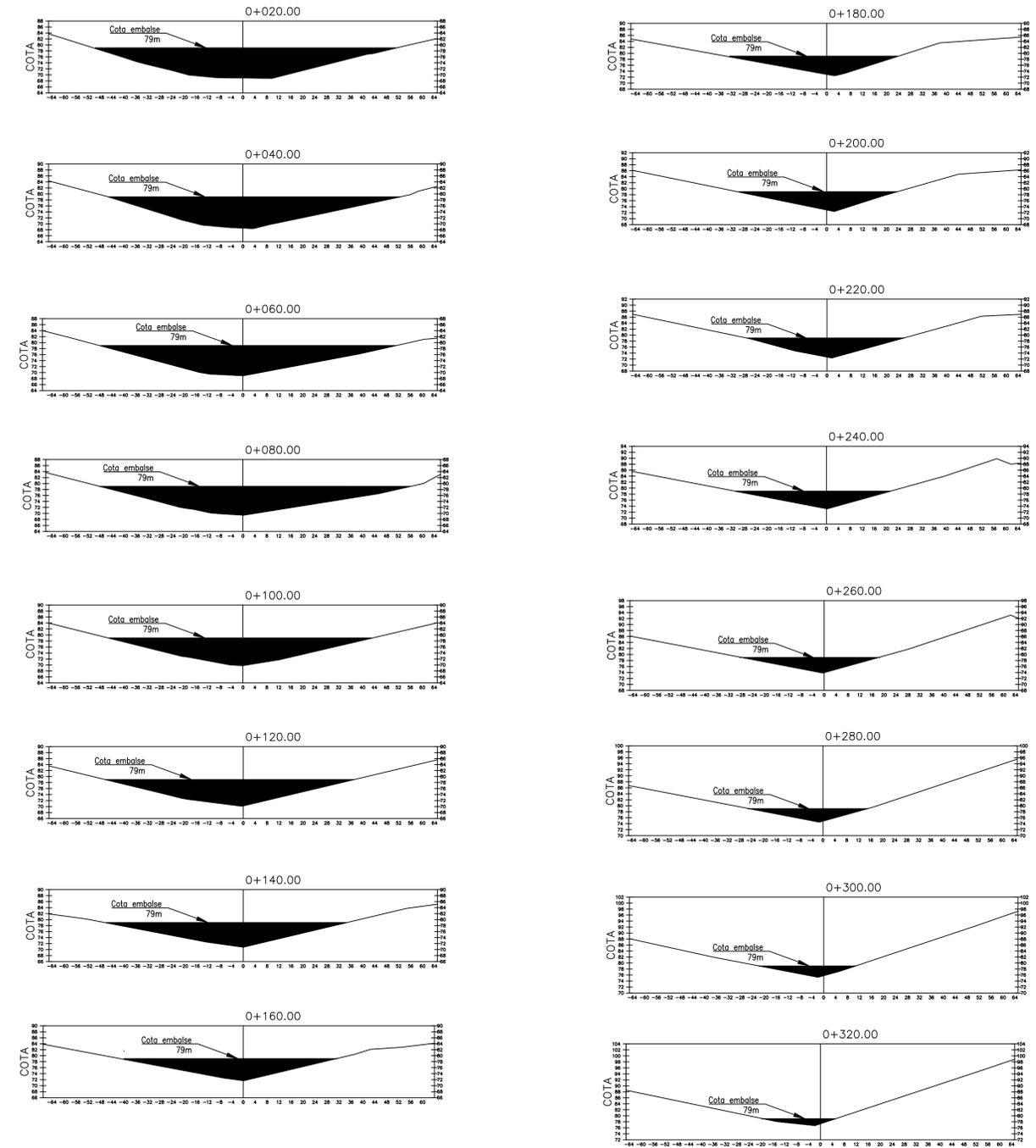
EMBALSE DE AGUA

Escala 1:1000



VISTAS LONGITUDINALES DEL VASO DE LA PRESA

Escala 1:1000



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL
FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS DE LA TIERRA

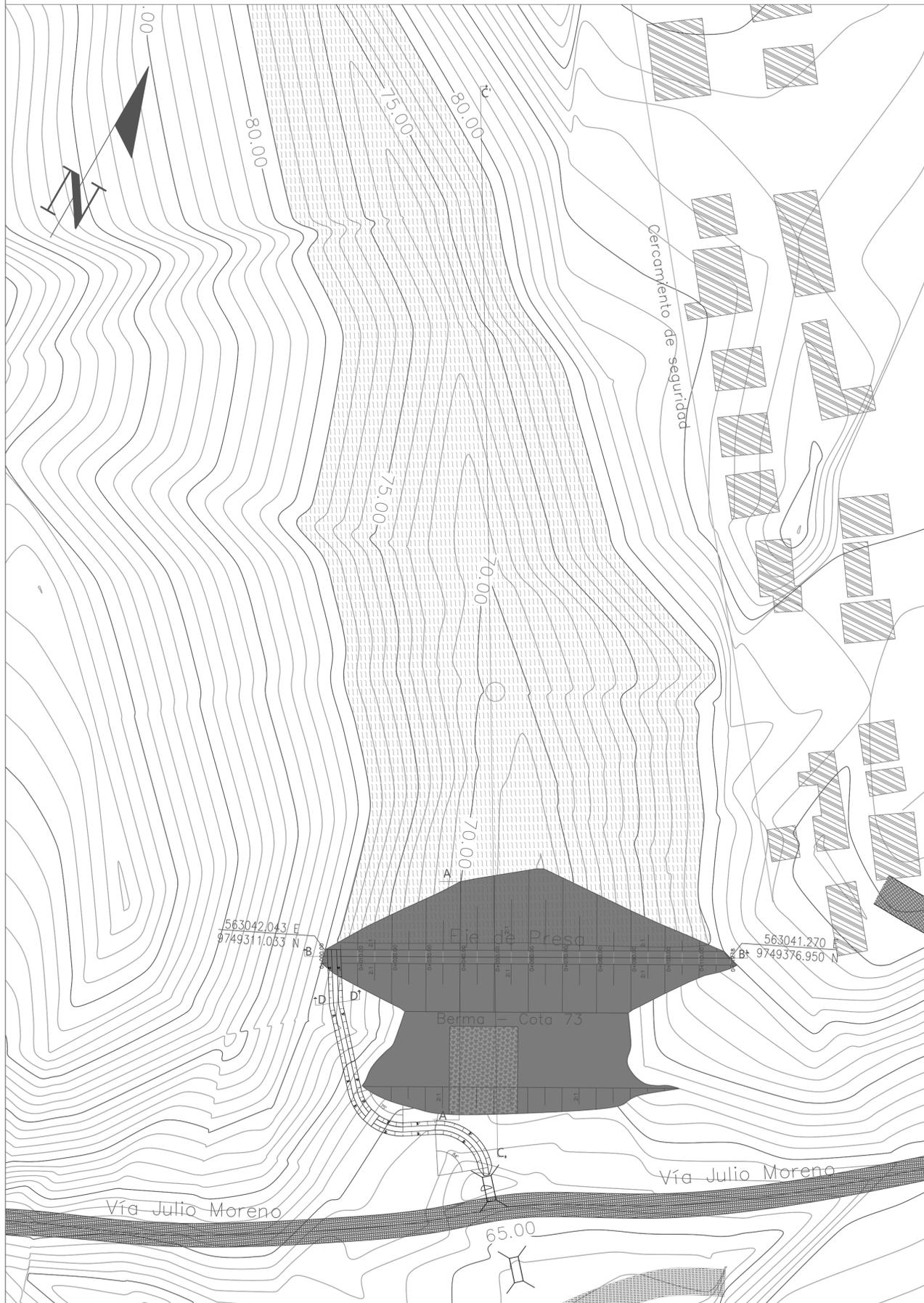
PROYECTO:
ESTUDIOS Y DISEÑOS DE LA PRESA COLINAR EN SACACHÚN #1

CONTENIDO:
VISTAS LONGITUDINALES DE EMBALSE - PRESA COLINAR

Coordinador de Materia Integradora: Ph.D. Andrés Velástegui.	Tutores de Conocimientos Específicos: -MsC. Danilo Dávila -Dis. Int. Carola Zavala. -Ph.D. Andrés Velástegui.	Estudiantes: -Carla Oquendo Borbor. -Anthony Mullo Sinaluisa.	Fecha de entrega: 17 de Agosto, 2021.
Tutor de Área de Conocimiento: Ph.D. Miguel A. Chávez.	Ph.D. Miguel A. Chávez.		Lámina: T 3/3
			Escala: Especificada

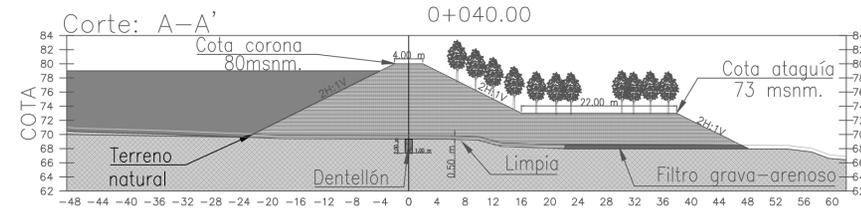
PRESA COLINAR SACACHÚN 1

Escala 1:750



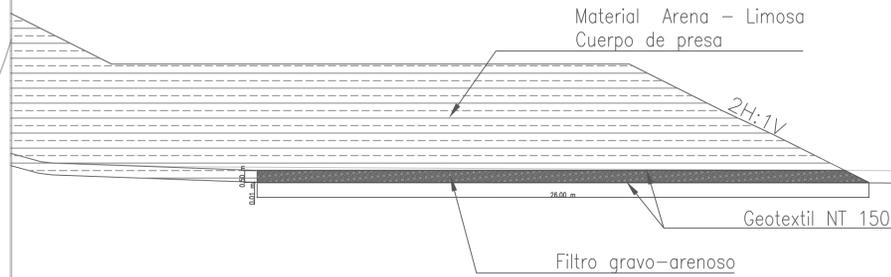
SECCIÓN TÍPICA DE PRESA

Escala 1:500



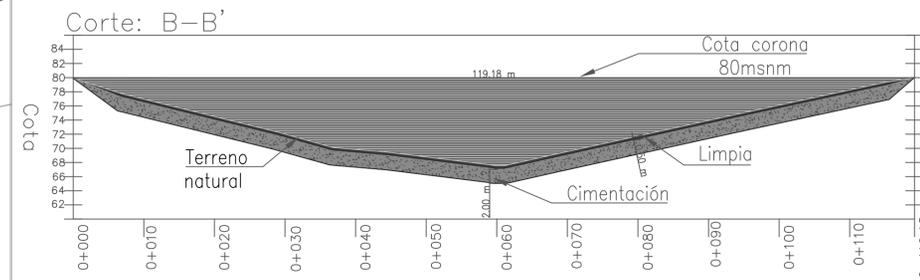
DETALLE DE FILTRO GRAVA-ARENOSO

Escala 1:150



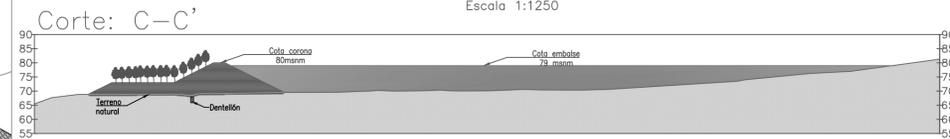
PERFIL LONGITUDINAL DE IMPLANTACIÓN DE PRESA

Escala 1:500



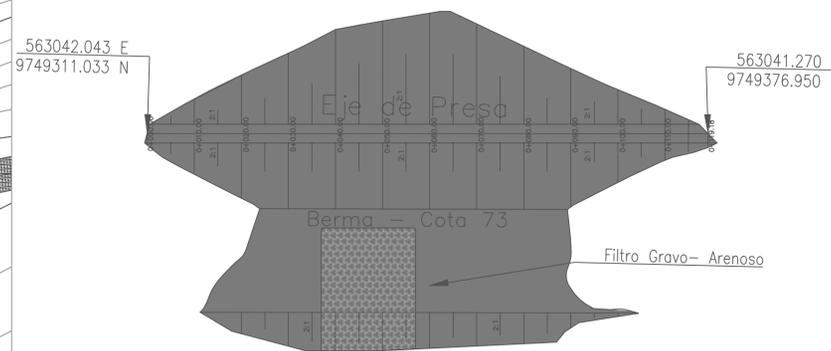
PERFIL TRANSVERSAL VASO DE PRESA

Escala 1:1250



VISTA EN PLANTA PRESA COLINAR

Escala 1:750



ESPECIFICACIONES TÉCNICAS

- Se requiere 22265.93 m³ de material excavado para conformar el cuerpo de la presa colinar.
- Se recomienda rellenar el cuerpo de presa con capas de 25 cm y posteriormente se procederá a la compactación.
- La densidad seca máxima del material debe estar en el rango de 1600– 1900 kg/m³.
- El filtro estará conformado por material grava-arenoso. La grava debe cumplir con un diámetro entre 4 y 5 cm y la arena con un diámetro entre 1 a 2 mm.
- Se realizará la siembra de muyuyo con el objetivo de proteger el talud aguas abajo.
- Se construirá un cercamiento de 300m con alambre de púas y estacas de madera de 2m al borde de la población que está próxima al vaso de la presa.

ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL
FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS DE LA TIERRA

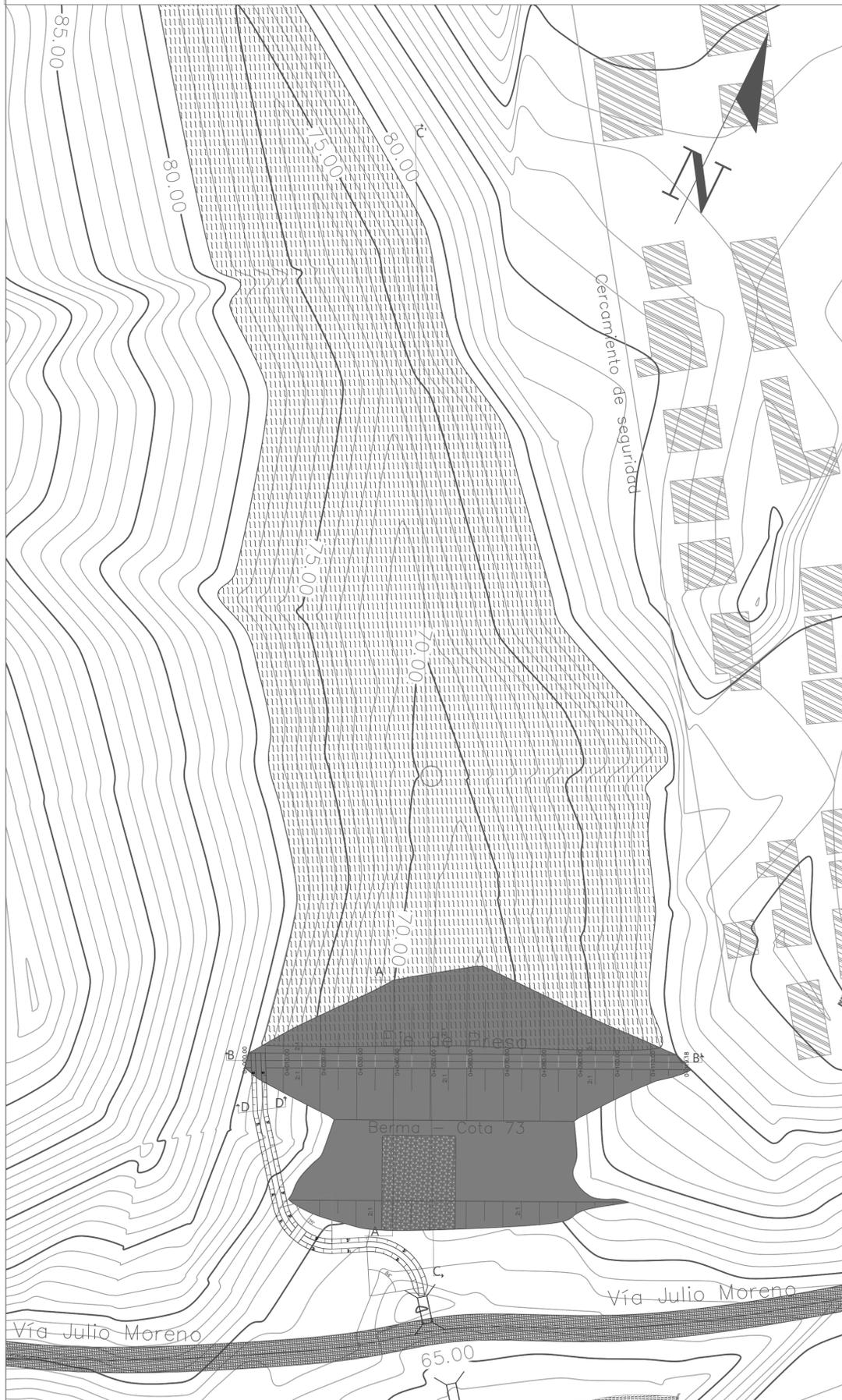
PROYECTO:
ESTUDIOS Y DISEÑOS DE LA PRESA COLINAR EN SACACHÚN #1

CONTENIDO:
VISTA EN PLANTA Y PERFIL TÍPICO DE PRESA COLINAR

Coordinador de Materia Integradora: Ph.D. Andrés Velástegui.	Tutores de Conocimientos Específicos: -MsC. Danilo Dávila -Dis. Int. Carola Zavala. -Ph.D. Andrés Velástegui.	Estudiantes: -Carla Oquendo Borbor. -Anthony Mullo Sinaluisa.	Fecha de entrega: 17 de Agosto, 2021
Tutor de Área de Conocimiento: Ph.D. Miguel A. Chávez.	Ph.D. Miguel A. Chávez.	Lámina: A 1/3	Escala: Especificada

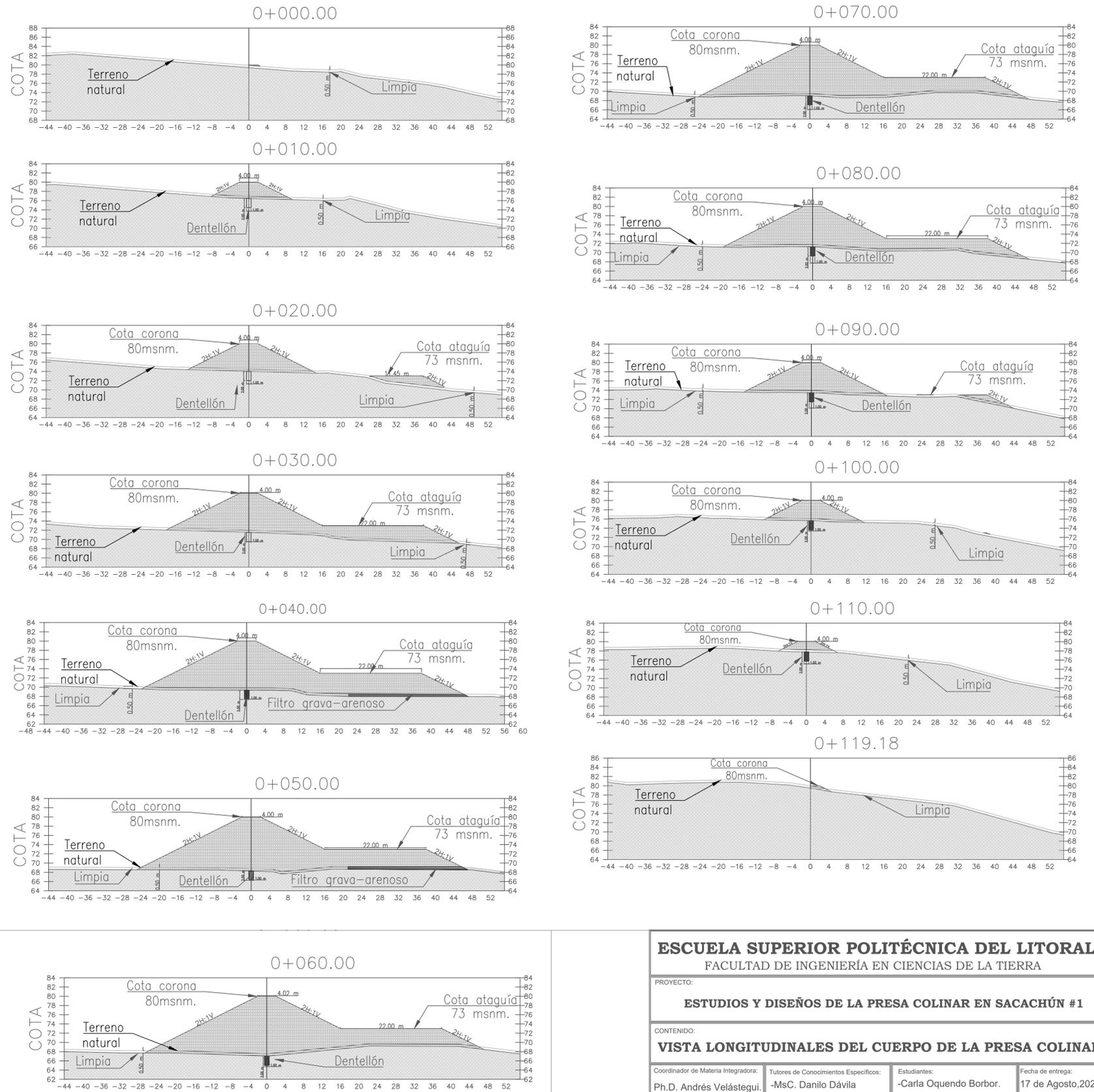
PRESA COLINAR SACACHÚN 1

Escala 1:750



VISTAS LONGITUDINALES DEL VASO DE LA PRESA

Escala 1:500



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS DE LA TIERRA

PROYECTO:
ESTUDIOS Y DISEÑOS DE LA PRESA COLINAR EN SACACHÚN #1

CONTENIDO:
VISTA LONGITUDINALES DEL CUERPO DE LA PRESA COLINAR

Coordinador de Materia Integradora: Ph.D. Andrés Velástegui.	Tutores de Conocimientos Específicos: -MSc. Danilo Dávila -Dis. Int. Carola Zavala -Ph.D. Andrés Velástegui.	Estudiantes: -Carla Oquendo Borbor. -Anthony Mullo Sinaluisa.	Fecha de entrega: 17 de Agosto, 2021.
Tutor de Área de Conocimiento: Ph.D. Miguel A. Chávez.	Ph.D. Miguel A. Chávez.	Lámina: A 2/3	Escala: Especificada

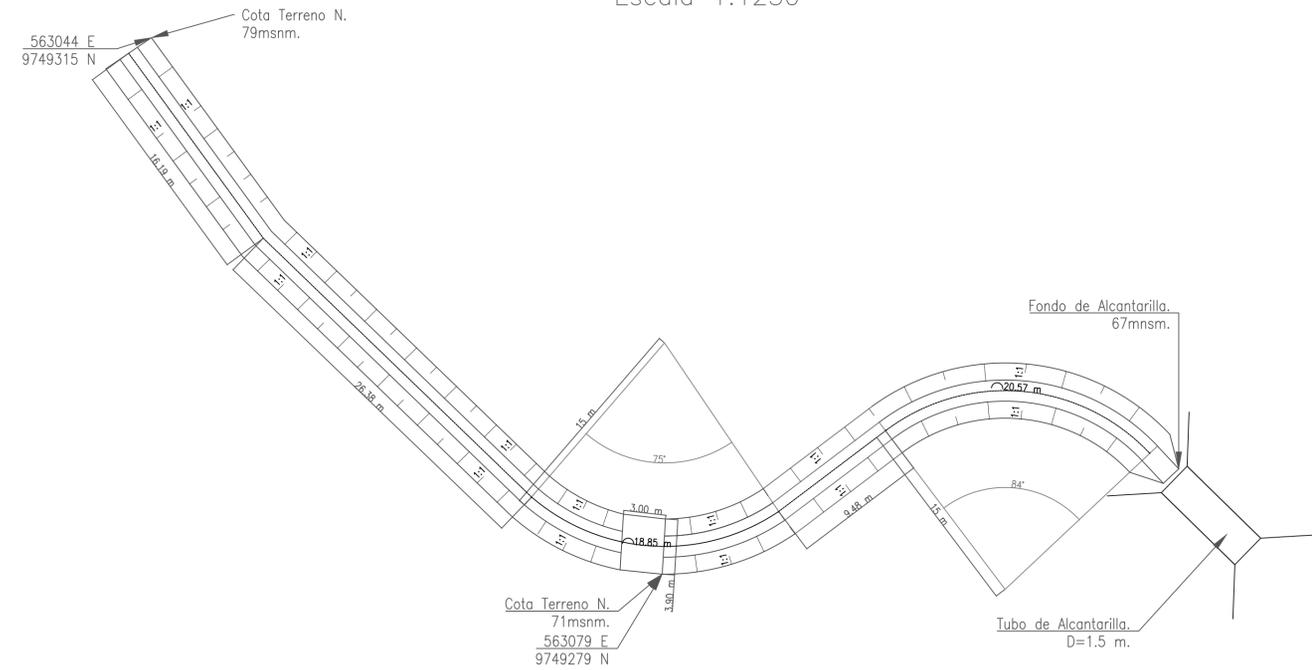
PRESA COLINAR SACACHÚN 1

Escala 1:500



VISTA EN PLANTA DEL ALVIADERO

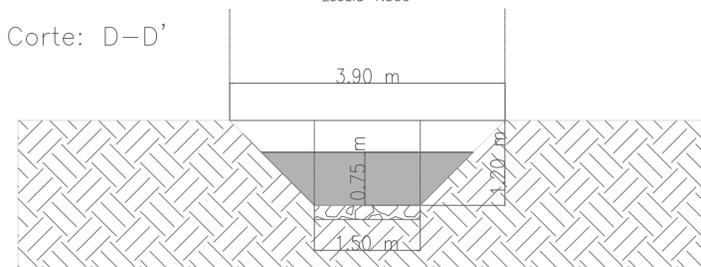
Escala 1:1250



SECCIÓN TRANSVERSAL DEL ALVIADERO

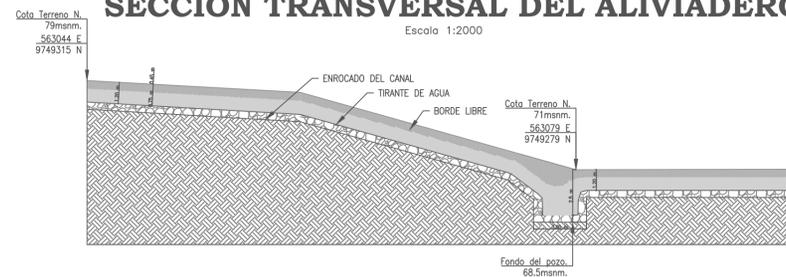
Escala 1:500

Corte: D-D'



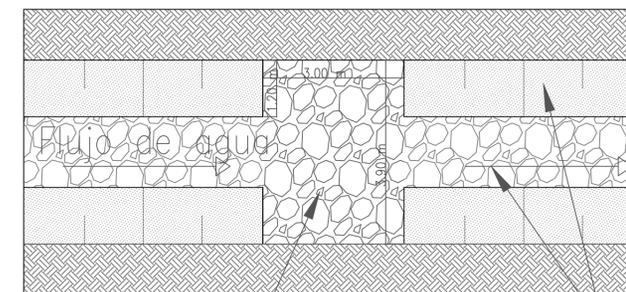
SECCIÓN TRANSVERSAL DEL ALVIADERO

Escala 1:2000



VISTA EN PLANTA DEL POZO DE DISIPACIÓN

Escala 1:750



Pozo de Disipación

Canal trapezoidal

ESPECIFICACIONES

TÉCNICAS

- Se requiere excavar 374.42m³ para conformar el aliviadero.
- El aliviadero será un canal trapezoidal y tendrá una profundidad de 1.2 m y una relación de taludes 1H:1V.
- En el canal de disipación de energía se incorporará una capa de 40 cm de material rocoso que cumpla con un diámetro entre 20 y 25 cm.

ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL

FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS DE LA TIERRA

PROYECTO:

ESTUDIOS Y DISEÑOS DE LA PRESA COLINAR EN SACACHÚN #1

CONTENIDO:

VISTA EN PLANTA Y TRANSVERSAL DEL ALIVADERO

Coordinador de Materia Integradora:

Ph.D. Andrés Velástegui.

Tutor de Área de Conocimiento:

Ph.D. Miguel A. Chávez.

Tutores de Conocimientos Específicos:

-MsC. Danilo Dávila

-Dis. Int. Carola Zavala.

-Ph.D. Andrés Velástegui.

Ph.D. Miguel A. Chávez.

Estudiantes:

-Carla Oquendo Borbor.

-Anthony Mullo Sinaluisa.

Fecha de entrega:

17 de Agosto, 2021.

Lámina:

A 3/3

Escala:

Especificada

APÉNDICE A

**RESULTADOS DE LOS ENSAYOS DE SUELO REALIZADOS AL
MATERIAL DE LA PRESA COLINAR DE LA COMUNA DE
SACACHÚN**

Materia Integradora

Tema: Estudio y diseño de la presa colinar en Sacachún #1.

Localización: Sacachún- Julio Moreno- Santa Elena.

Fecha: 05/05/2021

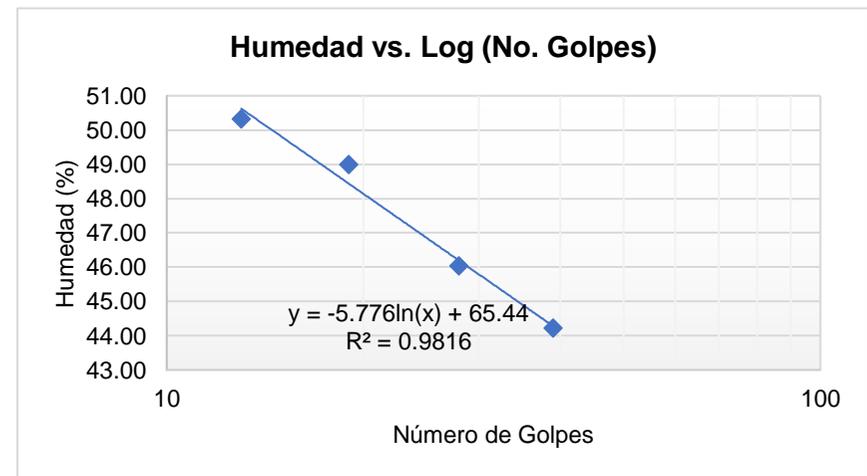
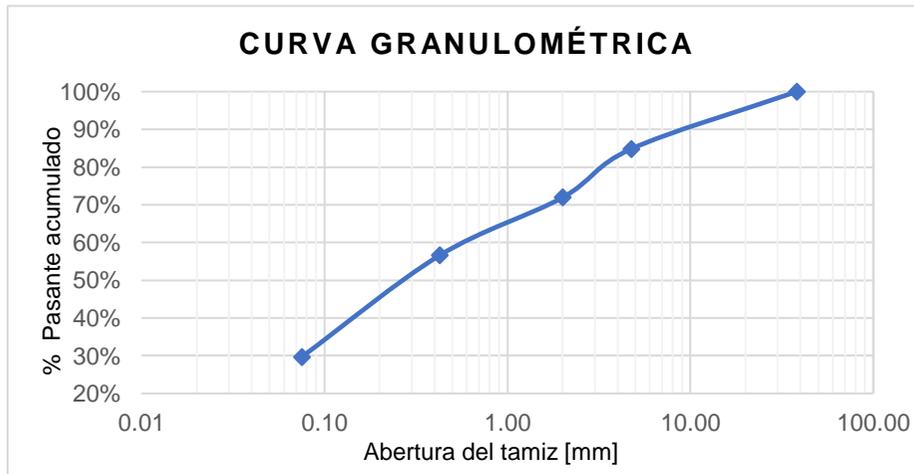
Sondeo: 1

Muestra: M1

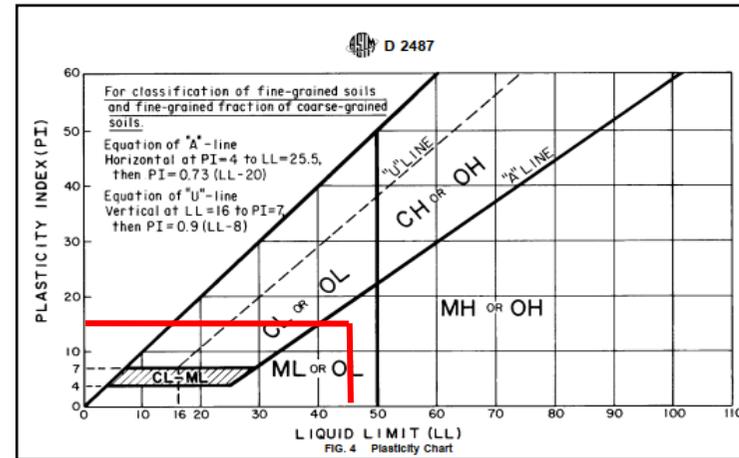
Profundidad: 1 m

Análisis Granulométrico ASTM D 422					
# Tamiz	Abertura [mm]	Peso parcial (g.)	% Retenido	% Retenido acumulado	% Pasante acumulado
1 1/2"	38.100	0.00	0.00%	0.00%	100%
No. 4	4.750	139.10	15.19%	15.19%	85%
No. 10	2.000	118.10	12.89%	28.08%	72%
No. 40	0.425	140.60	15.35%	43.43%	57%
No. 200	0.075	246.50	26.91%	70.34%	30%
Fondo + fino (g.)		271.70	29.66%	100.00%	0%
Total (g.)		916.00	100.00%		

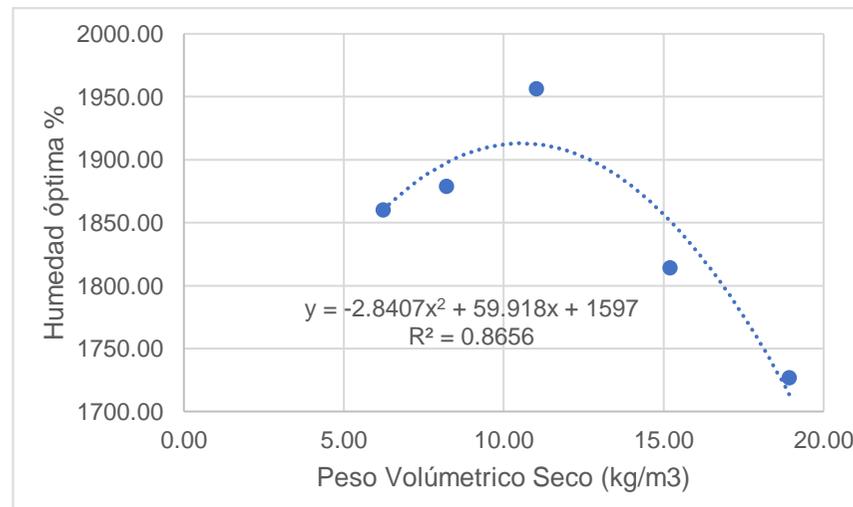
Límites de Atterberg ASTM D 4318						
	Límite Líquido				Límite plástico	
No. Ensayo	1	2	3	4	1	2
No. Recipiente	35	49	90	77	54.00	82.00
Wh+r (g)	12.55	12.14	12.62	13.24	8.25	11.39
Ws+r (g)	10.58	10.27	10.46	10.87	7.81	10.05
Recipiente (g)	6.3	6.04	6.05	6.16	6.33	6.07
Ww = [1]-[2] (g)	1.97	1.87	2.16	2.37	0.44	1.34
Ws = [2]-[3] (g)	4.28	4.23	4.41	4.71	1.48	3.98
w% = ([4]/[5])*100	46.03	44.21	48.98	50.32	29.73	33.67
No. Golpes	28	39	19	13	Promedio	31.70



Cuadro de Resultados		
WL%	46.85	
WP%	31.70	
IP	15.15	
Clasificación SUCS		
SM	Arena Limosa con grava	Limo de baja plasticidad [ML]



Proctor Modificado ASTM T-180												
Peso del Cilindro:(K)				2040.2		Muestra:				M1		
Volumen del cilindro(m3):				0.000944		Número de Golpes (N):				25		
Altura de caída del Martillo (m):				2		Peso del Martillo, Pm:				10 lb		
Cantidad de agua	Recipiente N°	Peso tierra húmeda + rcp	Peso tierra seca + rcp	Peso del rcp	Peso de agua	Peso Seco	W	Peso tierra Húmeda + cilindro	Peso tierra húmeda	1+(W/100)	Peso tierra seca	Peso Volumétrico seco
cm3		gr.	gr.	gr.		gr.	%	Kg.	Kg.		Kg.	Kg/m3
115.00	15.00	1273.70	1207.90	151.90	65.80	1056.00	6.23	3905.40	1.87	1.06	1.76	1859.95
175.00	19.00	1141.90	1066.30	146.60	75.60	919.70	8.22	3959.20	1.92	1.08	1.77	1878.43
295.00	25.00	1368.40	1248.70	163.60	119.70	1085.10	11.03	4090.40	2.05	1.11	1.85	1956.05
414.90	16.00	1111.70	984.30	146.40	127.40	837.90	15.20	4012.80	1.97	1.15	1.71	1813.83
519.90	20.00	1170.10	1008.10	152.10	162.00	856.00	18.93	3978.40	1.94	1.19	1.63	1726.44



**Ensayo permeabilidad
 Carga variable**

Cilindro de muestra		
Longitud	15.4	cm
Diámetro	6.37	cm
Área	31.86	cm ²
Volumen	490.78	cm ³
Wperm	1475.6	gr
Wperrm+ muestra	2224.7	gr
Densidad h	1528.77	Kg/m ³

Tiempo	Col. de agua [cm]
0:00:00	70
0:01:43	40
0:00:00	70
0:01:44	40

Tubo Capilar		
Área	0.15	cm ²
T °C	25.9	
Cv	0.8694	cm ²
Δt	86.4	sg
K	4.1E-04	cm/sg
K	4.08E-06	m/sg

TABLE 6.1 Hydraulic Conductivity for Common Soil Types

Soil type	k_f (cm/s)	Description	Drainage
Clean gravel (GW, GP)	>1.0	High	Very good
Clean sands, clean sand and gravel mixtures (SW, SP)	1.0 to 10^{-3}	Medium	Good
Fine sands, silts, mixtures comprising sands, silts, and clays (SM-SC)	10^{-3} to 10^{-5}	Low	Poor
Weathered and fissured clays			
Silt, silty clay (MH, ML)	10^{-5} to 10^{-7}	Very low	Poor
Homogeneous clays (CL, CH)	$<10^{-7}$	Practically impervious	Very poor

Materia Integradora

Tema: Estudio y diseño de la presa colinar en Sacachún #1.

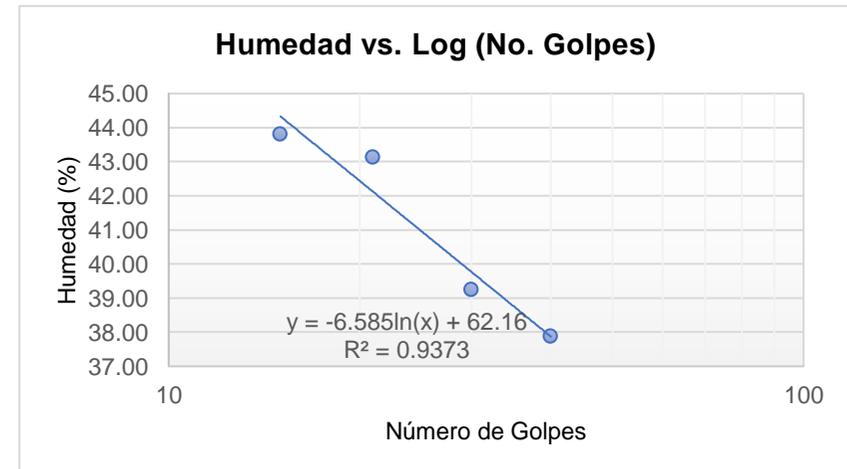
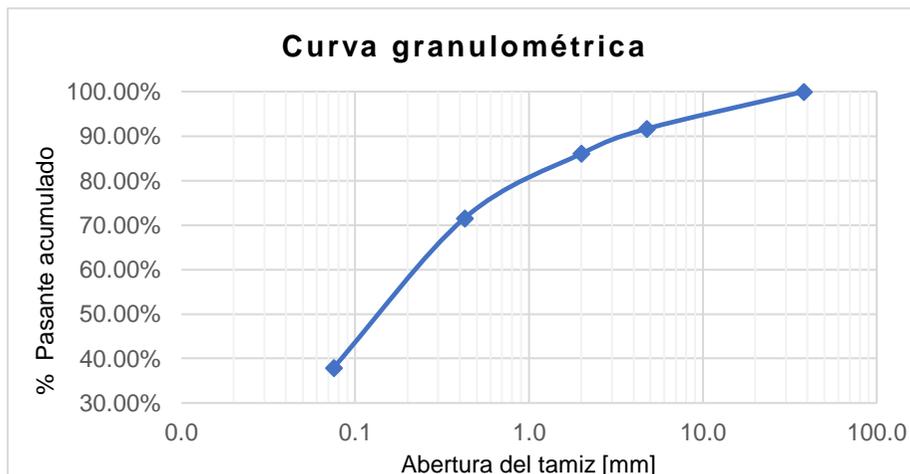
Localización: Sacachún- Julio Moreno- Santa Elena.

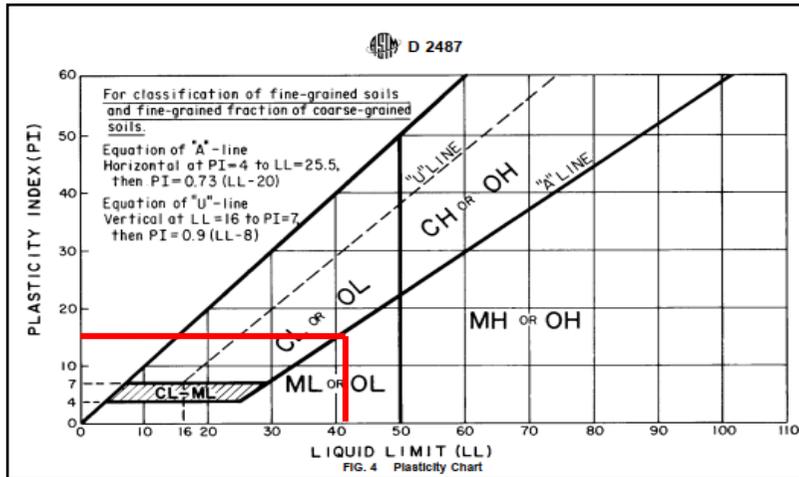
Fecha: 05/05/2021

Sondeo: 2
Muestra: M2
Profundidad: 1 m

Análisis Granulométrico ASTM D 422					
# Tamiz	Abertura [mm]	Peso parcial (g.)	% Retenido	% Retenido acumulado	% Pasante acumulado
1 1/2"	38.100	0.0	0.00%	0.00%	100.00%
No. 4	4.750	85.7	8.37%	8.37%	91.63%
No. 10	2.000	57.2	5.58%	13.95%	86.05%
No. 40	0.425	148.6	14.51%	28.46%	71.54%
No. 200	0.075	344.3	33.62%	62.08%	37.92%
Fondo + fino (g.)		388.4	37.92%	100.00%	0%
Total (g.)		1024.2	100.00%		

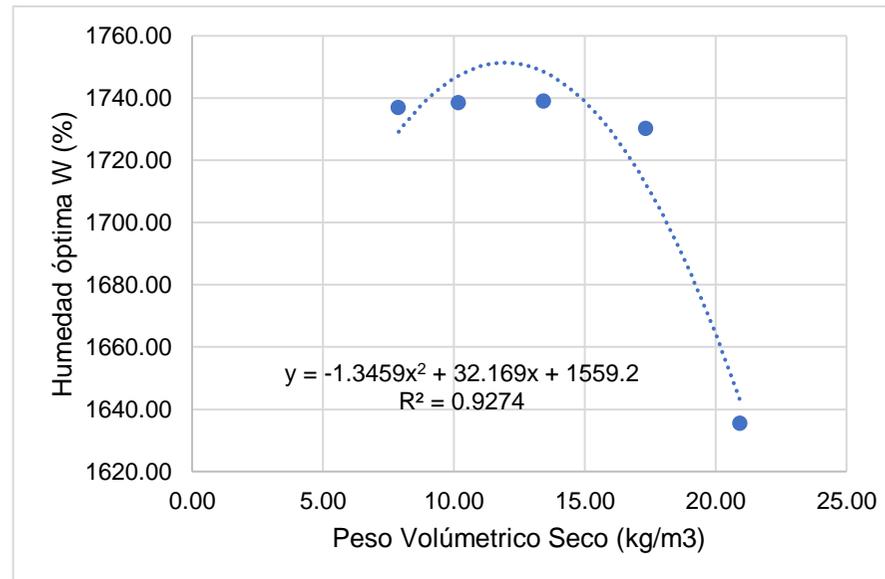
Límites de Atterberg ASTM D 4318						
Límite Líquido					Límite plástico	
No. Ensayo	1	2	3	4	1	2
No. Recipiente	48	22	2	20	19	30
Wh+r (g)	13.16	12.37	12.511	12.7	6.98	8.01
Ws+r (g)	11.26	10.62	10.6	10.72	6.72	7.63
Recipiente (g)	6.42	6	6.17	6.2	5.71	6.19
Ww = [1]-[2] (g)	1.9	1.75	1.911	1.98	0.26	0.38
Ws = [2]-[3] (g)	4.84	4.62	4.43	4.52	1.01	1.44
w% = ([4]/[5])*100	39.26	37.88	43.14	43.81	25.74	26.39
No. Golpes	30	40	21	15	Promedio	26.07





Cuadro de Resultados		
WL%	40.96	
WP%	26.07	
IP	14.90	
Clasificación SUCS		
SM	Arena Limosa	Limo de baja plasticidad [ML]

Proctor Modificado ASTM T-180												
Peso del Cilindro:(K)				2040.2			Muestra:				M2	
Volumen del cilindro(m3):				0.000944			Número de Golpes (N):				25	
Altura de caída del Martillo (m):				2			Peso del Martillo, Pm:				10 lb	
Cantidad de agua	Recipiente N°	Peso tierra húmeda + rcp	Peso tierra seca + rcp	Peso del rcp	Peso de agua	Peso Seco	W	Peso tierra Húmeda + cilindro	Peso tierra húmeda	1+(W/100)	Peso tierra seca	Peso Volumétrico seco
cm3		gr.	gr.	gr.		gr.	%	Kg.	Kg.		Kg.	Kg/m3
165	26	1279.6	1196.5	143.5	83.1	1053	7.89	3809.2	1.7690	1.0789	1.6396	1736.87
225	29	1344.7	1234.2	148.6	110.5	1085.6	10.18	3848.4	1.8082	1.1018	1.6412	1738.51
330	6	1262.2	1131	154.1	131.2	976.9	13.43	3902.3	1.8621	1.1343	1.6416	1739.01
435	29	1216.1	1058.4	148.6	157.7	909.8	17.33	3956.6	1.9164	1.1733	1.6333	1730.18
540	26	1130.7	959.8	143.5	170.9	816.3	20.94	3907.2	1.8670	1.2094	1.5438	1635.37



**Ensayo permeabilidad
 Carga variable**

Cilindro de muestra		
Longitud	15.4	cm
Diámetro	6.37	cm
Área	31.86	cm ²
Volumen	490.78	cm ³
Wperm	1465.3	gr
Wperm+ muestra	2241.8	gr
Densidad h	1584.69	Kg/m ³

Tiempo	Col. de agua [cm]
0:00:00	80
0:01:43	50.5
0:00:00	70
0:01:44	40

Tubo Capilar		
Área	0.15	cm ²
T °C	25.9	°C
Cv	0.8694	cm ²
Δt	952.2	sg
K	3.111E-05	cm/sg
K	3.111E-07	m/sg

TABLE 6.1 Hydraulic Conductivity for Common Soil Types

Soil type	k_f (cm/s)	Description	Drainage
Clean gravel (GW, GP)	>1.0	High	Very good
Clean sands, clean sand and gravel mixtures (SW, SP)	1.0 to 10^{-3}	Medium	Good
Fine sands, silts, mixtures comprising sands, silts, and clays (SM-SC)	10^{-3} to 10^{-5}	Low	Poor
Weathered and fissured clays			
Silt, silty clay (MH, ML)	10^{-5} to 10^{-7}	Very low	Poor
Homogeneous clays (CL, CH)	$<10^{-7}$	Practically impervious	Very poor

Materia Integradora

Tema: Estudio y diseño de la presa colinar en Sacachún #1.

Localización: Sacachún- Julio Moreno- Santa Elena.

Fecha: 05/05/2021

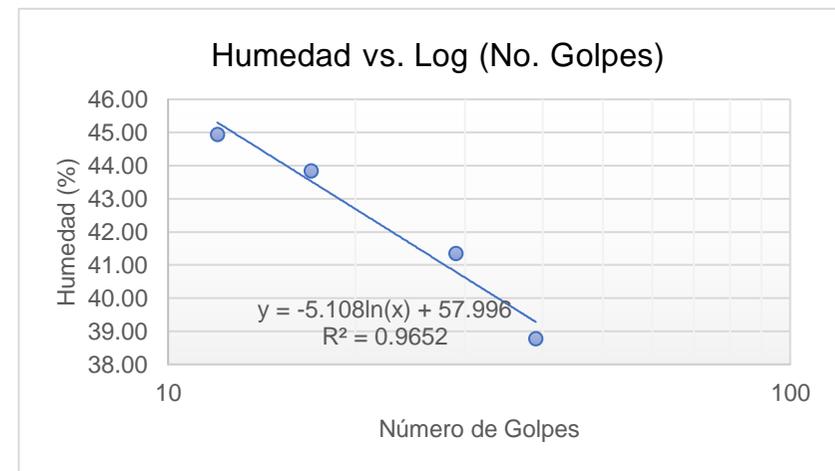
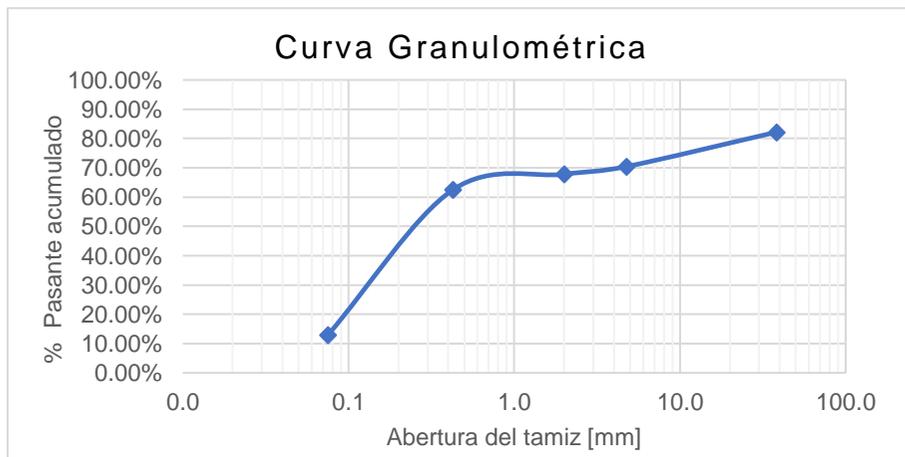
Sondeo: 3

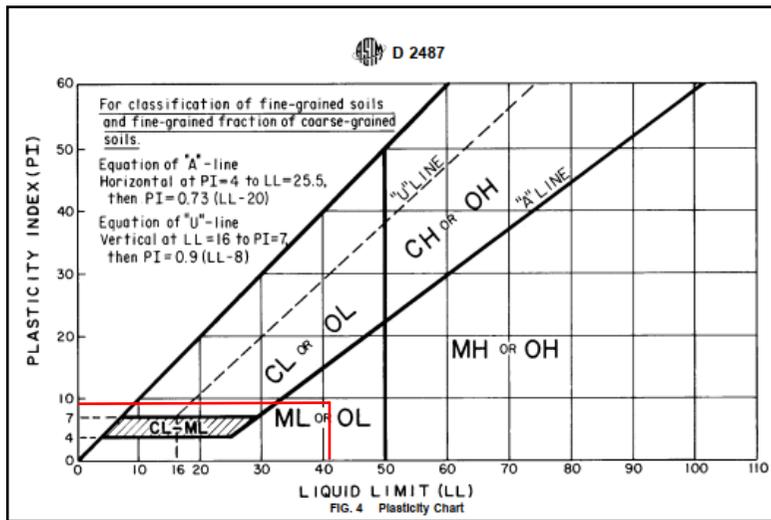
Muestra: M3

Profundidad: 1 m

Análisis Granulométrico ASTM D 422					
# Tamiz	Abertura [mm]	Peso parcial (g.)	% Retenido	% Retenido acumulado	% Pasante acumulado
1 1/2"	38.100	214.7	17.84%	17.84%	82.16%
No. 4	4.750	141.1	11.73%	29.57%	70.43%
No. 10	2.000	31.6	2.63%	32.19%	67.81%
No. 40	0.425	64.6	5.37%	37.56%	62.44%
No. 200	0.075	596.2	49.55%	87.11%	12.89%
Fondo + fino (g.)		155.1	12.89%	100.00%	0%
Total (g.)		1203.3	100.00%		

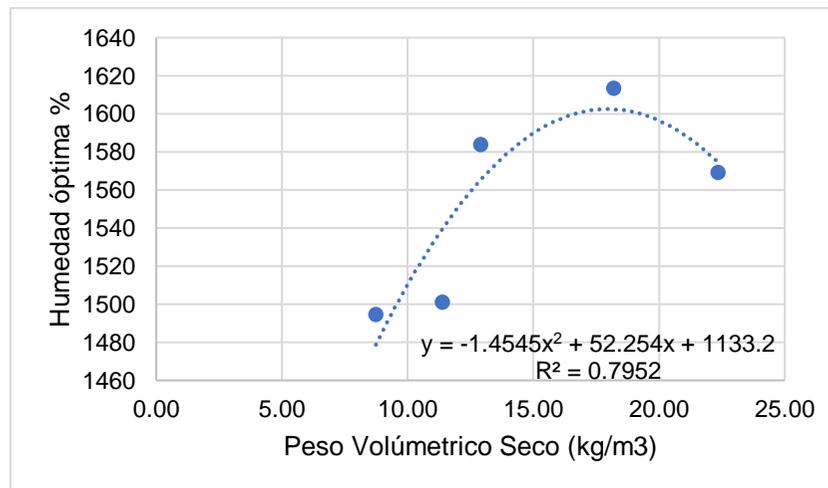
Límites de Atterberg ASTM D 4318						
No. Ensayo	Límite Líquido				Límite plástico	
	1	2	3	4	1	2
No. Recipiente	71	29	38	17	33	36
Wh+r (g)	12.37	12.64	12.58	12.23	8.74	9.45
Ws+r (g)	10.37	10.72	10.74	10.52	8.15	8.62
Recipiente (g)	5.92	6.34	6.29	6.11	6.27	6.08
Ww = [1]-[2] (g)	2	1.92	1.84	1.71	0.59	0.83
Ws = [2]-[3] (g)	4.45	4.38	4.45	4.41	1.88	2.54
w% = ([4]/[5])*100	44.94	43.84	41.35	38.78	31.38	32.68
No. Golpes	12	17	29	39	Promedio	32.03





Cuadro de Resultados		
WL%	41.55	
WP%	32.03	
IP	9.52	
Clasificación SUCS		
SM	Arena Limosa con grava	Limo de baja plasticidad [ML]

Proctor Modificado ASTM T-180												
Peso del Cilindro:(K)				2040.2		Muestra:				M3		
Volumen del cilindro(m3):				0.000944		Número de Golpes (N):				25		
Altura de caída del Martillo (m):				2		Peso del Martillo, Pm:				10 lb		
Cantidad de agua	Recipiente N°	Peso tierra húmeda + rcp	Peso tierra seca + rcp	Peso del rcp	Peso de agua	Peso Seco	W	Peso tierra Húmeda + cilindro	Peso tierra húmeda	1+(W/100)	Peso tierra seca	Peso Volumétrico seco
cm3		gr.	gr.	gr.		gr.	%	Kg.	Kg.		Kg.	Kg/m3
104	4	1318	1224.2	150.8	93.8	1073.4	8.74	3574.1	1.53	1.09	1.41	1494
175	9	1234.1	1122.4	142.9	111.7	979.5	11.40	3618.5	1.58	1.11	1.42	1501
260	13	1143	1028.7	143.6	114.3	885.1	12.91	3728.1	1.69	1.13	1.49	1584
364	16	1185.8	1025.7	146.3	160.1	879.4	18.21	3840.4	1.80	1.18	1.52	1613
572	26	1180.7	991.2	143.5	189.5	847.7	22.35	3852.4	1.81	1.22	1.48	1569



**Ensayo permeabilidad
 Carga variable**

Cilindro de muestra		
Longitud	15.4	cm
Diámetro	6.37	cm
Área	31.86	cm ²
Volumen	490.78	cm ³
Wperm	1475.6	gr
Wperm+ muestra	2224.7	gr
Densidad h	1528.77	Kg/m ³

Tiempo	Col. de agua [cm]
0:00:00	70
0:01:43	40
0:00:00	70
0:01:44	40

Tubo Capilar		
Área	0.15	cm ²
T °C	25.9	
Cv	0.8694	cm ²
Δt	86.4	sg
K	4.1E-04	cm/sg
K	4.08E-06	m/sg

TABLE 6.1 Hydraulic Conductivity for Common Soil Types

Soil type	k_r (cm/s)	Description	Drainage
Clean gravel (GW, GP)	>1.0	High	Very good
Clean sands, clean sand and gravel mixtures (SW, SP)	1.0 to 10 ⁻³	Medium	Good
Fine sands, silts, mixtures comprising sands, silts, and clays (SM-SC)	10 ⁻³ to 10 ⁻⁵	Low	Poor
Weathered and fissured clays			
Silt, silty clay (MH, ML)	10 ⁻⁵ to 10 ⁻⁷	Very low	Poor
Homogeneous clays (CL, CH)	<10 ⁻⁷	Practically impervious	Very poor

Materia Integradora

Tema: Estudio y diseño de la presa colinar en Sacachún #1.

Localización: Sacachún- Julio Moreno- Santa Elena.

Fecha: 05/05/2021

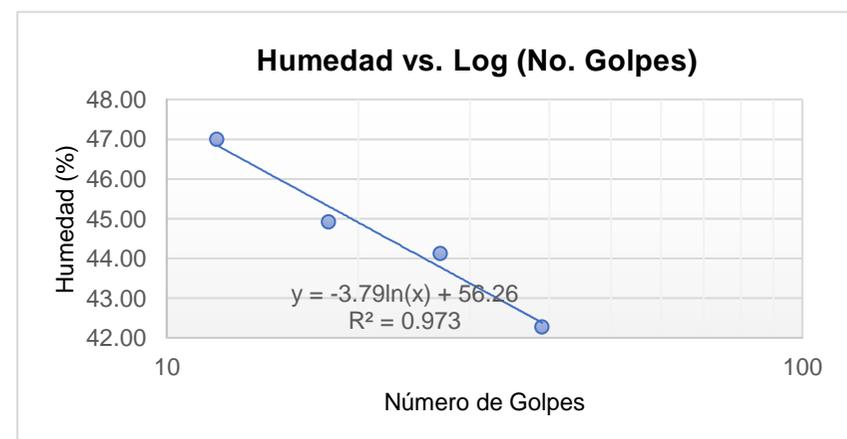
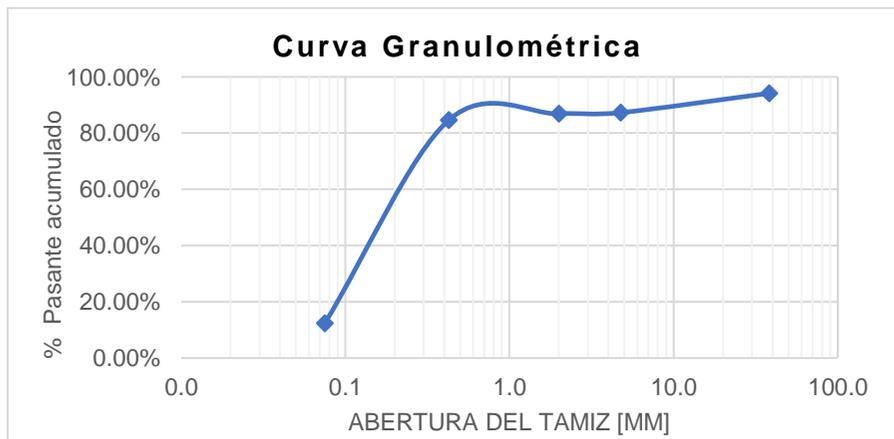
Sondeo: 4

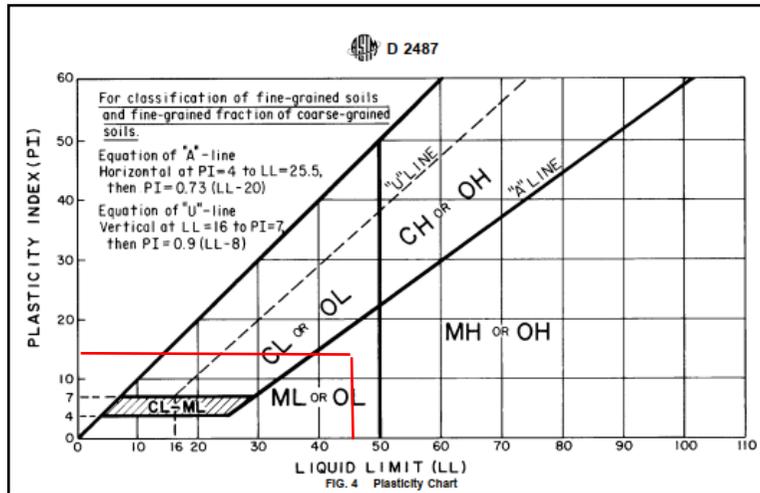
Muestra: M4

Profundidad: 1 m

Análisis Granulométrico ASTM D 422					
# Tamiz	Abertura [mm]	Peso parcial (g.)	% Retenido	% Retenido acumulado	% Pasante acumulado
1 1/2"	38.100	62.1	5.82%	5.82%	94.18%
No. 4	4.750	73.4	6.88%	12.69%	87.31%
No. 10	2.000	4.4	0.41%	13.11%	86.89%
No. 40	0.425	24.9	2.33%	15.44%	84.56%
No. 200	0.075	770.4	72.17%	87.61%	12.39%
Fondo + fino (g.)		132.3	12.39%	100.00%	0%
Total (g.)		1067.5	100.00%		

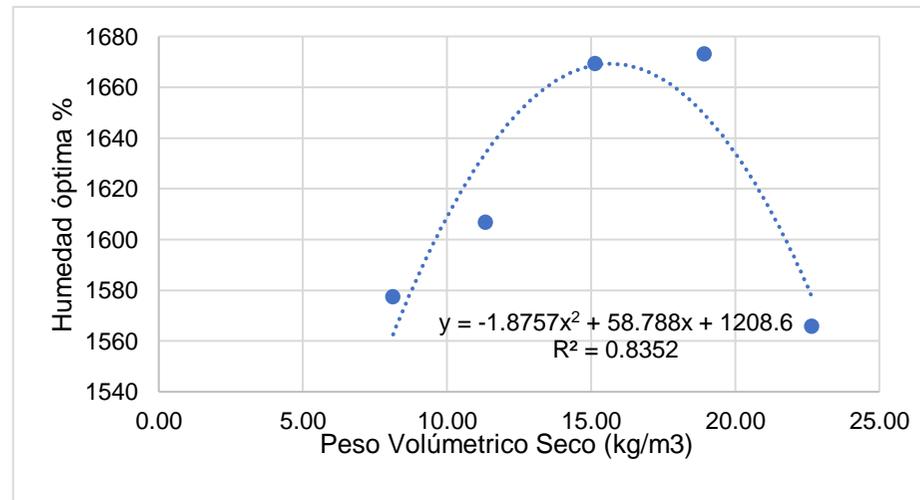
Límites de Atterberg ASTM D 4318						
No. Ensayo	Límite Líquido				Límite plástico	
	1	2	3	4	1	2
No. Recipiente	48	63	30	38	36	22
Wh+r (g)	13.02	12.31	12.44	13.14	8.61	8.29
Ws+r (g)	10.91	10.28	10.58	11.04	7.98	7.75
Recipiente (g)	6.42	5.76	6.18	6.28	6.08	6.00
Ww = [1]-[2] (g)	2.11	2.03	1.86	2.1	0.63	0.54
Ws = [2]-[3] (g)	4.49	4.52	4.4	4.76	1.90	1.75
w% = ([4]/[5])*100	46.99	44.91	42.27	44.12	33.16	30.86
No. Golpes	12	18	39	27	Promedio	32.01





Cuadro de Resultados		
WL%	44.06	
WP%	32.01	
IP	12.05	
Clasificación SUCS		
SM	Arena Limosa	Limo de baja plasticidad [ML]

Proctor Modificado ASTM T-180												
Peso del Cilindro:(K)				2040.2			Muestra:				M4	
Volumen del cilindro(m3):				0.000944			Número de Golpes (N):				25	
Altura de caída del Martillo (m):				2			Peso del Martillo, Pm:				10 lb	
Cantidad de agua	Recipiente N°	Peso tierra húmeda + rcp	Peso tierra seca + rcp	Peso del rcp	Peso de agua	Peso Seco	W	Peso tierra Húmeda + cilindro	Peso tierra húmeda	1+(W/100)	Peso tierra seca	Peso Volumétrico seco
cm3		gr.	gr.	gr.		gr.	%	Kg.	Kg.		Kg.	Kg/m3
150	19	1227.8	1146.5	146.7	81.3	999.8	8.13	3650.4	1.61	1.08	1.49	1577
250	9	1282.7	1166.6	142.7	116.1	1023.9	11.34	3728.9	1.69	1.11	1.52	1607
360	4	1244.6	1100.7	150.9	143.9	949.8	15.15	3854.8	1.81	1.15	1.58	1669
465	4	1214.1	1044.9	151	169.2	893.9	18.93	3918.6	1.88	1.19	1.58	1673
570	19	1172.6	983.1	146.7	189.5	836.4	22.66	3853.1	1.81	1.23	1.48	1566



**Ensayo permeabilidad
 Carga variable**

Cilindro de muestra		
Longitud	15.4	cm
Diámetro	6.37	cm
Área	31.86	cm ²
Volumen	490.78	cm ³
Wperm	1474	gr
Wperm+ muestra	2218.5	gr
Densidad h	1516.9730	Kg/m ³

Tiempo	Col. de agua [cm]
0:00:00	80
0:01:43	50
0:00:00	80
0:01:44	50

Tubo Capilar		
Área	0.15	cm ²
T °C	25.9	
Cv	0.8694	cm ²
Δt	86.4	sg
K	4.1E-04	cm/sg
K	4.08E-06	m/sg

TABLE 6.1 Hydraulic Conductivity for Common Soil Types

Soil type	k_z (cm/s)	Description	Drainage
Clean gravel (GW, GP)	>1.0	High	Very good
Clean sands, clean sand and gravel mixtures (SW, SP)	1.0 to 10 ⁻³	Medium	Good
Fine sands, silts, mixtures comprising sands, silts, and clays (SM-SC)	10 ⁻³ to 10 ⁻⁵	Low	Poor
Weathered and fissured clays			
Silt, silty clay (MH, ML)	10 ⁻⁵ to 10 ⁻⁷	Very low	Poor
Homogeneous clays (CL, CH)	<10 ⁻⁷	Practically impervious	Very poor

Ensayo de Corte Directo

ASTM D3080

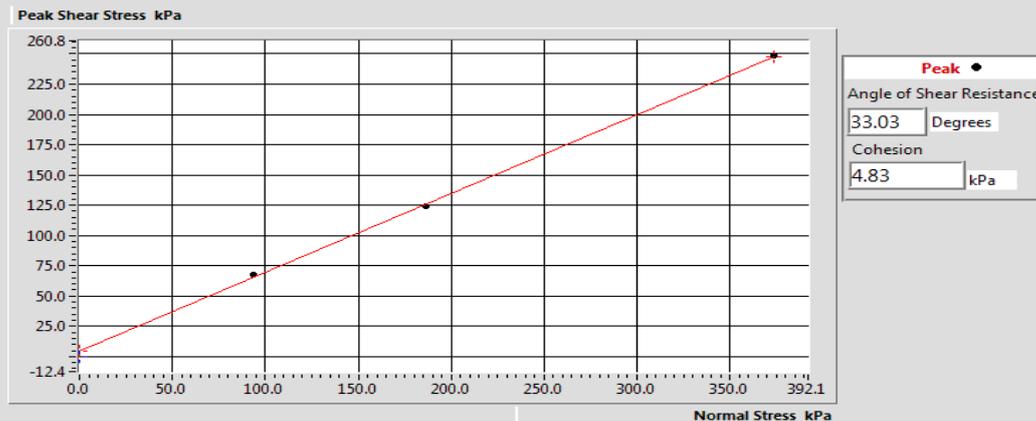


Propósito	Materia Integradora	Laboratorio	FICT ESPOL
Nombre del proyecto.	Estudio y diseño de la presa colinar en Sacachún #1	Estudiante	Anthony Mullo Carla Oquendo
Pozo	2	Muestra	M2

Test Summary

Reference	A	B	C
Normal Stress	171.9 kPa	344.3 kPa	86.1 kPa
Peak Strength	122.4 kPa	231.5 kPa	60.5 kPa
Corresponding Horizontal Displacement	7.071 mm	4.266 mm	4.907 mm
Residual Stress	N/A	N/A	N/A
Rate of Shear Displacement	Stage 1: 0.0238mm/min	Stage 1: 0.0150mm/min	Stage 1: 0.0197mm/min
Final Height	16.70 mm	16.77 mm	3.84 mm
Sample Area	3600.00 mm ²	3600.00 mm ²	3600.00 mm ²
Initial Wet Unit Weight	14.36 kN/m ³	14.62 kN/m ³	16.16 kN/m ³
Initial Dry Unit Weight	11.38 kN/m ³	11.53 kN/m ³	12.82 kN/m ³
Final Wet Unit Weight	18.45 kN/m ³	19.03 kN/m ³	16.18 kN/m ³
Final Dry Unit Weight	13.63 kN/m ³	13.76 kN/m ³	12.24 kN/m ³
Final Moisture Content	35.41 %	38.35 %	33.13 %
Particle Specific Gravity	2.65	2.65	2.65
Final Void Ratio	0.9075	0.8895	0.9152
Final Saturation	103.40%	114.24%	109.12%

Maximum Shear Stress vs Normal Stress



Ensayo de Corte Directo

ASTM D3080

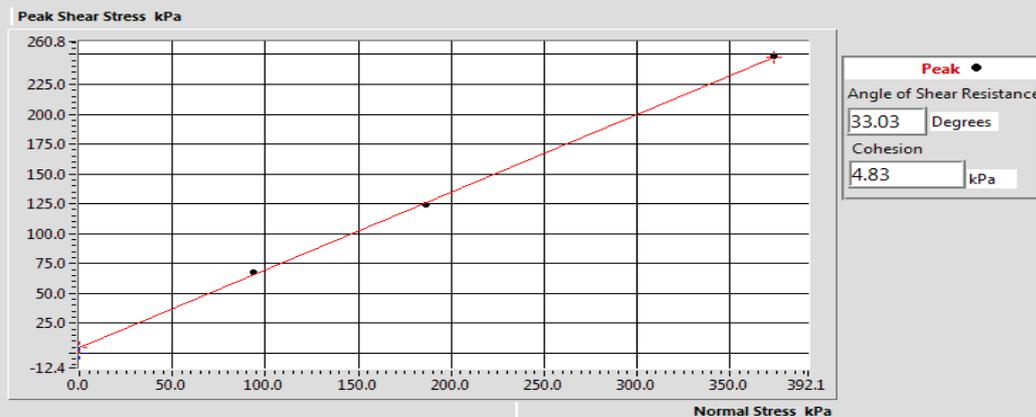


Propósito	Materia Integradora	Laboratorio	FICT ESPOL
Nombre del proyecto.	Estudio y diseño de la presa colinar en Sacachún #1	Estudiante	Anthony Mullo Carla Oquendo
Pozo	3	Muestra	M3

Test Summary

Reference	A	B	C
Normal Stress	186.7 kPa	93.7 kPa	373.4 kPa
Peak Strength	123.9 kPa	67.3 kPa	248.4 kPa
Corresponding Horizontal Displacement	5.255 mm	2.492 mm	4.822 mm
Residual Stress	N/A	N/A	N/A
Rate of Shear Displacement	Stage 1: 0.0306mm/min	Stage 1: 0.0117mm/min	Stage 1: 0.0150mm/min
Final Height	19.65 mm	18.84 mm	17.29 mm
Sample Area	3600.00 mm ²	3600.00 mm ²	3600.00 mm ²
Initial Wet Unit Weight	15.57 kN/m ³	16.41 kN/m ³	14.86 kN/m ³
Initial Dry Unit Weight	12.15 kN/m ³	12.56 kN/m ³	11.55 kN/m ³
Final Wet Unit Weight	16.63 kN/m ³	17.61 kN/m ³	19.19 kN/m ³
Final Dry Unit Weight	12.37 kN/m ³	13.33 kN/m ³	13.36 kN/m ³
Final Moisture Content	34.50 %	32.11 %	43.63 %
Particle Specific Gravity	2.65	2.65	2.65
Final Void Ratio	1.1023	0.9502	0.9462
Final Saturation	82.95%	89.55%	122.19%

Maximum Shear Stress vs Normal Stress



APÉNDICE B
ANÁLISIS HIDROLÓGICO

DATOS ESTACIÓN PLUVIOMÉTRICA														
Estación:		M0780							Latitud		2°1'0" S			
Denominación:		COLONCHE							Longitud		80°40'0" W			
Año	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	Total, anual	Máximo 24 Hrs.
	[mm]	[mm]	[mm]	[mm]	[mm]	[mm]	[mm]	[mm]	[mm]	[mm]	[mm]	[mm]	[mm]	[mm]
1995	14.70	56.20	9.90	0.00	13.50	0.00	0.00	2.20	3.11	11.60	5.30	2.00	118.51	23.00
1996	14.50	43.20	27.50	4.70	12.70	7.20	9.20	2.00	0.00	3.50	6.40	5.20	136.1	14.30
1997	69.30	208.70	457.90	138.30	118.10	12.00	1.00	70.70	1.90	31.80	344.40	679.90	2134	107.50
1998	182.00	56.80	42.40	56.20	28.40	12.50	15.30	17.00	7.40	0.00	0.00	0.00	418	0.00
1999	14.30	168.20	36.00	36.80	15.00	11.40	7.50	17.50	0.00	7.70	10.10	7.20	331.7	90.60
2000	10.60	12.60	38.90	41.60	14.30	8.10	0.00	0.50	0.00	0.00	0.30	35.00	161.9	0.00
2001	193.70	98.20	85.70	209.10	24.60	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.70	3.50	615.5	6.60
2002	73.80	346.60	394.70	164.50	52.10	86.20	0.00	0.00	21.40	0.00	17.50	49.90	1206.7	0.00
2003	115.40	157.10	77.00	113.90	82.00	0.00	0.90	0.50	0.00	3.50	2.30	16.80	569.4	0.00
2004	12.10	49.60	49.80	3.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	114.5	22.50
2005	13.90	88.80	66.60	59.90	0.30	0.90	0.40	0.20	0.00	0.00	0.00	3.60	234.6	30.60
2006	50.50	63.30	79.20	22.70	5.60	0.00	0.00	2.80	1.70	0.00	10.60	10.90	247.3	0.00
2007	127.00	70.00	314.50	38.40	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	549.9	0.00
2008	103.30	83.10	244.40	103.30	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	534.1	0.00
2009	123.70	167.10	77.40	34.80	9.70	0.00	4.60	3.50	0.00	0.00	0.00	0.00	420.8	0.00
2010	143.30	203.20	248.10	101.50	52.10	10.50	6.80	2.10	1.10	1.30	0.00	168.90	938.9	0.00
2011	21.90	30.40	0.00	63.40	0.00	2.70	2.50	8.90	1.90	3.50	0.00	0.80	136	31.60
2012	217.50	124.50	101.30	48.50	7.00	0.00	0.50	0.90	5.10	2.30	5.90	4.20	517.7	80.70
2013	68.00	134.60	221.20	0.00	0.00	13.80	0.00	0.00	0.00	11.70	4.20	0.00	453.5	66.00
PROMEDIO	82.61	113.80	135.39	65.29	22.92	8.70	2.56	6.78	2.30	4.05	21.46	51.99		
MAX	217.50	346.60	457.90	209.10	118.10	86.20	15.30	70.70	21.40	31.80	344.40	679.90		

DATOS ESTACIÓN PLUVIOMÉTRICA														
Estación:		M472							Latitud		2°10'44" S			
Denominación:		JULIO MORENO							Longitud		80°21'26" W			
Año	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	Total, anual	Máximo 24 Hrs.
	[mm]	[mm]	[mm]	[mm]	[mm]	[mm]	[mm]	[mm]	[mm]	[mm]	[mm]	[mm]	[mm]	[mm]
1995	145.70	257.60	30.50	0.00	0.00	0.00	6.60	42.00	15.70	0.00	6.10	0.00	504.20	
1996	23.90	31.20	11.60	7.20	3.70	4.30	3.50	7.80	2.30	3.10	2.50	0.00	101.10	22.60
1997	42.20	9.30	159.10	7.10	2.50	2.00	0.00	0.00	0.00	9.80	241.20	444.20	917.40	0.00
1998	63.30	45.10	114.70	8.20	54.30	20.40	6.40	0.00	0.00	0.00	0.00	16.80	329.20	0.00
1999	19.10	220.80	167.80	36.80	19.00	2.20	3.20	3.50	1..8	0.00	9.50	22.90	504.80	0.00
2000	144.50	433.00	89.00	7.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	673.50	0.00
2001	20.90	25.40	83.00	19.30	18.90	19.30	13.50	0.00	23.70	6.80	3.70	76.50	311.00	0.00
2002	9.00	28.00	23.90	91.60	52.60	40.90	20.60	26.60	8.70	4.00	7.70	5.40	319.00	0.00
2003	22.40	18.30	22.80	29.10	6.40	3.60	22.60	0.00	5.00	2.80	77.90	22.90	233.80	0.00
2004	32.20	91.90	48.20	5.50	17.90	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	2.50	0.00	198.20	0.00
2005	9.90	35.70	64.10	34.60	25.60	8.10	6.50	0.00	0.00	5.70	19.50	9.20	218.90	25.20
2006	59.20	93.70	110.50	2.10	6.60	0.00	0.00	0.40	0.00	0.00	6.50	20.70	299.70	0.00
2007	34.90	24.30	68.10	15.50	2.40	11.50	4.50	4.40	0.80	9.80	0.00	1.80	178.00	0.00
2008	258.50	228.20	74.50	3.60	3.40	11.20	6.50	0.00	0.00	5.70	19.50	9.20	620.30	0.00
2009	11.20	117.50	100.60	62.70	13.00	0.70	0.40	2.00	0.40	0.70	0.30	17.20	326.70	0.00
2010	31.20	43.30	64.00	37.70	57.00	18.00	31.80	16.60	35.40	13.50	16.40	66.60	431.50	0.00
2011	46.00	68.30	0.80	121.80	0.00	3.70	27.20	201.00	0.30	13.00	1.60	13.50	497.20	28.50
2012	124.90	197.60	160.30	26.90	4.20	2.50	2.10	1.90	7.20	12.80	5.90	4.20	550.50	25.30
2013	141.30	151.30	155.20	25.70	1.70	20.80	8.30	8.50	3.30	18.20	4.70	0.00	539.00	60.20
PROMEDIO	65.28	111.61	81.51	28.55	15.22	8.91	8.62	16.56	5.71	5.57	22.39	38.48		
MAX	258.50	433.00	167.80	121.80	57.00	40.90	31.80	201.00	35.40	18.20	241.20	444.20		

DATOS ESTACIÓN PLUVIOMÉTRICA														
Estación:		M223							Latitud		2°15'0" S			
Denominación:		EL AZUCAR							Longitud		80°35'0" W			
Año	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	Total, anual	Máximo 24 Hrs.
	[mm]	[mm]	[mm]	[mm]	[mm]	[mm]	[mm]	[mm]	[mm]	[mm]	[mm]	[mm]	[mm]	[mm]
1995	12.20	52.00	10.00	8.00	7.60	13.00	35.70	13.50	2.00	11.00	0.00	0.00	165.00	10.00
1996	14.50	43.20	27.50	4.70	12.70	7.20	9.20	2.00	0.00	3.50	6.40	5.20	136.10	37.20
1997	6.30	208.70	457.90	138.30	118.10	12.00	1.00	70.70	1.90	31.80	344.40	679.90	2071.00	74.00
1998	57.50	52.80	60.40	46.60	29.80	17.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	264.10	80.20
1999	19.10	220.80	167.80	174.20	19.00	2.20	3.20	3.50	1.80	0.00	9.50	22.90	644.00	0.00
2000	4.20	7.90	99.40	86.20	35.90	3.00	0.00	1.00	0.00	0.00	0.20	9.00	246.80	0.00
2001	166.90	152.20	244.70	67.60	12.50	0.00	0.80	0.00	0.00	0.00	1.40	6.70	652.80	67.90
2002	110.00	391.20	272.60	112.30	21.70	0.00	4.50	0.00	0.00	0.00	10.10	24.40	946.80	0.00
2003	100.70	157.90	40.30	54.50	37.60	1.20	2.00	0.00	0.00	0.00	0.00	11.80	406.00	27.80
2004	25.80	127.90	51.20	23.30	22.70	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	250.90	43.60
2005	8.30	83.40	86.00	101.50	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.20	4.20	5.70	290.30	0.00
2006	136.00	78.10	21.60	4.20	5.00	0.00	0.00	1.80	6.90	0.00	0.00	7.50	261.10	0.00
2007	76.60	8.20	18.10	9.60	2.60	2.20	1.80	3.30	0.20	2.40	1.70	0.70	127.40	45.30
2008	30.70	31.40	15.20	54.20	1.90	0.30	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	133.70	0.00
2009	93.00	100.70	70.60	37.50	5.10	0.60	1.20	0.00	0.00	0.00	0.00	3.00	311.70	0.00
2010	85.50	126.00	177.60	43.70	22.90	0.00	1.90	20.00	1.60	0.00	2.00	32.40	513.60	0.00
2011	77.60	19.40	56.00	39.20	4.20	7.80	22.30	1.00	0.50	2.50	0.00	10.20	240.70	0.00
2012	60.40	33.20	20.60	22.10	5.90	17.40	0.00	0.30	0.00	0.00	0.00	0.00	159.90	0.00
2013	117.10	180.00	246.70	27.70	4.30	9.10	5.30	1.00	3.20	6.10	0.90	0.20	601.60	89.40
PROMEDIO	166.90	391.20	457.90	174.20	118.10	17.40	35.70	70.70	6.90	31.80	344.40	679.90		
MAX	63.28	109.21	112.85	55.55	19.45	4.89	4.68	6.22	0.95	3.08	20.04	43.14		

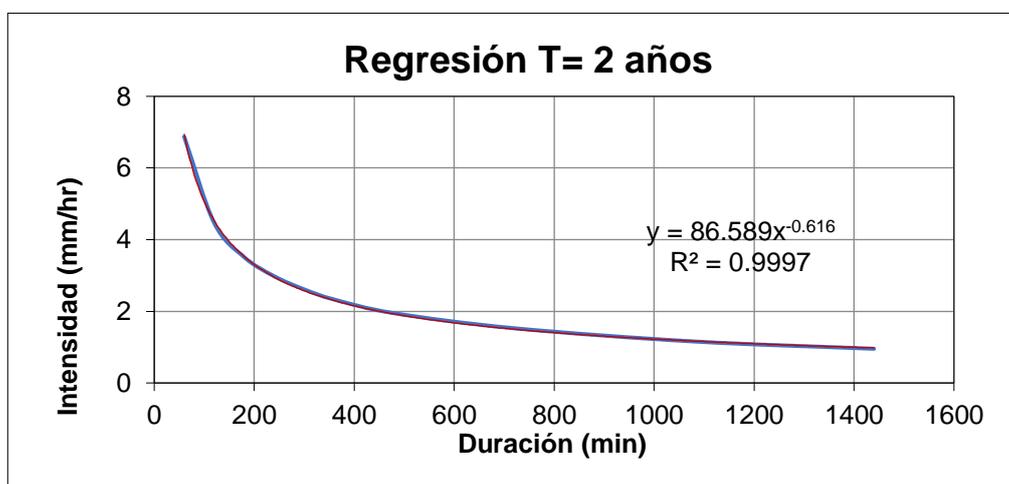
DATOS ESTACIÓN PLUVIOMÉTRICA														
Estación:		M472							Latitud		2°10'44" S			
Denominación:		JULIO MORENO							Longitud		80°21'26" W			
Año	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	Total, anual	Máximo 24 Hrs.
	[mm]	[mm]	[mm]	[mm]	[mm]	[mm]	[mm]	[mm]	[mm]	[mm]	[mm]	[mm]	[mm]	[mm]
1995	145.70	257.60	30.50	0.00	0.00	0.00	6.60	42.00	15.70	0.00	6.10	0.00	118.51	23.00
1996	23.90	31.20	11.60	7.20	3.70	4.30	3.50	7.80	2.30	3.10	2.50	0.00	136.1	14.30
1997	42.20	9.30	159.10	7.10	2.50	2.00	0.00	0.00	0.00	9.80	241.20	444.20	2134	107.50
1998	63.30	45.10	114.70	8.20	54.30	20.40	6.40	0.00	0.00	0.00	0.00	16.80	418	0.00
1999	19.10	220.80	167.80	36.80	19.00	2.20	3.20	3.50	1..8	0.00	9.50	22.90	331.7	90.60
2000	144.50	433.00	89.00	7.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	161.9	0.00
2001	20.90	25.40	83.00	19.30	18.90	19.30	13.50	0.00	23.70	6.80	3.70	76.50	615.5	6.60
2002	9.00	28.00	23.90	91.60	52.60	40.90	20.60	26.60	8.70	4.00	7.70	5.40	1206.7	0.00
2003	22.40	18.30	22.80	29.10	6.40	3.60	22.60	0.00	5.00	2.80	77.90	22.90	569.4	0.00
2004	32.20	91.90	48.20	5.50	17.90	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	2.50	0.00	114.5	22.50
2005	9.90	35.70	64.10	34.60	25.60	8.10	6.50	0.00	0.00	5.70	19.50	9.20	234.6	30.60
2006	59.20	93.70	110.50	2.10	6.60	0.00	0.00	0.40	0.00	0.00	6.50	20.70	247.3	0.00
2007	34.90	24.30	68.10	15.50	2.40	11.50	4.50	4.40	0.80	9.80	0.00	1.80	549.9	0.00
2008	258.50	228.20	74.50	3.60	3.40	11.20	6.50	0.00	0.00	5.70	19.50	9.20	534.1	0.00
2009	11.20	117.50	100.60	62.70	13.00	0.70	0.40	2.00	0.40	0.70	0.30	17.20	420.8	0.00
2010	31.20	43.30	64.00	37.70	57.00	18.00	31.80	16.60	35.40	13.50	16.40	66.60	938.9	0.00
2011	46.00	68.30	0.80	121.80	0.00	3.70	27.20	201.00	0.30	13.00	1.60	13.50	136	31.60
2012	124.90	197.60	160.30	26.90	4.20	2.50	2.10	1.90	7.20	12.80	5.90	4.20	517.7	80.70
2013	141.30	151.30	155.20	25.70	1.70	20.80	8.30	8.50	3.30	18.20	4.70	0.00	453.5	66.00
PROMEDIO	65.28	111.61	81.51	28.55	15.22	8.91	8.62	16.56	5.71	5.57	22.39	38.48		
MAX	258.50	433.00	167.80	121.80	57.00	40.90	31.80	201.00	35.40	18.20	241.20	444.20		

Intensidades de lluvia a partir de Pd, según Duración de precipitación y Frecuencia de esta

Tiempo de duración	Intensidad de la lluvia según el Periodo de Retorno [mm /hr]						
	Hr	2 años	5 años	10 años	25 años	50 años	100 años
24 hr	1.0	2.6	3.7	5.0	6.1	7.1	9.4
18 hr	1.2	3.1	4.5	6.1	7.4	8.6	11.4
12 hr	1.5	4.1	5.9	8.1	9.7	11.3	15.0
8 hr	1.9	5.3	7.5	10.3	12.4	14.4	19.2
6 hr	2.3	6.3	9.0	12.3	14.8	17.2	22.9
5 hr	2.6	7.1	10.1	13.8	16.6	19.3	25.7
4 hr	3.0	8.1	11.5	15.7	18.9	22.1	29.3
3 hr	3.5	9.5	13.5	18.6	22.3	26.0	34.6
2 hr	4.5	12.1	17.2	23.6	28.4	33.1	44.0
1 hr	6.9	18.7	26.5	36.3	43.6	50.9	67.7

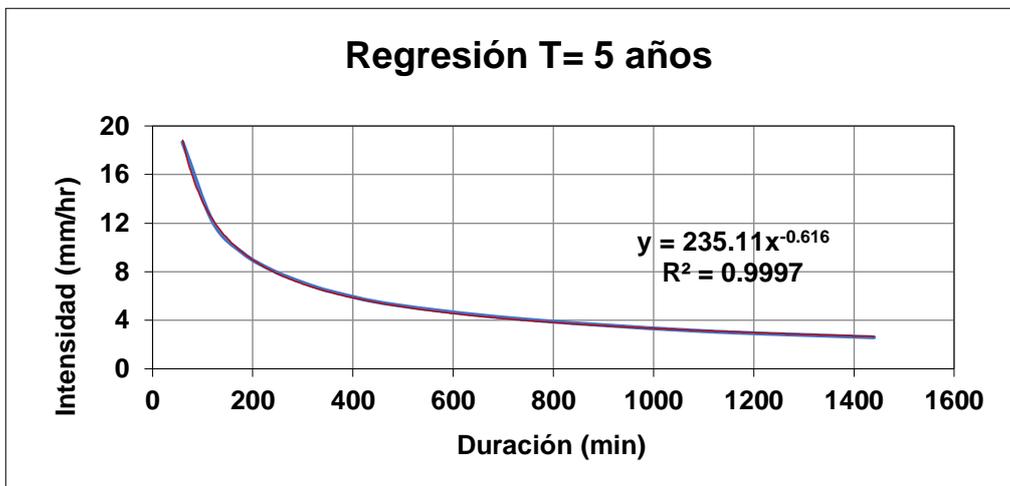
Regresión potencial por el método de distribución de Gumbel para un período de retorno de 2 años.

Periodo de retorno para T = 2 años						
Nº	t	I	ln(t)	ln (i)	ln (x)*ln (I)	(Int)^2
1	1440	0.95	7.27	-0.05	-0.34	52.89
2	1080	1.16	6.98	0.15	1.02	48.79
3	720	1.53	6.58	0.42	2.78	43.29
4	480	1.95	6.17	0.67	4.11	38.12
5	360	2.33	5.89	0.85	4.98	34.65
6	300	2.61	5.70	0.96	5.47	32.53
7	240	2.98	5.48	1.09	5.98	30.04
8	180	3.51	5.19	1.26	6.52	26.97
9	120	4.47	4.79	1.50	7.16	22.92
10	60	6.87	4.09	1.93	7.89	16.76
Suma	4980	28.35	58.16	8.77	45.59	346.94
Ln (d) =	4.461	d =	86.589	n =	-0.616	



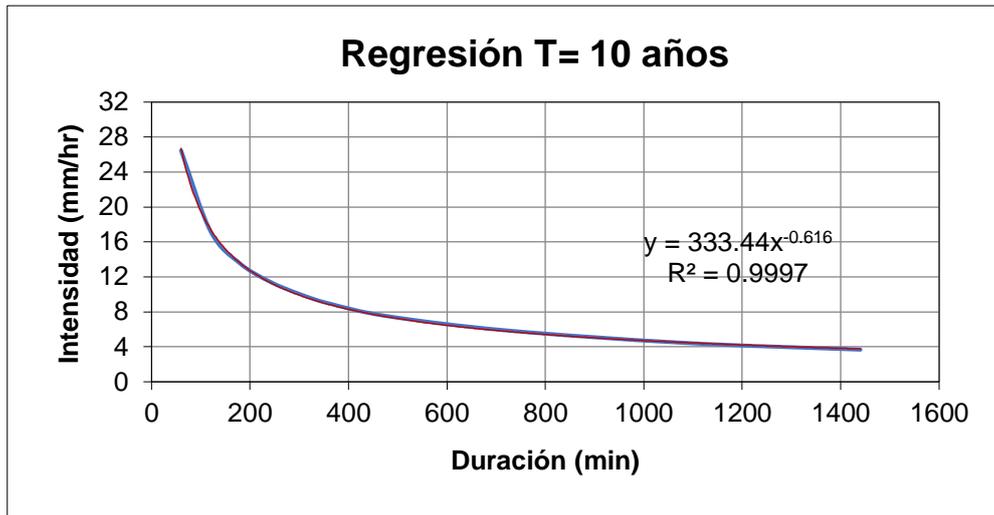
Regresión potencial por el método de distribución de Gumbel para un período de retorno de 5 años

Periodo de retorno para T = 5 años						
Nº	t	I	ln(t)	ln (I)	ln (x)*ln (I)	(Int)^2
1	1440	2.59	7.27	0.95	6.92	52.89
2	1080	3.14	6.98	1.15	8.00	48.79
3	720	4.15	6.58	1.42	9.36	43.29
4	480	5.29	6.17	1.67	10.28	38.12
5	360	6.32	5.89	1.84	10.85	34.65
6	300	7.09	5.70	1.96	11.17	32.53
7	240	8.08	5.48	2.09	11.45	30.04
8	180	9.54	5.19	2.26	11.71	26.97
9	120	12.13	4.79	2.50	11.95	22.92
10	60	18.66	4.09	2.93	11.98	16.76
Suma	4980	76.98	58.16	18.75	103.68	346.94
Ln (d) =	5.460	d =	235.105	n =	-0.616	



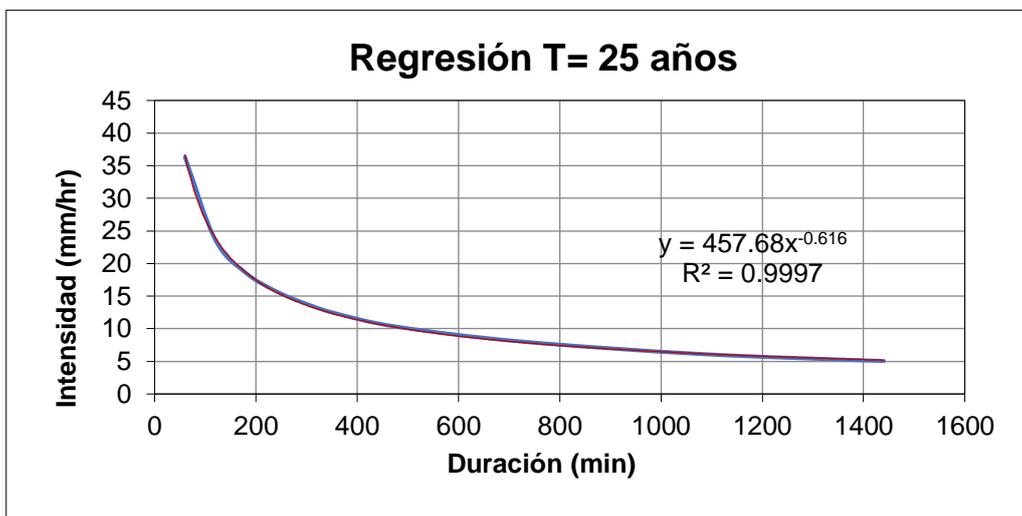
Regresión potencial por el método de distribución de Gumbel para un período de retorno de 10 años

Periodo de retorno para T = 10 años						
Nº	t	I	ln(t)	ln (I)	ln (x)*ln (I)	(Int)^2
1	1440	3.67	7.27	1.30	9.47	52.89
2	1080	4.46	6.98	1.49	10.44	48.79
3	720	5.88	6.58	1.77	11.66	43.29
4	480	7.50	6.17	2.01	12.44	38.12
5	360	8.97	5.89	2.19	12.91	34.65
6	300	10.05	5.70	2.31	13.16	32.53
7	240	11.47	5.48	2.44	13.37	30.04
8	180	13.52	5.19	2.60	13.52	26.97
9	120	17.20	4.79	2.84	13.62	22.92
10	60	26.46	4.09	3.28	13.41	16.76
Suma	4980	109.18	58.16	22.25	124.00	346.94
Ln (d) =	5.809	d =	333.435	n =	-0.616	



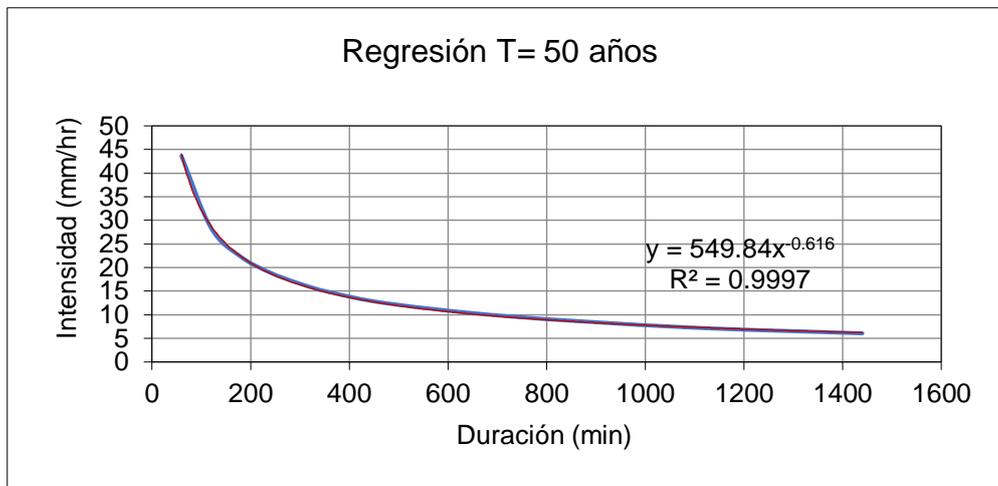
Regresión potencial por el método de distribución de Gumbel para un período de retorno de 10 años.

<i>Periodo de retorno para T = 25 años</i>						
Nº	t	I	ln(t)	ln (I)	ln (x)*ln (I)	(Int)^2
1	1440	5.04	7.27	1.62	11.77	52.89
2	1080	6.12	6.98	1.81	12.65	48.79
3	720	8.07	6.58	2.09	13.74	43.29
4	480	10.29	6.17	2.33	14.39	38.12
5	360	12.31	5.89	2.51	14.78	34.65
6	300	13.80	5.70	2.62	14.97	32.53
7	240	15.74	5.48	2.76	15.11	30.04
8	180	18.56	5.19	2.92	15.17	26.97
9	120	23.61	4.79	3.16	15.14	22.92
10	60	36.32	4.09	3.59	14.71	16.76
Suma	4980	149.86	58.16	25.42	142.42	346.94
6.126	d =	457.676	n =	-0.616		6.126



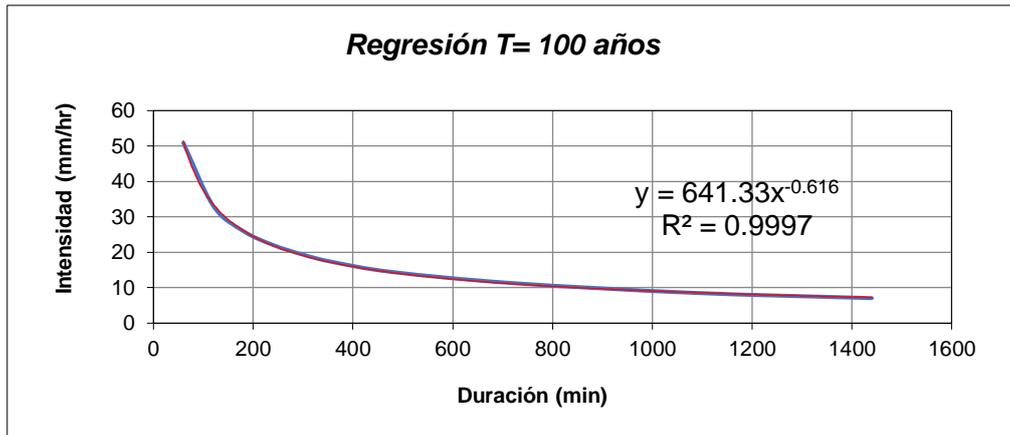
Regresión potencial por el método de distribución de Gumbel para un período de retorno de 50 años

Periodo de retorno para T = 50 años						
Nº	t	I	ln(t)	ln (I)	ln (x)*ln (I)	(Int)^2
1	1440	6.06	7.27	1.80	13.10	52.89
2	1080	7.35	6.98	2.00	13.94	48.79
3	720	9.70	6.58	2.27	14.95	43.29
4	480	12.36	6.17	2.51	15.53	38.12
5	360	14.79	5.89	2.69	15.86	34.65
6	300	16.58	5.70	2.81	16.02	32.53
7	240	18.91	5.48	2.94	16.11	30.04
8	180	22.30	5.19	3.10	16.12	26.97
9	120	28.36	4.79	3.35	16.01	22.92
10	60	43.63	4.09	3.78	15.46	16.76
Suma	4980	180.04	58.16	27.25	153.09	346.94
Ln (d) =	6.310	d =	549.845	n =	-0.616	



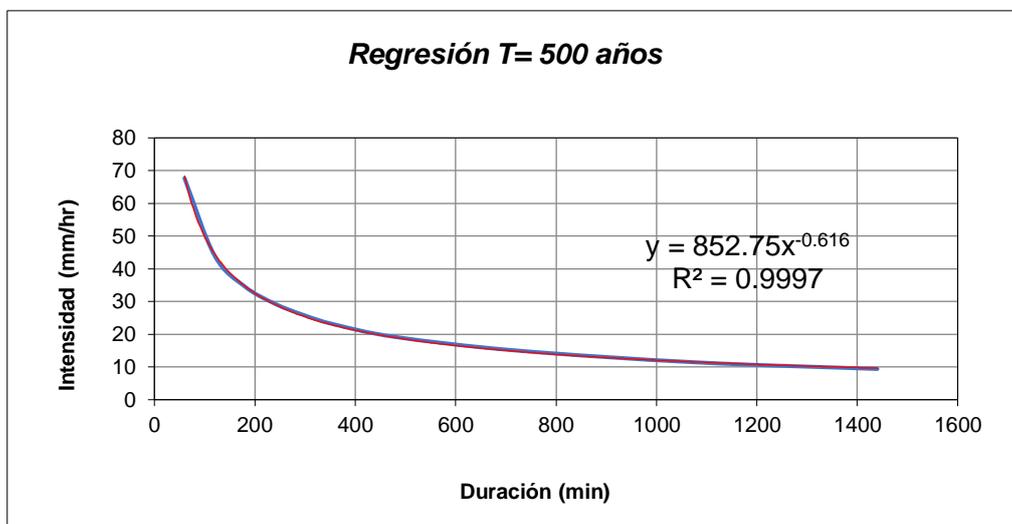
Regresión potencial por el método de distribución de Gumbel para un período de retorno de 100 años

Periodo de retorno para T = 100 años						
Nº	t	I	ln(t)	ln (I)	ln (x)*ln (I)	(Int)^2
1	1440	7.07	7.27	1.96	14.22	52.89
2	1080	8.58	6.98	2.15	15.01	48.79
3	720	11.31	6.58	2.43	15.96	43.29
4	480	14.42	6.17	2.67	16.48	38.12
5	360	17.25	5.89	2.85	16.76	34.65
6	300	19.34	5.70	2.96	16.90	32.53
7	240	22.05	5.48	3.09	16.95	30.04
8	180	26.01	5.19	3.26	16.92	26.97
9	120	33.08	4.79	3.50	16.75	22.92
10	60	50.89	4.09	3.93	16.09	16.76
Suma	4980	210.00	58.16	28.79	162.04	346.94
Ln (d) =	6.464	d =	641.333	n =	-0.616	



Regresión potencial por el método de distribución de Gumbel para un período de retorno de 500 años

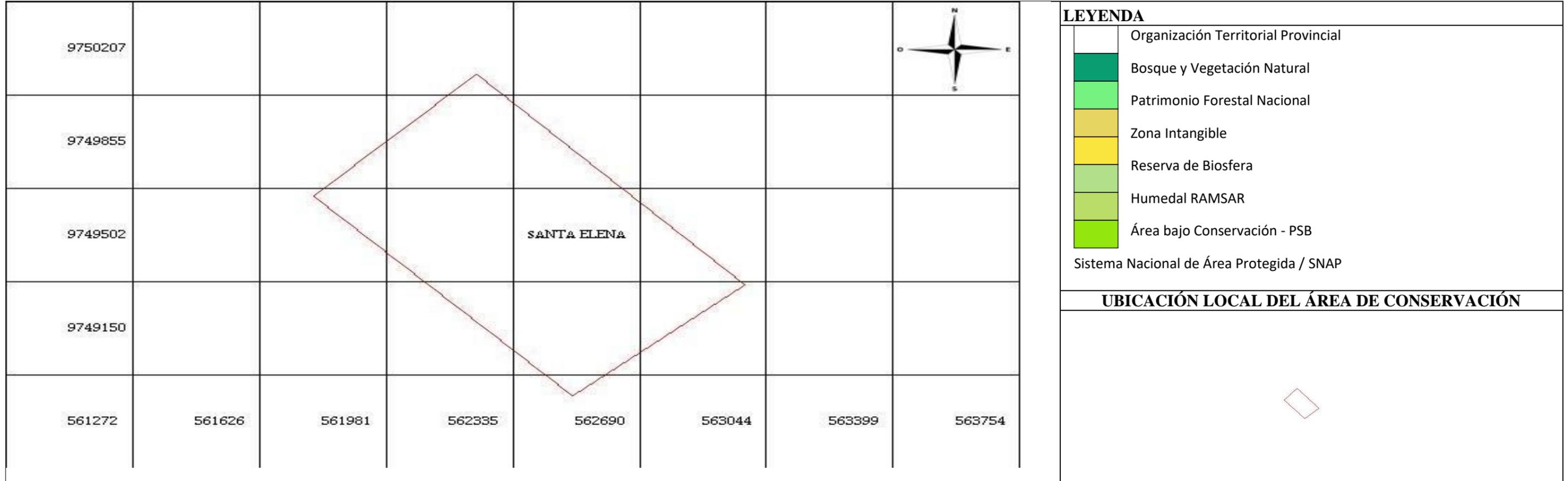
Periodo de retorno para T = 500 años						
Nº	t	I	ln(t)	ln (I)	ln (x)*ln (I)	(Int)^2
1	1440	9.40	7.27	2.24	16.29	52.89
2	1080	11.40	6.98	2.43	17.00	48.79
3	720	15.04	6.58	2.71	17.83	43.29
4	480	19.17	6.17	2.95	18.23	38.12
5	360	22.93	5.89	3.13	18.44	34.65
6	300	25.71	5.70	3.25	18.52	32.53
7	240	29.32	5.48	3.38	18.52	30.04
8	180	34.59	5.19	3.54	18.40	26.97
9	120	43.98	4.79	3.78	18.12	22.92
10	60	67.67	4.09	4.21	17.26	16.76
Suma	4980	279.22	58.16	31.64	178.61	346.94
Ln (d) =	6.748	d =	852.749	n =	-0.616	



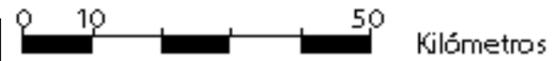
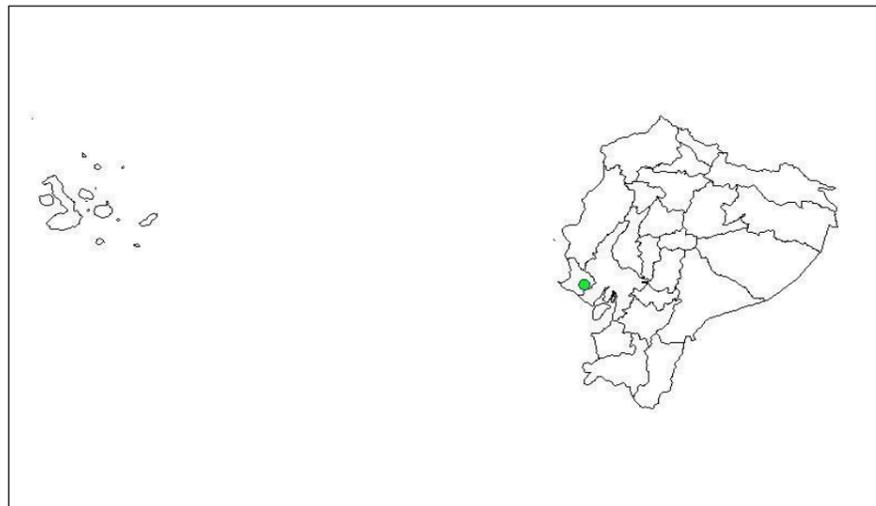
APÉNDICE C
ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL DEL PROYECTO:
ESTUDIO Y DISEÑO DE LA PRESA COLINAR EN
SACACHÚN #1

CERTIFICADO DE INTERSECCIÓN DE ESTUDIO Y DISEÑO DE LA PRESA COLINAR EN SACACHÚN #1

ECUADOR, ESCALA 1 : 10000



UBICACIÓN NIVEL NACIONAL



Sistema de Referencia
WGS 84
Proyección UTM
Zona 17 S

RESULTADO

NO INTERSECA

INFORMATIVO

ÁREAS ESPECIALES PARA LA CONSERVACIÓN DE LA BIODIVERSIDAD
Se encuentran establecidas en los Art. 163 y 164 del Reglamento al Código Orgánico del Ambiente:
Cobertura y Uso de la Tierra
ECOSISTEMAS

CERTIFICADO DE INTERSECCIÓN

FECHA DE EMISIÓN: miércoles 11 de agosto 2021

GENERADO POR: S.U.I.A

FUENTE DE DATOS: En el Certificado de Categorización Ambiental e Intersección se encuentran las fechas de actualización de la IG del MAAE y fuentes externas a la fecha de emisión del certificado.



MAAE-RA-2021-403240

RESUMEN DE LA INFORMACIÓN INGRESADA EN EL SISTEMA ÚNICO DE INFORMACIÓN AMBIENTAL

CÓDIGO: MAAE-RA-2021-403240

FECHA DE REGISTRO: 11 de agosto de 2021

SUPERFICIE: 68.74910

OPERADOR: MOJICA DEL PEZO JUSTO ALBERTO

ENTE RESPONSABLE: GOBIERNO AUTONOMO DESCENTRALIZADO PROVINCIAL DE SANTA ELENA

NOMBRE DEL PROYECTO, OBRA O ACTIVIDAD: Estudio y diseño de la presa colinar en Sacachún #1

RESUMEN DEL PROYECTO, OBRA O ACTIVIDAD: En las zonas rurales del litoral ecuatoriano la falta de fuentes de agua naturales, sumado a los largos periodos de sequía, imposibilitan la producción agrícola. El presente proyecto estudia la factibilidad y diseños definitivos de la Presa Colinar de Tierra, para la captación de agua lluvias que beneficien las actividades agrícolas de los habitantes de la Comuna Sacachún.

SU TRÁMITE CORRESPONDE A UN(A): Registro Ambiental

EL IMPACTO DE SU ACTIVIDAD: Impacto BAJO

ACTIVIDADES

Actividad principal CIUU	Movimiento de tierras: excavación, nivelación y ordenación de terrenos de construcción, excavación de zanjas, remoción de piedras, voladura, etcétera.
Actividad complementaria 1 CIUU	Manejo de sistemas de riego con fines agrícolas.

MAGNITUD DE LA ACTIVIDAD

Por consumo / ingresos	Número de personas que trabajan en una misma instalación (personas en relación directa y contratistas en actividades continuas en el proyecto)	Rango	0 - 15
Por dimensionamiento	Represamiento de agua	Rango	88410 - 1281947
Por capacidad	Recolección de desechos no peligrosos t/día vía terrestre	Rango	0 - 100

UBICACIÓN GEOGRÁFICA

Tipo de zona: Rural

PROVINCIA	CANTÓN	PARROQUIA
SANTA ELENA	SANTA ELENA	SIMÓN BOLÍVAR (JULIO MORENO)

DIRECCIÓN DEL PROYECTO, OBRA O ACTIVIDAD

La comuna de Sacachún, es un poblado localizado en la parroquia Julio Moreno, provincia de Santa Elena

COORDENADAS DEL ÁREA GEOGRÁFICA EN DATUM WGS 84 ZONA 17 SUR

Área Geográfica	Shape	X	Y
1	1	562131.00000	9749826.00000
1	2	562589.00000	9750285.00000
1	3	563338.00000	9749489.00000
1	4	562857.00000	9749071.00000
1	5	562131.00000	9749826.00000

COORDENADAS DEL ÁREA DE IMPLANTACIÓN EN DATUM WGS 84 ZONA 17 SUR

Área Geográfica	Shape	X	Y
1	1	562131.00000	9749826.00000
1	2	562589.00000	9750285.00000
1	3	563338.00000	9749489.00000
1	4	562857.00000	9749071.00000
1	5	562131.00000	9749826.00000

INFORMACIÓN DEL PROYECTO

Generación de residuos o desechos peligrosos y/o especiales	No
Gestión de residuos o desechos peligrosos y/o especiales	No
Remoción de cobertura vegetal nativa	Si
Transporte de sustancias químicas	No
Proyecto declarado de alto impacto ambiental o interés nacional	No
Fabrica, usa o almacena sustancia químicas	No



**Ministerio del Ambiente, Agua
y Transición Ecológica**

MOJICA DEL PEZO JUSTO ALBERTO

APÉNDICE D
PRESUPUESTO, ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS (APU) Y
ESPECIFICACIONES TÉCNICAS



PROYECTO: ESTUDIO Y DISEÑO DE LA PRESA COLINAR EN SACACHÚN #1
RESPONSABLES: Anthony Mullo y Carla Oquendo

RUBRO	DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	P. UNITARIO	P. TOTAL
1	OBRAS PRELIMINARES				\$10.979,60
1.1	Desbosque, desbroce y limpieza del área del proyecto	m2	28223.59	0.23	6,520.50
1.2	Desalojo de material de desbosque, desbroce y limpieza del área del proyecto	m3/km	6254.84	0.62	3,847.10
1.3	Alquiler de vivienda	mes	3	204.00	612.00
2	CONFORMACIÓN DEL CUERPO DE LA PRESA DE TIERRA				\$101,617.26
2.1	Replanteo	m2	5748	0.41	2,378.60
2.2	Excavación a máquina para material de préstamo	m3	22328	1.29	28,878.14
2.3	Excavación y relleno máquina de la cimentación	m3	240	3.68	882.75
2.4	Excavación y relleno de estructuras menores (Aliviadero)	m3	374.42	1.46	548.42
2.5	Retiro y disposición final de los materiales de excavación	m3/km	614.42	0.62	377.91
2.6	Relleno compactado y construcción del cuerpo de presa	m3	22328	2.08	46,539.81
2.7	Relleno y compactación del cuerpo del material de filtro (grava y arena)	m3	520	55.36	14,196.00
2.8	Suministro e instalación de Geotextil NT 1500	m2	1160	6.45	7,484.33
2.9	Suministro e instalación del enrocado del pozo de reducción de energía	m3	18	17.93	331.30
3	SEGURIDAD				\$440.77
3.1	Suministro e instalación de letrero Señalética , pintura reflectiva; leyenda y dibujo "Peligro maquinaria pesada en movimiento	u	2	76.30	152.60
3.2	Suministro de cintas reflectivas de seguridad	m	500	0.15	73.19
3.3	Parante de caña H=1.50m con base de hormigón 40x40x15 cm	u	15	5.58	83.71
3.4	Suministro de cerca de protección al borde de la población	m	990	0.13	131.27
4	AMBIENTAL				\$472.08
4.1	Siembra de muyuyo en el espaldón aguas abajo	m2	2110	0.00	\$0.00
4.2	Siembra de caña de guadua	m2	700	0.51	357.00
4.3	Provisión de equipos de protección personal (Mascarillas-gafas).	caja	3	31.88	95.63
4.4	Delimitación y protección de pozo comunal	m2	1	19.45	19.45
				TOTAL	\$113.509,72

OBRA: **ESTUDIOS Y DISEÑO DE PRESA COLINAR SACACHÚN #1**

RUBRO **1.1** UNIDAD: **m²**
 DETALLE: **Desbosque, desbroce y limpieza del área del proyecto** RENDIMIENTO **0.004**
 [horas/unidad]:

EQUIPOS					
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	TARIFA	COSTO HORA	RENDIMIENTO	COSTO
	A	B	C= A*B	R	D=C*R
Herramientas menores (5% m/o)	-	-	-	-	0.00
Motosierra	1.00	3.00	3.00	0.004	0.012
Retroexcavadora	1.00	30.00	30.00	0.004	0.12
SUBTOTAL M:					0.137

MANO DE OBRA					
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	JOR./HR	COSTO HORA	RENDIMIENTO	COSTO
	A	B	C= A*B	R	D=C*R
Peón	4.00	3.62	14.48	0.004	0.06
Maestro mayor en ejecución de obras civiles	0.25	4.06	1.02	0.004	0.00
Op. Retroexcavadora	2.00	4.06	8.12	0.004	0.03
SUBTOTAL N:					0.09

MATERIALES				
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	UNITARIO	COSTO
		A	B	D=C*R
SUBTOTAL O:				-

TRANSPORTE				
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	TARIFA	COSTO
		A	B	D=C*R
SUBTOTAL P:				-

TOTAL COSTO DIRECTO (M+N+O+P)	0.23
INDIRECTOS Y UTILIDADES 20%	0.005
OTROS INDIRECTOS %	
COSTO TOTAL DEL RUBRO	0.23
VALOR OFERTADO	0.23

RUBRO **1.3** UNIDAD: **m³/km**
 DETALLE: **Desalojo de material de desbosque, desbroce y limpieza del área del proyecto** RENDIMIENTO: **0.003**
 [horas/unidad]:

EQUIPOS					
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	TARIFA	COSTO HORA	RENDIMIENTO	COSTO
	A	B	C= A*B	R	D=C*R
Herramientas menores (5% m/o)	-	-	-	-	0.00
Volqueta 8m3	2.00	25.00	50.00	0.003	0.17
Retroexcavadora	1.00	30.00	30.00	0.003	0.10
SUBTOTAL M:					0.273

MANO DE OBRA					
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	JOR./HR	COSTO HORA	RENDIMIENTO	COSTO
	A	B	C= A*B	R	D=C*R
Peón	4.00	3.62	3.62	0.003	0.01
Chofer: Volquetas (Estr.Oc.C1)	2.00	5.31	10.62	0.003	0.04
Op. Retroexcavadora	1.00	4.06	4.06	0.003	0.01
SUBTOTAL N:					0.06

MATERIALES				
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	UNITARIO	COSTO
		A	B	D=C*R
				SUBTOTAL O:
				-

TRANSPORTE				
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	TARIFA	COSTO
		A	B	D=C*R
Desalojo de material	m3/km	1.00	0.27	0.27
SUBTOTAL P:				0.27

TOTAL COSTO DIRECTO (M+N+O+P)	0.60
INDIRECTOS Y UTILIDADES 20%	0.01
OTROS INDIRECTOS %	
COSTO TOTAL DEL RUBRO	0.62
VALOR OFERTADO	0.62

RUBRO
DETALLE:

1.4
Alquiler de vivienda

UNIDAD:
RENDIMIENTO
[horas/unidad]:

mes
1.00

EQUIPOS					
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	TARIFA	COSTO HORA	RENDIMIENTO	COSTO
	A	B	C= A*B	R	D=C*R
SUBTOTAL M:					-

MANO DE OBRA					
DESCRIPCION	CANTIDAD	JOR./HR	COSTO HORA	RENDIMIENTO	COSTO
	A	B	C= A*B	R	D=C*R
SUBTOTAL N:					-

MATERIALES				
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	UNITARIO	COSTO
		A	B	D=C*R
Vivienda en alquiler	m	1.00	200.00	200.00
SUBTOTAL O:				200.00

TRANSPORTE				
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	TARIFA	COSTO
		A	B	D=C*R
SUBTOTAL P:				-

TOTAL COSTO DIRECTO (M+N+O+P)	200.00
INDIRECTOS Y UTILIDADES 20%	4.00
OTROS INDIRECTOS %	
COSTO TOTAL DEL RUBRO	204.00
VALOR OFERTADO	204.00

RUBRO
DETALLE:

2.1
Replanteo

UNIDAD:
RENDIMIENTO
[horas/unidad]:

m²
0.004

EQUIPOS					
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	TARIFA	COSTO HORA	RENDIMIENTO	COSTO
	A	B	C= A*B	R	D=C*R
Herramientas menores (5% m/o)	-	-	-	-	0.004
Equipo topográfico	2.00	3.75	7.50	0.004	0.030
SUBTOTAL M:					0.034

MANO DE OBRA					
DESCRIPCION	CANTIDAD	JOR./HR	COSTO HORA	RENDIMIENTO	COSTO
	A	B	C= A*B	R	D=C*R
Peón	2.00	3.62	7.24	0.004	0.029
Cadenero	2.00	3.66	7.32	0.004	0.029
Topógrafo (En Construcción - Estr.Oc.C1)	1.00	4.06	4.06	0.004	0.016
SUBTOTAL N:					0.07

MATERIALES					
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	UNITARIO	COSTO	
		A	B	D=C*R	
Estacas	u	1.000	0.10	0.100	
Piola	rollo	0.175	1.00	0.175	
Clavos 2"x 8	kg	0.0121	1.75	0.021	
Cementina	kg	0.0010	1.60	0.002	
SUBTOTAL O:					0.298

TRANSPORTE					
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	TARIFA	COSTO	
		A	B	D=C*R	
SUBTOTAL P:					-

TOTAL COSTO DIRECTO (M+N+O+P)	0.41
INDIRECTOS Y UTILIDADES 20%	0.01
OTROS INDIRECTOS %	
COSTO TOTAL DEL RUBRO	0.41
VALOR OFERTADO	0.41

RUBRO **2.2**
DETALLE: **Excavación a máquina para material de préstamo**

UNIDAD: **m³**
RENDIMIENTO: **0.01**
[horas/unidad]:

EQUIPOS					
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	TARIFA	COSTO HORA	RENDIMIENTO	COSTO
	A	B	C= A*B	R	D=C*R
Herramientas menores (5% m/o)	-	-	-	-	0.01
Excavadora de Oruga	2.00	55.00	110.00	0.010	1.10
SUBTOTAL M:					1.108

MANO DE OBRA					
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	JOR./H R	COSTO HORA	RENDIMIENTO	COSTO
	A	B	C= A*B	R	D=C*R
Peón	3.00	3.62	10.86	0.010	0.11
Maestro mayor en ejecución de obras civiles	0.25	4.06	1.02	0.010	0.01
Op. Retroexcavadora	1.00	4.06	4.06	0.010	0.04
SUBTOTAL N:					0.16

MATERIALES				
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	UNITARIO	COSTO
		A	B	D=C*R
SUBTOTAL O:				-

TRANSPORTE				
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	TARIFA	COSTO
		A	B	D=C*R
SUBTOTAL P:				-

TOTAL COSTO DIRECTO (M+N+O+P)	1.27
INDIRECTOS Y UTILIDADES 20%	0.03
OTROS INDIRECTOS %	
COSTO TOTAL DEL RUBRO	1.29
VALOR OFERTADO	1.29

RUBRO
DETALLE:

2.3
**Excavación y relleno máquina de la
cimentación**

UNIDAD:
RENDIMIENTO
[horas/unidad]:

m³
0.02

EQUIPOS					
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	TARIFA	COSTO HORA	RENDIMIENTO	COSTO
	A	B	C= A*B	R	D=C*R
Herramientas menores (5% m/o)	-	-	-	-	0.01
Excavadora de Oruga	1.00	55.00	55.00	0.020	1.10
SUBTOTAL M:					1.116

MANO DE OBRA					
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	JOR./HR	COSTO HORA	RENDIMIENTO	COSTO
	A	B	C= A*B	R	D=C*R
Peón	3.00	3.62	10.86	0.02	0.22
Maestro mayor en ejecución de obras civiles	0.25	4.06	1.02	0.02	0.02
Op. Retroexcavadora	1.00	4.06	4.06	0.02	0.08
SUBTOTAL N:					0.32

MATERIALES				
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	UNITARIO	COSTO
		A	B	D=C*R
Arcilla	m ³	1.00	1.90	1.90
SUBTOTAL O:				1.90

TRANSPORTE				
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	TARIFA	COSTO
		A	B	D=C*R
Transporte de material pétreo	m3/km	1.00	0.27	0.27
SUBTOTAL P:				0.27

TOTAL COSTO DIRECTO (M+N+O+P)	3.61
INDIRECTOS Y UTILIDADES 20%	0.07
OTROS INDIRECTOS %	
COSTO TOTAL DEL RUBRO	3.68
VALOR OFERTADO	3.68

RUBRO **2.4** UNIDAD: **m²**
 DETALLE: **Excavación y relleno de estructuras menores (Aliviadero)** RENDIMIENTO: **0.02**
 [horas/unidad]:

EQUIPOS					
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	TARIFA	COSTO HORA	RENDIMIENTO	COSTO
	A	B	C= A*B	R	D=C*R
Herramientas menores (5% m/o)	-	-	-	-	0.02
Excavadora de Oruga	1.00	55.00	55.00	0.020	1.10
SUBTOTAL M:					1.116

MANO DE OBRA					
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	JOR./HR	COSTO HORA	RENDIMIENTO	COSTO
	A	B	C= A*B	R	D=C*R
Peón	3.00	3.62	10.86	0.020	0.22
Maestro mayor en ejecución de obras civiles	0.25	4.06	1.02	0.020	0.02
Op. Excavadora	1.00	4.06	4.06	0.020	0.08
SUBTOTAL N:					0.32

MATERIALES				
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	UNITARIO	COSTO
		A	B	D=C*R
SUBTOTAL O:				-

TRANSPORTE				
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	TARIFA	COSTO
		A	B	D=C*R
SUBTOTAL P:				-

TOTAL COSTO DIRECTO (M+N+O+P)	1.44
INDIRECTOS Y UTILIDADES 20%	0.03
OTROS INDIRECTOS %	
COSTO TOTAL DEL RUBRO	1.46
VALOR OFERTADO	1.46

RUBRO **2.5** UNIDAD: **m³/km**
 DETALLE: **Retiro y disposición final de los materiales de excavación** RENDIMIENTO: **0.003**
 [horas/unidad]:

EQUIPOS					
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	TARIFA	COSTO HORA	RENDIMIENTO	COSTO
	A	B	C= A*B	R	D=C*R
Herramientas menores (5% m/o)	-	-	-	-	0.00
Volqueta 8m3	2.00	25.00	50.00	0.003	0.17
Retroexcavadora	1.00	30.00	30.00	0.003	0.10
SUBTOTAL M:					0.273

MANO DE OBRA					
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	JOR./HR	COSTO HORA	RENDIMIENTO	COSTO
	A	B	C= A*B	R	D=C*R
Peón	4.00	3.62	3.62	0.003	0.01
Chofer: Volquetas (Estr.Oc.C1)	2.00	5.31	10.62	0.003	0.04
Op. Retroexcavadora	1.00	4.06	4.06	0.003	0.01
SUBTOTAL N:					0.06

MATERIALES				
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	UNITARIO	COSTO
		A	B	D=C*R
SUBTOTAL O:				-

TRANSPORTE				
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	TARIFA	COSTO
		A	B	D=C*R
Desalojo de material	m3/km	1.00	0.27	0.27
SUBTOTAL P:				0.27

TOTAL COSTO DIRECTO (M+N+O+P)	0.60
INDIRECTOS Y UTILIDADES 20%	0.01
OTROS INDIRECTOS %	
COSTO TOTAL DEL RUBRO	0.62
VALOR OFERTADO	0.62

RUBRO **2.6** UNIDAD: **m³**
 DETALLE: **Relleno compactado y construcción del** RENDIMIENTO: **0.01**
cuerpo de presa [horas/unidad]:

EQUIPOS					
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	TARIFA	COSTO HORA	RENDIMIENTO	COSTO
	A	B	C= A*B	R	D=C*R
Herramientas menores (5% m/o)					0.01
Volqueta 8m3	1.00	25.00	25.00	0.010	0.25
Motoniveladora	1.00	60.00	60.00	0.010	0.60
Rodillo liso	1.00	33.00	33.00	0.010	0.33
Tanquero 8 m3	1.00	2.50	2.50	0.010	0.03
Excavadora de Oruga	1.00	55.00	55.00	0.010	0.55
SUBTOTAL M:					1.774

MANO DE OBRA					
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	JOR./HR	COSTO HORA	RENDIMIENTO	COSTO
	A	B	C= A*B	R	D=C*R
Peón	1.00	3.62	3.62	0.010	0.04
Maestro mayor en ejecución de obras civiles	0.25	4.06	1.02	0.010	0.01
CHOFER: Volquetas (Estr.Oc.C1)	1.00	5.31	5.31	0.010	0.05
Op. Motoniveladora	1.00	4.06	4.06	0.010	0.04
Operador de rodillo autopropulsado	1.00	3.86	3.86	0.010	0.04
CHOFER: Tanqueros (Estr.Oc.C1)	1.00	5.31	5.31	0.010	0.05
Op. Excavadora	1.00	4.06	4.06	0.010	0.04
SUBTOTAL N:					0.27

MATERIALES					
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	UNITARIO	COSTO	
		A	B	D=C*R	
SUBTOTAL O:					-

TRANSPORTE				
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	TARIFA	COSTO
		A	B	D=C*R
SUBTOTAL P:				-

TOTAL COSTO DIRECTO (M+N+O+P)	2.04
INDIRECTOS Y UTILIDADES 20%	0.04
OTROS INDIRECTOS %	
COSTO TOTAL DEL RUBRO	2.08
VALOR OFERTADO	2.08

RUBRO **2.7** UNIDAD: **m³**
 DETALLE: **Relleno y compactación del cuerpo del material de filtro (grava y arena)** RENDIMIENTO: **0.02**
 [horas/unidad]:

EQUIPOS					
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	TARIFA	COSTO HORA	RENDIMIENTO	COSTO
	A	B	C= A*B	R	D=C*R
Herramientas menores (5% m/o)					0.03
Volqueta 8m3	1.00	25.00	25.00	0.020	0.50
Motoniveladora	1.00	60.00	60.00	0.020	1.20
Excavadora de Oruga	1.00	55.00	55.00	0.020	1.10
Rodillo liso	1.00	33.00	33.00	0.020	0.66
SUBTOTAL M:					3.486

MANO DE OBRA					
DESCRIPCIÓN	CANTIDA D	JOR./ HR	COSTO HORA	RENDIMIENTO	COSTO
	A	B	C= A*B	R	D=C*R
Peón	1.00	3.62	3.62	0.020	0.07
Maestro mayor en ejecución de obras civiles	0.25	4.06	1.02	0.020	0.02
Op. Retroexcavadora	1.00	4.06	4.06	0.020	0.08
Op. Motoniveladora	1.00	4.06	4.06	0.020	0.08
Op. Excavadora	1.00	4.06	4.06	0.020	0.08
CHOFER: Volquetas (Estr.Oc.C1)	1.00	5.31	5.31	0.020	0.11
Operador de rodillo autopropulsado	1.00	3.86	3.86	0.020	0.08
SUBTOTAL N:					0.52

MATERIALES				
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	UNITARIO	COSTO
		A	B	D=C*R
Arena gruesa	m3	1.00	20.00	20.00
Grava	m3	1.00	30.00	30.00
SUBTOTAL O:				50.00

TRANSPORTE				
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	TARIFA	COSTO
		A	B	D=C*R
Transporte de material pétreo	m3/km	1.00	0.27	0.27
SUBTOTAL P:				0.27

TOTAL COSTO DIRECTO (M+N+O+P)	54.28
INDIRECTOS Y UTILIDADES 20%	1.09
OTROS INDIRECTOS %	
COSTO TOTAL DEL RUBRO	55.36
VALOR OFERTADO	55.36

RUBRO **2.8** UNIDAD: **m²**
 DETALLE: **Suministro e instalación de Geotextil NT** RENDIMIENTO: **0.016**
1500 [horas/unidad]:

EQUIPOS					
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	TARIFA	COSTO HORA	RENDIMIENTO	COSTO
	A	B	C= A*B	R	D=C*R
Herramientas menores (5% m/o)	-	-	-	-	0.016
SUBTOTAL M:					0.016

MANO DE OBRA					
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	JOR./HR	COSTO HORA	RENDIMIENTO	COSTO
	A	B	C= A*B	R	D=C*R
Peón	5.00	3.62	18.10	0.016	0.29
Maestro mayor en ejecución de obras civiles	0.25	4.06	1.02	0.016	0.02
SUBTOTAL N:					0.31

MATERIALES				
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	UNITARIO	COSTO
		A	B	D=C*R
Geotextil NT 1500	m2	1.00	6.00	6.00
SUBTOTAL O:				6.00

TRANSPORTE				
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	TARIFA	COSTO
		A	B	D=C*R
SUBTOTAL P:				-

TOTAL COSTO DIRECTO (M+N+O+P)	6.33
INDIRECTOS Y UTILIDADES 20%	0.13
OTROS INDIRECTOS %	
COSTO TOTAL DEL RUBRO	6.45
VALOR OFERTADO	6.45

RUBRO **3.1** UNIDAD: **m²**
 DETALLE: **Suministro e instalación del enrocado del pozo de reducción de energía** RENDIMIENTO: **0.1**
 [horas/unidad]:

EQUIPOS					
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	TARIFA	COSTO HORA	RENDIMIENTO	COSTO
	A	B	C= A*B	R	D=C*R
Herramientas menores (5% m/o) Volqueta 8m3	- 1.00	- 25.00	- 25.00	- 0.1	0.09 2.50
SUBTOTAL M:					2.586

MANO DE OBRA					
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	JOR./ HR	COSTO HORA	RENDIMIENTO	COSTO
	A	B	C= A*B	R	D=C*R
Peón	3.00	3.62	10.86	0.100	1.09
Maestro mayor en ejecución de obras civiles	0.25	4.06	1.02	0.100	0.10
CHOFER: Volquetas (Estr.Oc.C1)	1.00	5.31	5.31	0.100	0.53
SUBTOTAL N:					1.72

MATERIALES				
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	UNITARIO	COSTO
		A	B	D=C*R
Piedra base diámetro: 25 cm	m3	1.00	13.00	13.00
SUBTOTAL O:				13.00

TRANSPORTE				
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	TARIFA	COSTO
		A	B	D=C*R
Transporte de material pétreo	m3/km	1.00	0.27	0.27
SUBTOTAL P:				0.27



TOTAL COSTO DIRECTO (M+N+O+P)	17.58
INDIRECTOS Y UTILIDADES 20%	0.35
OTROS INDIRECTOS %	
COSTO TOTAL DEL RUBRO	17.93
VALOR OFERTADO	17.93

RUBRO **3.1** UNIDAD: **m**
 DETALLE: **Suministro e instalación de letrero** RENDIMIENTO **1.10**
Señalética , pintura reflectiva; leyenda y [horas/unidad]:
dibujo "Peligro maquinaria pesada en
movimiento

EQUIPOS					
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	TARIFA	COSTO HORA	RENDIMIENTO	COSTO
	A	B	C= A*B	R	D=C*R
Herramientas menores (5% m/o)	-	-	-	-	0.45
SUBTOTAL M:					0.454

MANO DE OBRA					
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	JOR./HR	COSTO HORA	RENDIMIENTO	COSTO
	A	B	C= A*B	R	D=C*R
Peón	2.00	3.62	7.24	1.100	7.96
Maestro mayor en ejecución de obras civiles	0.25	4.06	1.02	1.100	1.12
SUBTOTAL N:					9.08

MATERIALES				
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	UNITARIO	COSTO
		A	B	D=C*R
Señalética de lámina de 60x90 cm incluye elementos de sujeción, pintura reflectiva, leyenda y dibujo "Peligro maquinaria pesada en movimiento"	m3	1.00	65.00	65.00
SUBTOTAL O:				65.00

TRANSPORTE				
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	TARIFA	COSTO
		A	B	D=C*R
Transporte de material pétreo	m3/km	1.00	0.27	0.27
SUBTOTAL P:				0.27

TOTAL COSTO DIRECTO (M+N+O+P)	74.80
INDIRECTOS Y UTILIDADES 20%	1.50
OTROS INDIRECTOS %	
COSTO TOTAL DEL RUBRO	76.30
VALOR OFERTADO	76.30

RUBRO **3.2**
DETALLE: **Suministro de cintas reflectivas de seguridad**

UNIDAD: **m**
RENDIMIENTO **0.01**
[horas/unidad]:

EQUIPOS					
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	TARIFA	COSTO HORA	RENDIMIENTO	COSTO
	A	B	C= A*B	R	D=C*R
Herramientas menores (5% m/o)	-	-	-	-	0.00
SUBTOTAL M:					0.004

MANO DE OBRA					
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	JOR./HR	COSTO HORA	RENDIMIENTO	COSTO
	A	B	C= A*B	R	D=C*R
Peón	2.00	3.62	7.24	0.010	0.07
SUBTOTAL N:					0.07

MATERIALES				
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	UNITARIO	COSTO
		A	B	D=C*R
Cinta reflexiva, leyenda " Peligro"	m3	1.00	0.07	0.07
SUBTOTAL O:				0.07

TRANSPORTE					
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	TARIFA	COSTO	
		A	B	D=C*R	
SUBTOTAL P:					-

TOTAL COSTO DIRECTO (M+N+O+P)	0.14
INDIRECTOS Y UTILIDADES 20%	0.00
OTROS INDIRECTOS %	
COSTO TOTAL DEL RUBRO	0.15
VALOR OFERTADO	0.15

RUBRO **3.3** UNIDAD: **m**
 DETALLE: **Parante de caña H=1.50m con base de hormigón 40x40x15 cm** RENDIMIENTO **0.143**
 [horas/unidad]:

EQUIPOS					
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	TARIFA	COSTO HORA	RENDIMIENTO	COSTO
	A	B	C= A*B	R	D=C*R
Herramientas menores (5% m/o)	-	-	-	-	0.09
SUBTOTAL M:					0.092

MANO DE OBRA					
DESCRIPCIÓN	CANTIDA D	JOR./HR	COSTO HORA	RENDIMIENTO	COST O
	A	B	C= A*B	R	D=C*R
Peón	3.00	3.62	10.86	0.143	1.55
Carpintero	0.25	3.66	0.92	0.143	0.13
Maestro mayor en ejecución de obras civiles	0.25	4.06	1.02	0.143	0.15
SUBTOTAL N:					1.83

MATERIALES				
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	UNITARIO	COSTO
		A	B	D=C*R
Caña	m3	0.25	3.00	0.75
Cemento	u	0.20	6.45	1.29
Ripio 1/2"	m3	0.03	12.00	0.36
Tablas de encofrado de 1"x 4m.	u	0.20	3.50	0.70
Clavos de 2 " a 3 1/2"	kg	0.09	2.09	0.19
Pintura de esmalte	galón	0.02	13.20	0.26
SUBTOTAL O:				3.55

TRANSPORTE				
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	TARIFA	COSTO
		A	B	D=C*R
SUBTOTAL P:				-

TOTAL COSTO DIRECTO (M+N+O+P)	5.47
INDIRECTOS Y UTILIDADES 20%	0.11
OTROS INDIRECTOS %	
COSTO TOTAL DEL RUBRO	5.58
VALOR OFERTADO	5.58

RUBRO **3.4** UNIDAD: **m**
 DETALLE: **Suministro de cerca de protección al borde de la población** RENDIMIENTO: **0.053**
 [horas/unidad]:

EQUIPOS					
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	TARIFA	COSTO HORA	RENDIMIENTO	COSTO
	A	B	C= A*B	R	D=C*R
Herramientas menores (5% m/o)	-	-	-	-	-
					-

MANO DE OBRA					
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	JOR./HR	COSTO HORA	RENDIMIENTO	COSTO
	A	B	C= A*B	R	D=C*R
Peón	0.00	3.62	0.00	0.053	-
Maestro mayor en ejecución de obras civiles	0.00	4.06	0.00	0.053	-
SUBTOTAL N:					

MATERIALES				
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	UNITARIO	COSTO
		A	B	D=C*R
Alambre de púas	m3	1.00	0.13	0.13
SUBTOTAL O:				0.13

TRANSPORTE				
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	TARIFA	COSTO
		A	B	D=C*R
SUBTOTAL P:				
				-

TOTAL COSTO DIRECTO (M+N+O+P)	0.13
INDIRECTOS Y UTILIDADES 20%	0.00
OTROS INDIRECTOS %	
COSTO TOTAL DEL RUBRO	0.13
VALOR OFERTADO	0.13

RUBRO **4.1** UNIDAD: **m²**
 DETALLE: **Siembra de muyuyo en el espaldón aguas abajo** RENDIMIENTO: **0.026**
 [horas/unidad]:

EQUIPOS					
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	TARIFA	COSTO HORA	RENDIMIENTO	COSTO
	A	B	C= A*B	R	D=C*R
Herramientas menores (5% m/o)	-	-	-	-	-
SUBTOTAL M:					-

MANO DE OBRA					
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	JOR./HR	COSTO HORA	RENDIMIENTO	COSTO
	A	B	C= A*B	R	D=C*R
Peón	-	-	-	-	-
SUBTOTAL N:					-

MATERIALES				
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	UNITARIO	COSTO
		A	B	D=C*R
Estacas	m3	1.000	0.10	0.10
SUBTOTAL O:				0.10

TRANSPORTE					
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	TARIFA	COSTO	
		A	B	D=C*R	
SUBTOTAL P:					-

TOTAL COSTO DIRECTO (M+N+O+P)	0.10
INDIRECTOS Y UTILIDADES 20%	0.00
OTROS INDIRECTOS %	
COSTO TOTAL DEL RUBRO	0.10
VALOR OFERTADO	0.10

RUBRO
DETALLE:

4.2
Siembra de caña de guadua

UNIDAD:
RENDIMIENTO
[horas/unidad]:

u
0.08

EQUIPOS					
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	TARIFA	COSTO HORA	RENDIMIENTO	COSTO
	A	B	C= A*B	R	D=C*R
Herramientas menores (5% m/o)	-	-	-	-	-
SUBTOTAL M:					-

MANO DE OBRA					
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	JOR./HR	COSTO HORA	RENDIMIENTO	COSTO
	A	B	C= A*B	R	D=C*R
SUBTOTAL N:					

MATERIALES				
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	UNITARIO	COSTO
		A	B	D=C*R
Caña Guadua	u	1.00	0.50	0.50
SUBTOTAL O:				0.50

TRANSPORTE				
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	TARIFA	COSTO
		A	B	D=C*R
SUBTOTAL P:				-

TOTAL COSTO DIRECTO (M+N+O+P)	0.50
INDIRECTOS Y UTILIDADES 20%	0.01
OTROS INDIRECTOS %	
COSTO TOTAL DEL RUBRO	0.51
VALOR OFERTADO	0.51

RUBRO **4.3** UNIDAD: caja
 DETALLE: **Provisión de equipos de protección personal (Mascarillas-gafas).** RENDIMIENTO: **1.00**
 [horas/unidad]:

EQUIPOS					
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	TARIFA	COSTO HORA	RENDIMIENTO	COSTO
	A	B	C= A*B	R	D=C*R
Herramientas menores (5% m/o)	-	-	-	-	-
SUBTOTAL M:					-

MANO DE OBRA					
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	JOR./HR	COSTO HORA	RENDIMIENTO	COSTO
	A	B	C= A*B	R	D=C*R
SUBTOTAL N:					

MATERIALES				
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	UNITARIO	COSTO
		A	B	D=C*R
Caja de mascarillas N90 (20 unidades)	caja	5.00	1.25	6.25
Gafas de protección	u	1.00	25.00	25.00
SUBTOTAL O:				31.25

TRANSPORTE				
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	TARIFA	COSTO
		A	B	D=C*R
SUBTOTAL P:				-

TOTAL COSTO DIRECTO (M+N+O+P)	31.25
INDIRECTOS Y UTILIDADES 20%	0.63
OTROS INDIRECTOS %	
COSTO TOTAL DEL RUBRO	31.88
VALOR OFERTADO	31.88

RUBRO **4.4** UNIDAD: m
DETALLE: **Delimitación y protección de pozo comunal.** RENDIMIENTO **1.00**
[horas/unidad]:

EQUIPOS					
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	TARIFA	COSTO HORA	RENDIMIENTO	COSTO
	A	B	C= A*B	R	D=C*R
Herramientas menores (5% m/o)					0.36
SUBTOTAL M:					0.36

MANO DE OBRA					
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	JOR./HR	COSTO HORA	RENDIMIENTO	COSTO
	A	B	C= A*B	R	D=C*R
Peón	2.00	3.62	7.24	1.00	7.24
SUBTOTAL N:					7.24

MATERIALES					
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	UNITARIO	COSTO	
		A	B	D=C*R	
Cinta reflexiva, leyenda " Peligro"	m2	36.00	0.07	2.38	
Tablas de encofrado de 1"x 4m.	kg	1.25	3.50	4.38	
Clavos de 2 " a 3 1/2"	m	0.10	2.09	0.21	
Plástico Poliet Negro 0.6cax1.5m	m2	4.50	1.00	4.50	
SUBTOTAL O:					11.47

TRANSPORTE					
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	TARIFA	COSTO	
		A	B	D=C*R	
SUBTOTAL P:					-

TOTAL COSTO DIRECTO (M+N+O+P)	19.07
INDIRECTOS Y UTILIDADES 20%	0.38
OTROS INDIRECTOS %	
COSTO TOTAL DEL RUBRO	19.45
VALOR OFERTADO	19.45

ESPECIFICACIONES TÉCNICAS

1. OBRAS PRELIMINARES

1.1. Desbosque, desbroce y limpieza del área del Proyecto

Descripción

El desbosque, desbroce y limpieza se realizará en toda el área del vaso de la presa y emplazamiento de la misma. Consiste en despejar el terreno especificado para llevar a cabo la obra proyectada. Se procederá a eliminar árboles, hierbas, raíces y todo tipo de vegetación presente en el área.

Procedimiento

Se removerá un espesor de 50 cm capa vegetal con el fin de extraer raíces de la toda la vegetación existente (en el lugar de implantación del sitio de presa). Los árboles deben ser extraídos con una motosierra.

Queda a elección del fiscalizador definir un punto de acopio para la acumulación de materia vegetal para su posterior desalojo. Es importante recalcar que los residuos no deben permanecer por un periodo prolongado de tiempo con el fin de evitar obstrucciones en el área de trabajo o generación de malestar a la comunidad.

Equipos y materiales

- Retroexcavadora
- Volqueta de 8 m³

Pago y unidad de medida

La unidad de medida será m². El precio y pago del rubro contempla la compensación total por la remoción de capa vegetal, árboles y raíces existentes en el área del proyecto. Además, será remunerado el equipo utilizado y la mano de obra necesaria para llevar a cabo los trabajos.

El fiscalizador corroborará la cantidad de desbroce y desbosque ejecutada y se procederá al pago según los precios establecidos en el análisis de precios unitarios.

1.2. Desalojo de material de desbosque, desbroce y limpieza del área del proyecto

Descripción

Consiste en retirar material de escombros o capa vegetal recolectada en un punto de acopio que permita el fácil acceso del transporte encargado.

Equipos y materiales

- Retroexcavadora
- Volqueta de 8 m³

Pago y unidad de medida

La unidad de medida será m². Se fiscalizará la cantidad de escombros y material vegetal transportado. El pago se lo efectuará en base a el precio estipulado en el análisis de precios unitarios.

1.3. Alquiler de vivienda en la población de Sacachún

Descripción

El alquiler de la vivienda tiene como objetivo adquirir temporalmente un inmueble ubicado en la comuna Sacachún para que el frente de trabajo pueda almacenar sus herramientas y realizar actividades personales. La vivienda estará ubicada a 100 metros de la zona del proyecto.

Pago y unidad de medida

El pago del rubro será medido en meses de alquiler del inmueble según el costo estipulado en el análisis de precios unitarios del rubro.

2. PRESA COLINAR

2.1. Trazado y replanteo del eje de la presa y aliviadero

Descripción

Se considera una actividad imprescindible previa a la construcción. Consiste en el trazado de ejes de referencias, longitudes y niveles establecidos en los planos de diseño.

Procedimiento

Los trabajos de trazado y replanteo deben ser ejecutados con personal experimentado y calificado para llevar a cabo el proceso topográfico.

El replanteo de la obra partirá de dos hitos principales de hormigón, los cuales previamente serán verificados por el fiscalizador para comprobar las cotas y coordenadas. Posteriormente se implantarán estacas de madera que servirán de referencia durante todo el proceso de construcción. Si durante la jornada de trabajo existe destrucción parcial o total de los hitos principales, es responsabilidad del contratista la restauración de los mismos.

El personal técnico encargado debe informar en el libro de obra el replanteo realizado y el fiscalizador aprobará la continuación del trabajo. En caso de existir divergencia entre las dimensiones o niveles ejecutados y lo proyectado en los planos, el fiscalizador deberá ser notificado de inmediato.

Equipos y materiales

- Estación total
- Estacas
- Cementina
- Clavos 2"x 8
- Piola

Pago y unidad de medida

La unidad de medida será m^2 . Para su cuantificación se tomará en cuenta el área de replanteo del eje de implantación de presa, sus taludes, cimentación y aliviadero. El pago se efectuará según los precios establecidos en el análisis de precios unitarios.

2.2. Excavación a máquina para material de préstamo

Descripción

Consiste en el movimiento de un gran volumen de suelo con el fin de ser utilizado como materia prima para conformar el cuerpo de algún elemento del proyecto.

Antes de realizar la excavación, el fiscalizador debe verificar que en área de trabajo se realizaron las operaciones de limpieza de manera correcta.

Procedimiento

El proceso de excavación se llevará a cabo con una excavadora oruga conformada por un cucharón de un metro cúbico. La excavación debe ser realizada de mediante el retiro de capas uniformes, es decir, que se mantenga un nivel continuo a medida que se realiza el rubro. Además, se debe verificar que exista un camino que permita el acceso y salida de la maquinaria encargada de la excavación.

El fiscalizador no autorizará ninguna excavación en presencia de agua o condiciones climáticas desfavorables.

En caso existir una excavación en exceso, el relleno será responsabilidad del constructor y dicho volumen no será contabilizado en el pago del rubro.

Equipos y materiales

- Excavadora oruga

Pago y unidad de medida

La unidad de medida será m^2 . La cantidad a pagarse por la excavación será medida en unidad de volumen y su pago se ejecutará según los precios establecidos en el análisis de precios unitarios.

2.3. Excavación a máquina y relleno de la cimentación

Descripción

Consiste en el movimiento de un gran volumen de suelo con el fin de conformar espacios que serán utilizados para la cimentación del proyecto, según las indicaciones en los planos y los estudios de suelo.

Antes de realizar la excavación, el fiscalizador encargado debe verificar que en área de trabajo se realizaron las operaciones de limpieza de manera correcta.

Procedimiento

El proceso de excavación se llevará a cabo con una excavadora oruga. La excavación debe ser realizada de mediante el retiro de capas uniformes, es decir, que se mantenga un nivel continuo a medida que se realiza el rubro. Además, se debe verificar que exista un camino que permita el acceso y salida de la maquinaria encargada de la excavación.

Después de terminar la excavación según las especificaciones en los planos, el fiscalizador debe aprobar la profundidad de la excavación antes de iniciar las operaciones del siguiente rubro. El ancho de la excavación establecido es de 1 metro. Sin embargo, el ancho dependerá del ancho de la cuchara de la excavadora, por lo tanto, el ancho de la excavación puede variar sin afectar el funcionamiento del dentellón proyectado.

El fiscalizador no autorizará ninguna excavación en presencia de agua o condiciones climáticas desfavorables.

En caso existir una excavación en exceso, el relleno será responsabilidad del constructor y dicho volumen no será contabilizado en el pago del rubro.

El relleno del dentellón se efectuará en terrenos firmes, libres de vegetación o materia orgánica. Se colocarán capas de 20 cm de espesor

utilizando una retroexcavadora hasta completar la altura indicada en los planos.

Equipos y materiales

- Excavadora oruga

Pago y unidad de medida

La unidad de medida será m³ y su pago se ejecutará según los precios establecidos en el análisis de precios unitarios.

2.4. Excavación y relleno de estructuras menores (Aliviadero)

Consiste en el movimiento de un gran volumen de suelo con el fin de conformar espacios que serán utilizados para la cimentación del proyecto, según las indicaciones en los planos y los estudios de suelo.

Antes de realizar la excavación, el personal técnico encargado debe verificar que en área de trabajo se realizaron las operaciones de limpieza de manera correcta.

Procedimiento

El proceso de excavación se llevará a cabo con una excavadora oruga. La excavación debe ser realizada de mediante el retiro de capas uniformes, es decir, que se mantenga un nivel continuo a medida que se realiza el rubro. Además, se debe verificar que exista un camino que permita el acceso y salida de la maquinaria encargada de la excavación.

Después de terminar la excavación según las especificaciones en los planos, el fiscalizador debe aprobar la profundidad y ancho de la excavación antes de iniciar las operaciones del siguiente rubro.

El fiscalizador no autorizará ninguna excavación en presencia de agua o condiciones climáticas desfavorables.

En caso existir una excavación en exceso, el relleno será responsabilidad del constructor y dicho volumen no será contabilizado en el pago del rubro.

Equipos y materiales

- Excavadora oruga

Pago y unidad de medida

La unidad de medida será m^3 y su pago se ejecutará según los precios establecidos en el análisis de precios unitarios.

2.5. Retiro y disposición final de los materiales de excavación

Descripción

Consiste en el transporte y disposición final de los materiales generados en las fases de excavación, asegurando la limpieza del proyecto para su entrega.

Procedimiento

El desalojo del material excavado se lo realizará a través de una retroexcavadora y una volqueta. El material debe ser cargado y transportado hasta un terreno ubicado a 400 metros del área del proyecto. El material desalojado debe ser tendido y compactado con taludes con relación 2:1

Equipos y materiales

- Retroexcavadora
- Volqueta de $8 m^3$

Pago y unidad de medida

La unidad de medida será m^3 . El volumen del material desalojado será calculado considerando el coeficiente de esponjamiento. El pago se lo efectuará con base en el precio estipulado en el análisis de precios unitarios.

2.6. Relleno compactado y construcción del cuerpo de presa

Descripción

El objetivo del rubro es el relleno del área designada para el cuerpo de la presa hasta cumplir con los niveles establecidos en los planos del proyecto.

Procedimiento

Previo a las operaciones de relleno y compactación, el fiscalizador debe verificar que el material a utilizar se extrajo del vaso de la presa proyectada y que el mismo está libre de materia orgánica y vegetación de acuerdo con lo previsto en el rubro 2.1.

El relleno se efectuará en terrenos firmes, libres de vegetación o materia orgánica. Se colocarán capas de 25 cm de espesor utilizando una retroexcavadora y se procederá a la compactación desde los bordes hacia el centro del relleno utilizando un rodillo de 10- 15 toneladas.

El grado de compactación debe satisfacer el 95% de la densidad establecida en el ensayo de Proctor Estándar Modificado. Este parámetro se medirá en campo con el método de Cono de Arena según las especificaciones establecidas en la norma ASTM D1556-82. Se realizará una medición por cada metro de altura de material compactado.

Los taludes deben conformarse según lo estipulado en los planos del proyecto y deberán tener una superficie lisa y uniforme. En caso de presentar material resquebrajado y en peligro de caerse del talud, se procederá a retirarlo.

Equipos y materiales

- Excavadora oruga
- Volqueta 8 m³
- Motoniveladora
- Rodillo liso

- Agua
- Material excavado

A continuación, se adjuntan los rangos de tolerancia para la caracterización del material a utilizar en el cuerpo de la presa.

Ensayo	Muestra
Clasificación SUCS	Arena limosa con grava (SM)
Contenido de finos Pasante No. 200 (%)	35.00-13.00%
Limite Liquido WL	40%-46%
Limite plástico WP	25%- 32%
Peso Volumetrico seco (Kg/m3)	1900-1600 Kg/m3

En los estudios geotécnicos realizados se tomaron cuatro muestras de suelo en diferentes puntos del vaso de la presa. Según los resultados obtenidos en el laboratorio, se diseñó el cuerpo de la presa con los valores más desfavorables con el fin de proveer un mayor factor de seguridad. Por tal motivo, no se planificaron ensayos de granulometría y límites de Atterberg, en el material excavado.

Pago y unidad de medida

La unidad de medida será m³ y su pago se ejecutará según los precios establecidos en el análisis de precios unitarios.

2.7. Relleno y compactación de material de filtro (grava y arena)

Descripción

El objetivo del rubro es el relleno del área designada con material gravo-arenoso hasta cumplir con los niveles establecidos en los planos del proyecto.

Procedimiento

El relleno se efectuará en terrenos firmes, libres de vegetación o materia orgánica. Se colocarán capas de 25cm de espesor utilizando una excavadora oruga y se procederá a la compactación desde los bordes hacia el centro del relleno utilizando un rodillo de 1 Tonelada. Se repetirá este proceso hasta el nivel establecido para el filtro en los planos del proyecto.

Equipos y materiales

Previamente, el fiscalizador encargado debe verificar que el material transportado cumpla con las siguientes especificaciones:

- Grava: El 80 % del volumen total de material transportado debe cumplir con un diámetro entre 4 y 5 cm.
- Arena: El 80 % del volumen total de material transportado debe cumplir con un diámetro entre 1 a 2 mm.
- Los materiales deben estar libre de impurezas arcillosas y materia orgánica.
- Excavadora oruga
- Volqueta 8 m³
- Motoniveladora
- Rodillo liso

Pago y unidad de medida

La unidad de medida será m³ y su pago se ejecutará según los precios establecidos en el análisis de precios unitarios.

2.8. Suministro e instalación de Geotextil NT1500

Descripción

Este rubro consiste en el suministro e instalación del geotextil NT1500 como elemento de separación entre el material del filtro y el material base del cuerpo de la presa. De esta manera se protege el suelo que conforma la presa y se evita la migración de finos hacia el filtro granular.

Previamente, el fiscalizador debe asegurarse de que este material cumpla con las siguientes especificaciones detalladas en el proyecto. En caso de que el rollo de geotextil presente cortes o rasgados, el material deberá ser rechazado inmediatamente.

La colocación del material se realizará manualmente y el fiscalizador previamente debe verificar que la superficie se encuentre limpia, uniforme y no existan depresiones mayores a 5 cm. Una vez extendido el geotextil, se recomienda realizar traslapes de 10 cm en las uniones longitudinales y transversales mediante juntas cocidas. Luego que el material se encuentre uniformemente distribuido, se debe colocar la capa de material granular con el espesor especificado en el rubro 2.7. Posteriormente se procederá a colocar otra capa de geotextil sobre el material filtrante realizando los traslapes previamente mencionados.

El fiscalizador no autorizará el uso de ningún tipo de maquinaria sobre el geotextil si aún no se ha colocado el material granular del filtro.

Equipos y materiales

- Geotextil NT1500

Pago y unidad de medida

Este rubro se medirá y será pagado en metros cuadrados. El pago constituye la compensación total por el suministro e instalación del material, la mano de obra y herramienta menor para su instalación según detalla el análisis de precio unitario de este rubro.

2.9. Enrocado del fondo de aliviadero

Descripción

El objetivo de este rubro es el suministro y colocación de material rocoso con el objetivo de proteger el fondo del aliviadero contra los efectos de la erosión.

Procedimiento

El fiscalizador es el responsable de verificar que el material de piedra transportada se encuentre libre de materia orgánica, impurezas arcillosas y debe cumplir con las especificaciones granulométricas detalladas en el proyecto.

El enrocado se realizará de forma manual y empezará en la cota de fondo del aliviadero colocando las piedras de diámetro especificado en el proyecto. La capa de enrocado debe tener un espesor de 40 cm de espesor.

Equipos y materiales

- Piedra: El 80 % del volumen total de material transportado debe cumplir con un diámetro entre 20 y 25 cm.

Pago y unidad de medida

Este rubro será medido en m³. El pago del rubro contempla la compensación total por el suministro y colocación del material en el aliviadero. Además, será remunerado el equipo utilizado y la mano de obra necesaria para llevar a cabo el trabajo.

El fiscalizador corroborará el volumen de enrocado ejecutado y se procederá al pago según los precios establecidos en el análisis de precios unitarios.

2.10. Suministro de cerca de protección al borde de la población

Descripción

El propósito del rubro es el cercamiento del borde de la población próximo al vaso de la presa con el objetivo de precautelar la seguridad de las

personas y los animales de la zona. De esta manera se minimiza la posibilidad de posibles acercamientos o accidentes en el vaso de la presa colinar.

Procedimiento

El fiscalizador previamente debe verificar que el alambre de púas suministrado es de alambre galvanizado, de tres hilos y cumple con los requisitos estipulados en la norma INEN 884.

Se procederá al hincado de estacas de ciruelo de 2 metros de altura una profundidad de 25 cm, comenzando el cercamiento en el punto de inicio de la población especificado en los planos. Las parantes serán colocadas cada 5 metros y posteriormente se instalarán 3 líneas de alambre de púas separadas 50 cm.

Equipos y materiales

- Alambre de púas triple galvanizado (3Zn) de 3 hilos, torsión alterna, diámetro de 1.52 mm
- Estacas de madera de 2 metros de altura

Pago y unidad de medida

Este rubro será medido en metros lineales. El pago del rubro contempla la compensación total por la adjudicación de material. El suministro de las estacas de ciruelo y la instalación del cercamiento se realizará con mano de obra comunitaria. Por tal motivo, estos ítems no han sido estipulados en precio del rubro.

3. SEGURIDAD LABORAL

3.1. Suministro e instalación de letrero Señalética, pintura reflectiva; leyenda y dibujo "Peligro maquinaria pesada en movimiento"

Descripción

La implementación de una adecuada señalización tiene como objetivo la prevención y control de actividades humanas con el fin de evitar accidentes en el lugar de la obra. Las señales deben ser visibles y llamativas con colores establecidos en la norma NTE INEN – ISO 3864. Además, deben ser resistente a las condiciones climáticas.

Equipos y materiales

- Señalética dimensiones de 60x 90 cm con pintura reflexiva, pictograma y leyenda: "Peligro maquinaria pesada en movimiento".

Pago y unidad de medida

La medición de este rubro se realizará por unidad instalada y el pago será de acuerdo con lo que indique el precio unitario y verificando la correcta ejecución del rubro.

3.2. Suministro de cintas reflectivas de seguridad

Descripción

El objetivo de la señalización es delimitar el área restringida de trabajo para evitar accidentes en la circulación vehicular o peatonal.

Procedimiento

Este tipo de barreras estarán conformadas por una banda horizontal de cinta reflectiva de polietileno de ancho de 10 cm, con franjas naranjas y negras alternadas de manera que puedan ser visibles desde una distancia considerable. Estarán sostenidas mediante soportes verticales de 1.30 m de altura mínimo.

Las barreras de cinta plástica reflectiva se colocarán en las longitudes o áreas establecidas por el personal técnico encargado.

Los elementos que conforman las barreras deben ser reemplazados de manera inmediata en caso de deterioro, con el fin que se puedan cumplir su función y evitar posibles accidentes.

Equipos y materiales

- Cinta reflectiva

Pago y unidad de medida

Las cintas plásticas reflectivas se medirán por metro lineal. El pago del rubro contempla la compensación total por el suministro y colocación de las cintas y parantes en el sitio de trabajo. Además, será remunerado el equipo utilizado y la mano de obra necesaria para llevar a cabo la instalación.

3.3. Parante de caña H=1.50m con base de hormigón 40x40x15 cm

Descripción

Los parantes de caña pueden ser elaborados con caña guadua a una altura de 1.50 m con una base de hormigón simple de dimensiones 40x40x15 cm. Deberán estar pintadas de colores rojo y blanco con franjas alternadas de 15 cm de ancho. Estos elementos podrán utilizarse como soportes verticales de la señalética de prevención y control.

Pago y unidad de medida

La medición de este rubro se realizará por unidad instalada y el pago será de acuerdo con lo que indique el precio unitario y verificando la correcta ejecución del rubro.

4. AMBIENTAL

4.1. Siembra de muyuyo en el talud aguas abajo del dique de presa

Descripción

Este rubro consiste en la siembra de muyuyo, planta endémica de la zona, en el talud aguas debajo de la presa, con el propósito de proteger el talud de los efectos de la erosión.

Procedimiento

La siembra iniciará hincando estacas de muyuyo y se procederá a rellenar con suelo que contenga material orgánico. Las estacas se implantarán a una distancia de 2 metros.

Equipos y materiales

- Estacas de madera
- Ramas de muyuyo

4.2. Siembra de caña guadua del perímetro de la presa colinar

Descripción

Este rubro consiste en la siembra de caña guadua con el objetivo forestar el lindero de la presa colinar y a largo plazo proveer a la población un producto para explotación y comercialización.

Procedimiento

La siembra iniciará realizando excavaciones de 0.2x0.2x0.2m, se colocarán las plantas de caña guadua, y se procederá a rellenar con suelo que contenga material orgánico. Las estacas se implantarán a una distancia de 2 metros.

Equipos y materiales

- Chusquines de caña guadua

Pago y unidad de medida

La medición de este rubro se realizará por m² y el pago será de acuerdo con lo que indique el precio unitario y verificando la correcta ejecución del rubro.

4.3. Provisión de equipos de protección personal.

Descripción

Este rubro consiste en el suministro de mascarillas y gafas para operadores y trabajadores, expuestos a gases y materiales particulados suspendidos. Este rubro tiene como objetivo prevenir problemas respiratorios.

Procedimiento

El encargado del proyecto deberá proporcionar mascarillas con protección contra partículas sólida. Las mascarillas deben tener la capacidad de capturar el 95% de las partículas mayores a 0,3 micras, las mascarillas deben ser KN95 o N95. Las gafas deben cubrir completamente la vista, protegiendo los ojos de partículas solidadas voladoras.

Equipos y materiales

- Mascarillas
- Gafas

Pago y unidad de medida

La unidad de medida será por caja. Una caja de equipo de protección consta de 20 unidades de mascarillas y 5 gafas. El pago se lo efectuará con base en el precio estipulado en el análisis de precios unitarios.

4.4. Delimitación y protección de pozo comunal

Descripción

Consiste en el cercado y cierre temporal del pozo comunal, hasta la culminación de las faces que pudiesen alterar la calidad de agua.

Procedimiento

El pozo de agua subterráneo debe ser cercado y correctamente señalado, mediante el uso de citas de seguridad, adicionalmente para evitar que partículas de tierra u otros contaminantes ingresen al pozo se

debe cerrar temporalmente su boca, mediante un material impermeable y una tapa de madera.

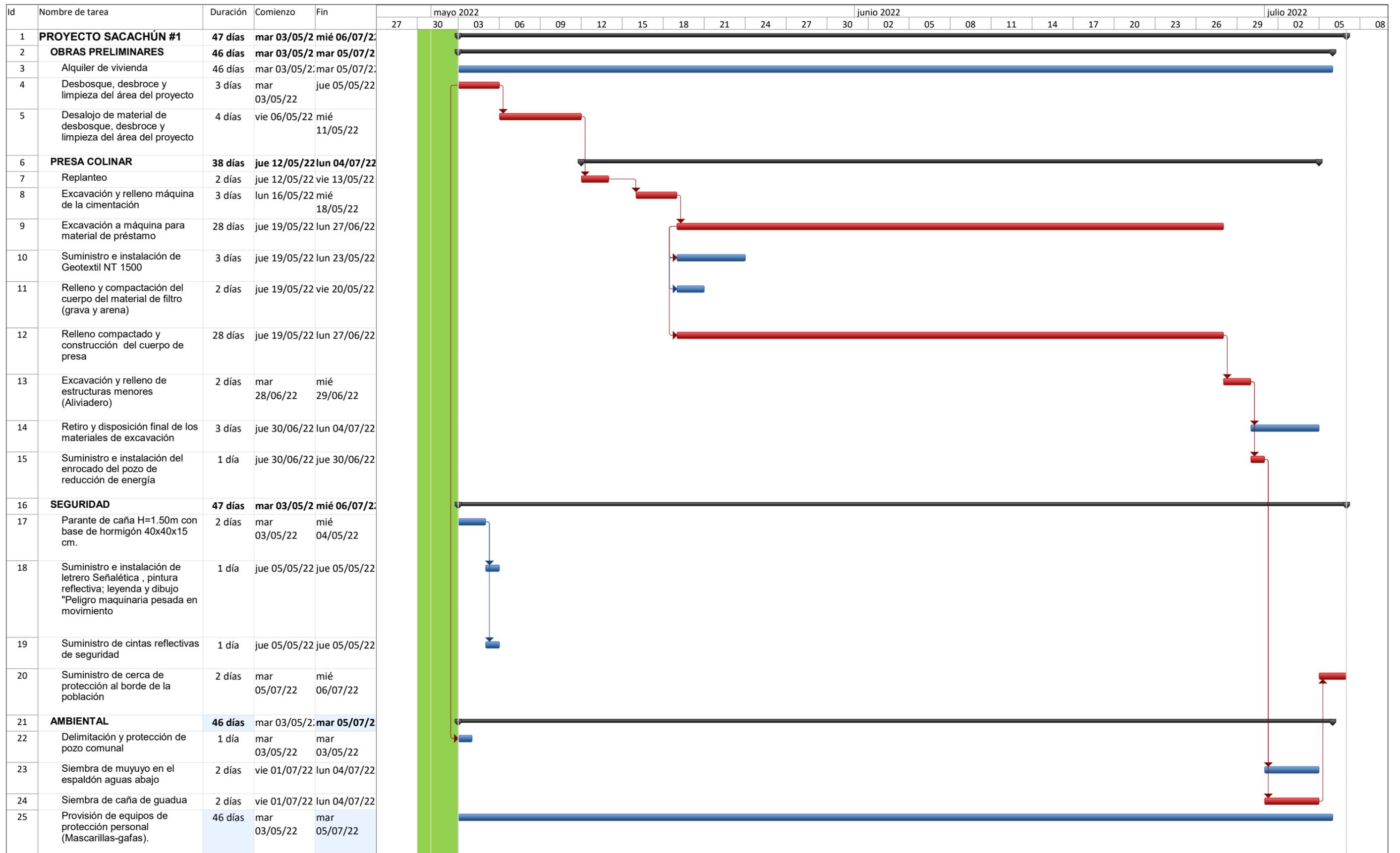
Equipos y materiales

- Madera
- Plástico
- Cinta reflectiva de seguridad

Pago y unidad de medida

La unidad de medida será m². El pago se lo efectuará con base en el precio estipulado en el análisis de precios unitarios.

APÉNDICE E
CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES



Proyecto: Proyecto1 Fecha: mié 25/08/21	Tarea		Resumen del proyecto		Hito inactivo		Informe de resumen manual		Fecha límite		Tareas críticas
	División		Tareas externas		Resumen inactivo		Resumen manual		Tareas críticas		Tareas críticas
	Hito		Hito externo		Tarea manual		Sólo el comienzo		División crítica		División crítica
	Resumen		Tarea inactiva		Sólo duración		Sólo fin		Progreso		Progreso



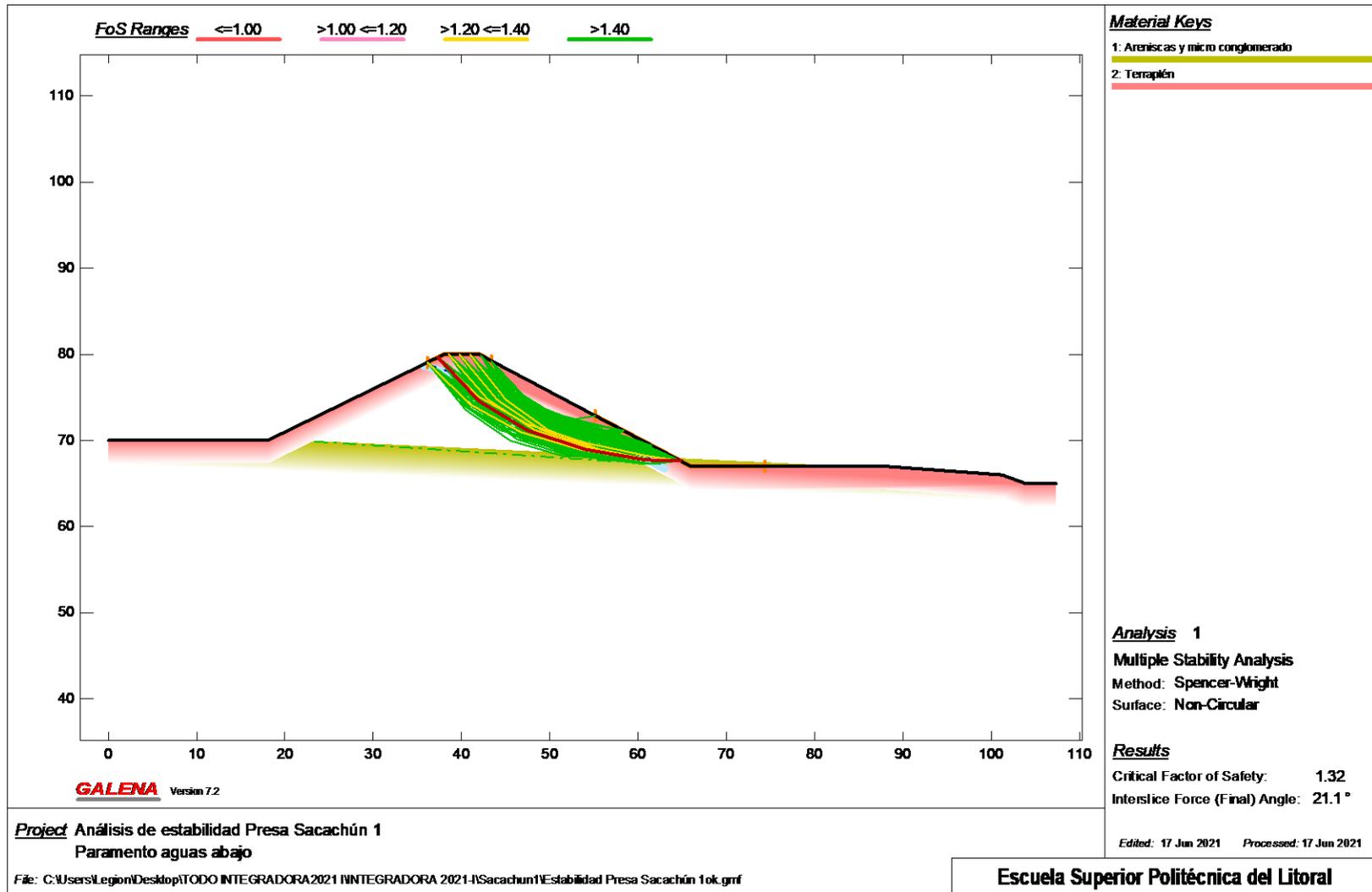
ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL
Facultad de Ingeniería en Ciencias de la Tierra
Cronograma Valorado de Actividades

RUBRO	DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	P. UNITARIO	P. TOTAL	Meses/2022			TOTAL
						Mayo	Junio	Julio	
1	OBRAS PRELIMINARES								
1.1	Desbosque, desbroce y limpieza del área del proyecto	m2	28223.59	\$ 0.23	\$ 6,520.50	\$ 6,520.50			\$ 6,520.50
1.2	Desalojo de material de desbosque, desbroce y limpieza del área del proyecto	m3/km	6254.84	\$ 0.62	\$ 3,847.10	\$ 3,847.10			\$ 3,847.10
1.3	Alquiler de vivienda	mes	3	\$ 204.00	\$ 612.00	\$ 204.00	\$ 204.00	\$ 204.00	\$ 612.00
2	PRESA COLINAR				\$ 101,617.26				
2.1	Replanteo	m2	5748	\$ 0.41	\$ 2,378.60	\$ 2,378.60			\$ 2,378.60
2.2	Excavación a máquina para material de préstamo	m3	22328	\$ 1.29	\$ 28,878.14	\$ 9,282.26	\$ 19,595.88		\$ 28,878.14
2.3	Excavación y relleno máquina de la cimentación	m3	240	\$ 3.68	\$ 882.75	\$ 882.75			\$ 882.75
2.4	Excavación y relleno de estructuras menores (Aliviadero)	m3	374.42	\$ 1.46	\$ 548.42		\$ 548.42		\$ 548.42
2.5	Retiro y disposición final de los materiales de excavación	m3/km	614.42	\$ 0.62	\$ 377.91		\$ 125.97	\$ 251.94	\$ 377.91
2.6	Relleno y compactación del cuerpo de presa	m3	22328	\$ 2.08	\$ 46,539.81	\$ 14,959.22	\$ 31,580.59		\$ 46,539.81
2.7	Relleno y compactación del cuerpo del material de filtro (grava y arena)	m3	520	\$ 55.36	\$ 14,196.00	\$ 14,196.00			\$ 14,196.00
2.8	Suministro e instalación de Geotextil NT 1500	m2	1160	\$ 6.45	\$ 7,484.33	\$ 7,484.33			\$ 7,484.33
2.9	Suministro e instalación del enrocado del pozo de reducción de energía	m3	18	\$ 17.93	\$ 331.30		\$ 331.30		\$ 331.30
3	SEGURIDAD				\$ 440.77				
3.1	Suministro e instalación de letrero Señalética , pintura reflectiva; leyenda y dibujo "Peligro maquinaria pesada en movimiento	u	2	\$ 76.30	\$ 152.60	\$ 152.60			\$ 152.60
3.2	Suministro de cintas reflectivas de seguridad	m	500	\$ 0.15	\$ 73.19	\$ 73.19			\$ 73.19
3.3	Parante de caña H=1.50m con base de hormigón 40x40x15 cm	u	15	\$ 5.58	\$ 83.71	\$ 83.71			\$ 83.71
3.4	Suministro de cerca de protección al borde de la población	m	990	\$ 0.13	\$ 131.27			\$ 131.27	\$ 131.27
4	AMBIENTAL				\$ 472.08				
4.1	Siembra de muyuyo en el espaldón aguas abajo	m2	2110	\$ -	\$ -				\$ -
4.2	Siembra de caña de guadua	m2	700	\$ 0.51	\$ 357.00			\$ 357.00	\$ 357.00
4.3	Provisión de equipos de protección personal (Mascarillas-gafas).	caja	3	\$ 31.88	\$ 95.63	\$ 43.66	\$ 45.74	\$ 6.24	\$ 95.64
4.4	Delimitación y protección de pozo comunal	m2	1	\$ 19.45	\$ 19.45	\$ 19.45			\$ 19.45
COSTO						\$ 60,127.37	\$ 52,431.90	\$ 950.45	\$ 113,509.72
IVA 12%						\$ 7,215.28	\$ 6,291.83	\$ 114.05	\$ 13,621.17
COSTO FINAL						\$ 67,342.65	\$ 58,723.73	\$ 1,064.50	\$ 127,130.89

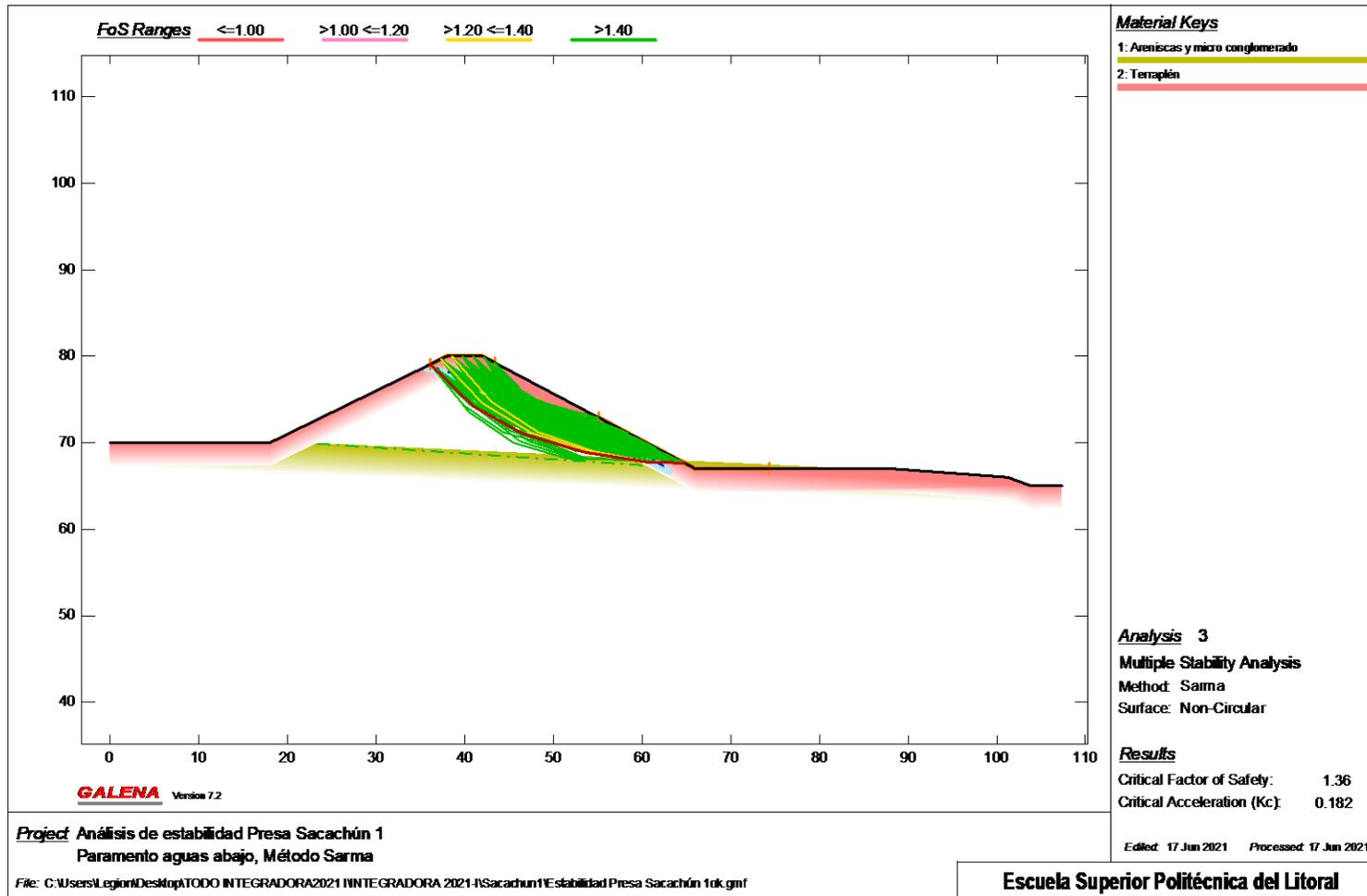
APÉNDICE A

RESULTADOS DEL ANÁLISIS DE ESTABILIDAD REALIZADO EN EL SOFTWARE GALENA

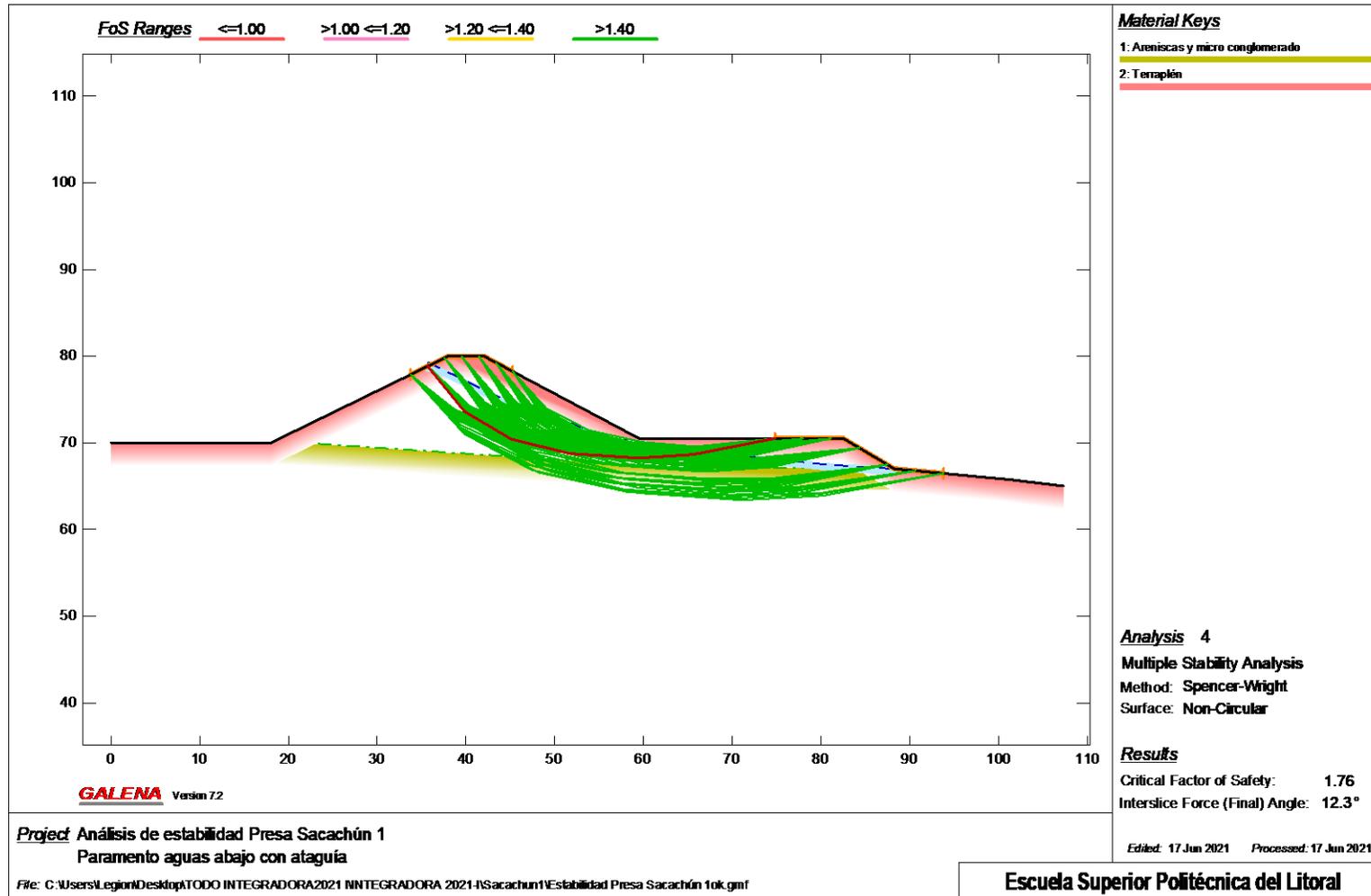
CORRIDA DE ESTABILIDAD DEL PARAMENTO AGUAS ABAJO CON EMBALSE LLENO SIN SISMO, MÉTODO SPENCER WRIGHT



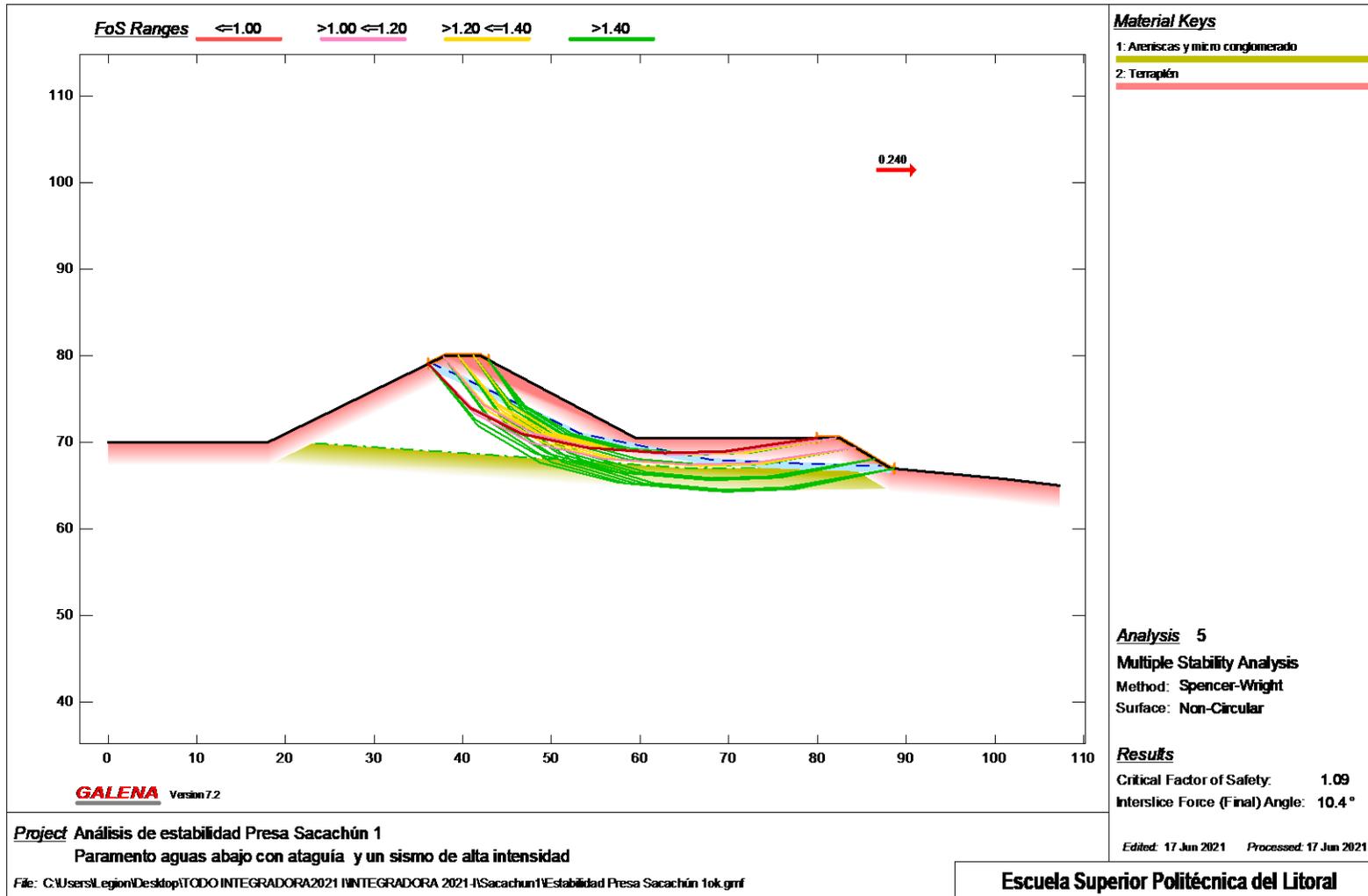
CORRIDA DE ESTABILIDAD DEL PARAMENTO AGUAS ABAJO CON EMBALSE LLENO SIN SISMO, MÉTODO SARMA



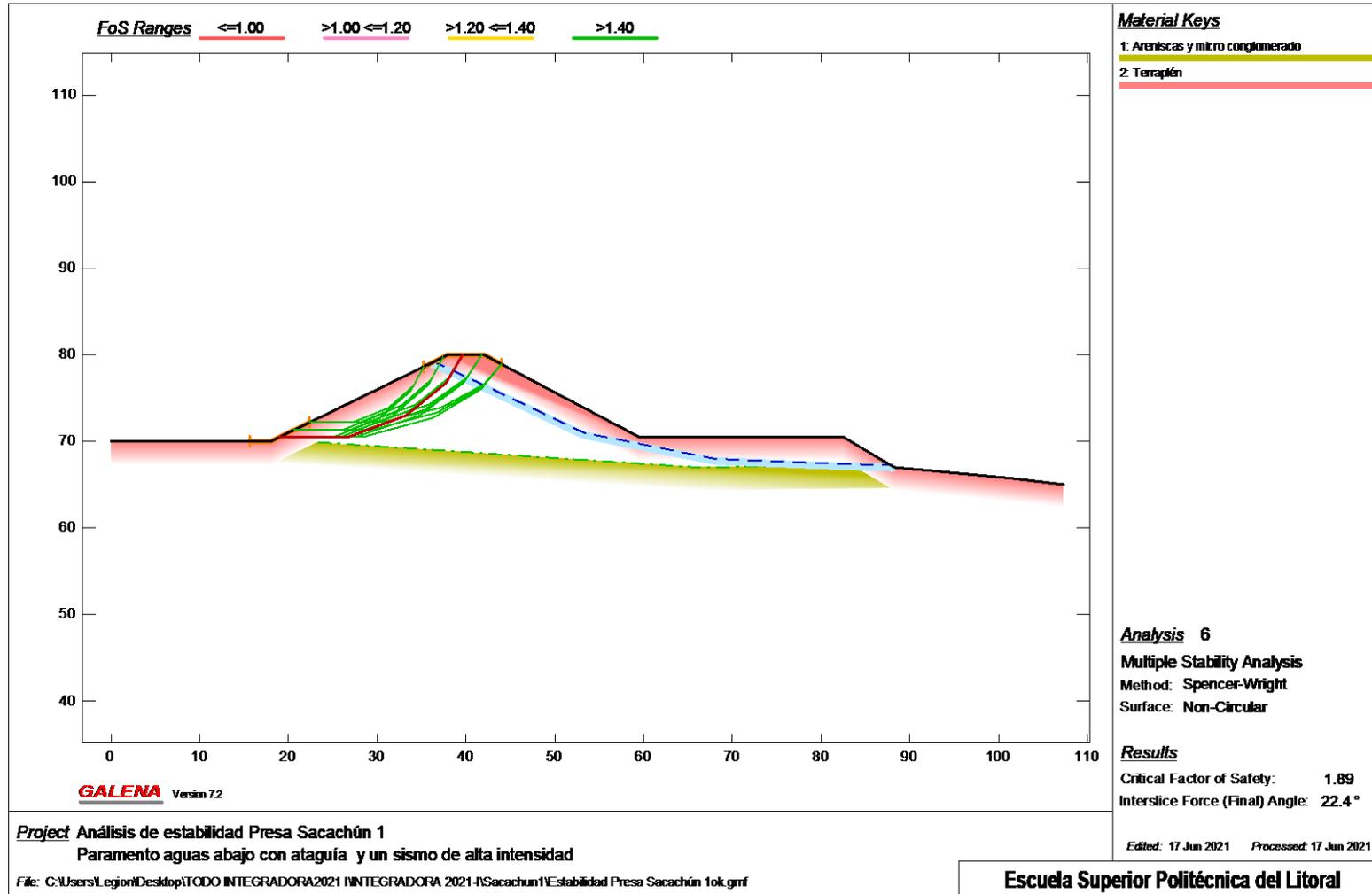
CORRIDA DE ESTABILIDAD DEL PARAMENTO AGUAS ABAJO CON EMBALSE LLENO SIN SISMO, CON UNA ATAGUIA, MÉTODO SPENCER WRIGHT



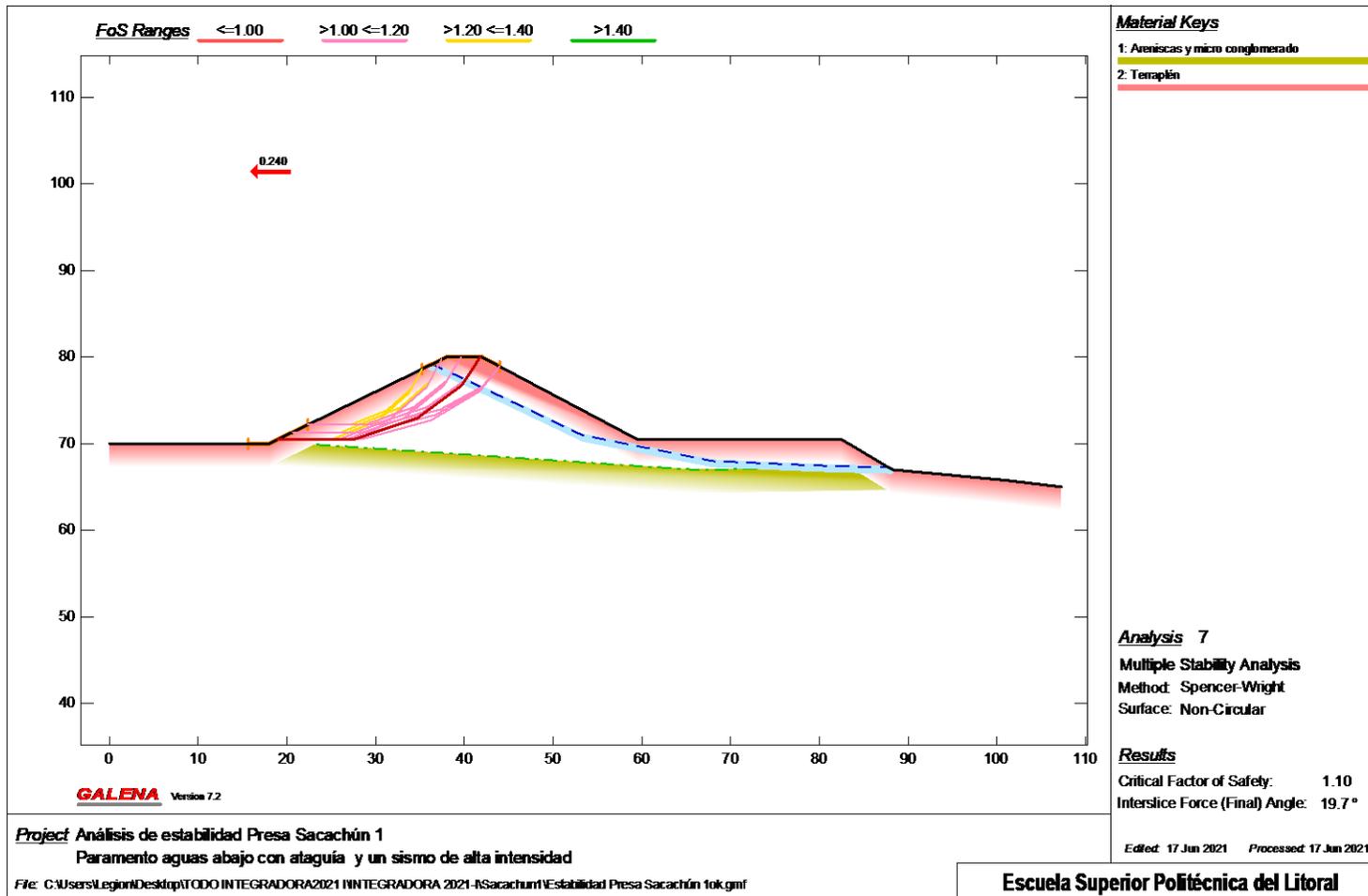
CORRIDA DE ESTABILIDAD DEL PARAMENTO AGUAS ABAJO CON EMBALSE LLENO CON ATAGUIA Y SISMO $\alpha=0.4G$, MÉTODO SPENCER WRIGHT



CORRIDA DE ESTABILIDAD DEL PARAMENTO AGUAS ABAJO CON EMBALSE LLENO CON ATAGUIA SIN SISMO, MÉTODO SPENCER WRIGHT



CORRIDA DE ESTABILIDAD DEL PARAMENTO AGUAS ARRIBA CON EMBALSE LLENO CON ATAGUIA Y UN SISMO $\alpha=0.4G$, MÉTODO SPENCER WRIGHT



Project: Análisis de estabilidad Presa Sacachún 1
 File: C:\Users\Legion\Desktop\TODO INTEGRADORA2021 I\INTEGRADORA 2021-I\Sacachun1\Estabilidad Presa Sacachún lok.gmf
 Processed: 02 Aug 2021 10:34:27

DATA: Analysis 1 - Paramento aguas abajo

Material Properties (2 materials)

Material: 1 (Mohr-Coulomb Isotropic) - Areniscas y micro conglomerado
 Cohesion Phi UnitWeight Ru
 150.00 38.0 21.00 Auto
 Material: 2 (Mohr-Coulomb Isotropic) - Terraplén
 Cohesion Phi UnitWeight Ru
 4.83 33.0 16.50 Auto

Water Properties

Unit weight of water: 9.810 Unit weight of water/medium above ground: 9.810

Material Profiles (2 profiles)

Profile	Points	Material beneath	Material	Phi	UnitWeight	Ru									
Profile: 1	(5 points)	1 - Areniscas y micro conglomerado	1 - Areniscas y micro conglomerado	38.00	21.00	Auto	70.00	18.00	70.25	66.00	67.00	88.00	67.25	101.32	65.75
Profile: 2	(2 points)	2 - Terraplén	2 - Terraplén	33.00	16.50	Auto	0.00	85.00	107.32	85.00					

Slope Surface (9 points)

0.00	70.00	18.00	70.00	38.00	80.00	42.00	80.00	65.99	67.00
88.14	67.00	101.23	66.00	103.89	65.00	107.32	65.00		

Phreatic Surface (5 points)

35.75	79.00	42.25	76.75	51.50	72.25	58.75	69.25	63.00	67.00
-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------

Failure Surface

Initial non-circular surface for critical search (6 points)

39.75	80.00	44.00	74.75	49.00	71.25	55.00	69.00	61.25	67.75
64.75	67.67								

Variable Restraints

Horizontal range around X-Left:	7.25	Trial positions within range:	7
Horizontal range around X-Right:	19.25	Trial positions within range:	7
Vertical range around Mid-Point:	4.75	Trial positions within range:	7

RESULTS: Analysis 1 - Paramento aguas abajo

Spencer-Wright Method of Analysis - Non-Circular Failure Surface

Critical Failure Surface Search using Multiple Surface Generation Techniques

Initial failure surface approximation - Factor of Safety: 1.340 Final Angle of Interslice Forces (Theta): 22.8 degrees

Analysis Summary

There were: 233 successful analyses from a total of 343 trial failure surfaces (Theta filter applied)
 107 analyses terminated due to unacceptable geometry
 3 analyses rejected due to Theta being outside valid range

Critical (minimum) Factor of Safety: 1.32 Final Angle of Interslice Forces: 21.1 degrees

Negative interslice forces exist on one or more slices; examine slice data and consult the GALENA Help utility
 Effective stress line-of-thrust is not within one or more slices; examine slice data and consult the GALENA Help utility

Results Summary - Lowest 99 Factor of Safety surfaces

Surface	X-Left	Y-Left	X-Right	Y-Right	Y-Deflection	FoS	Theta	
1	37.33	79.67	64.75	67.67	0.00	1.316	21.1	<-- Critical Surface
2	38.54	80.00	64.75	67.67	0.00	1.322	22.0	
3	36.12	79.06	64.75	67.67	0.00	1.327	20.0	
4	39.75	80.00	64.75	67.67	0.00	1.340	22.8	
5	40.96	80.00	64.75	67.67	0.00	1.374	23.3	
6	37.33	79.67	64.75	67.67	0.79	1.399	21.3	
7	37.33	79.67	61.54	69.41	-1.58	1.405	19.3	
8	36.12	79.06	64.75	67.67	0.79	1.406	20.1	
9	38.54	80.00	61.54	69.41	-1.58	1.410	20.2	
10	38.54	80.00	64.75	67.67	0.79	1.413	22.5	
11	37.33	79.67	61.54	69.41	-0.79	1.417	20.0	
12	38.54	80.00	61.54	69.41	-0.79	1.417	21.0	
13	36.12	79.06	61.54	69.41	-1.58	1.420	18.3	
14	42.17	79.91	64.75	67.67	0.00	1.428	23.3	
15	39.75	80.00	61.54	69.41	-1.58	1.430	20.8	
16	39.75	80.00	61.54	69.41	-0.79	1.433	21.8	
17	36.12	79.06	61.54	69.41	-0.79	1.436	18.8	
18	37.33	79.67	61.54	69.41	-2.38	1.439	18.5	
19	36.12	79.06	61.54	69.41	-2.38	1.445	17.6	
20	38.54	80.00	61.54	69.41	-2.38	1.454	19.2	
21	43.38	79.25	64.75	67.67	0.00	1.465	23.3	
22	40.96	80.00	61.54	69.41	-1.58	1.469	21.3	
23	40.96	80.00	61.54	69.41	-0.79	1.470	22.5	
24	37.33	79.67	61.54	69.41	0.00	1.477	20.5	
25	38.54	80.00	61.54	69.41	0.00	1.480	21.7	
26	39.75	80.00	61.54	69.41	-2.38	1.486	19.7	
27	40.96	80.00	64.75	67.67	0.79	1.488	24.2	
28	36.12	79.06	61.54	69.41	0.00	1.497	19.1	
29	39.75	80.00	61.54	69.41	0.00	1.499	22.7	
30	42.17	79.91	61.54	69.41	-1.58	1.528	21.2	
31	42.17	79.91	61.54	69.41	-0.79	1.529	22.5	
32	36.12	79.06	64.75	67.67	1.58	1.533	20.0	
33	40.96	80.00	64.75	67.67	-0.79	1.534	21.9	
34	37.33	79.67	64.75	67.67	1.58	1.535	21.5	
35	42.17	79.91	64.75	67.67	-0.79	1.536	22.0	
36	40.96	80.00	61.54	69.41	-2.38	1.539	20.1	
37	43.38	79.25	64.75	67.67	-0.79	1.542	22.0	
38	40.96	80.00	61.54	69.41	0.00	1.543	23.6	
39	39.75	80.00	64.75	67.67	-0.79	1.547	21.3	
40	38.54	80.00	64.75	67.67	1.58	1.561	22.8	
41	42.17	79.91	64.75	67.67	0.79	1.563	24.3	
42	43.38	79.25	61.54	69.41	-0.79	1.575	22.4	
43	38.54	80.00	64.75	67.67	-0.79	1.575	20.5	
44	43.38	79.25	61.54	69.41	-1.58	1.579	21.1	
45	37.33	79.67	61.54	69.41	0.79	1.581	20.0	
46	37.33	79.67	58.33	71.15	-1.58	1.594	18.5	
47	38.54	80.00	58.33	71.15	-1.58	1.597	19.5	
48	38.54	80.00	61.54	69.41	0.79	1.600	22.2	
49	38.54	80.00	58.33	71.15	-0.79	1.603	20.5	
50	37.33	79.67	58.33	71.15	-0.79	1.608	19.2	
51	36.12	79.06	61.54	69.41	0.79	1.608	19.2	
52	42.17	79.91	61.54	69.41	-2.38	1.610	19.9	
53	43.38	79.25	64.75	67.67	0.79	1.611	24.3	
54	42.17	79.91	61.54	69.41	0.00	1.615	23.8	
55	39.75	80.00	58.33	71.15	-0.79	1.617	21.6	
56	39.75	80.00	58.33	71.15	-1.58	1.620	20.3	
57	36.12	79.06	58.33	71.15	-1.58	1.622	17.2	
58	39.75	80.00	61.54	69.41	0.79	1.628	23.5	
59	37.33	79.67	64.75	67.67	-0.79	1.636	19.5	
60	37.33	79.67	58.33	71.15	-2.38	1.642	17.5	
61	36.12	79.06	58.33	71.15	-0.79	1.645	17.7	
62	36.12	79.06	58.33	71.15	-2.38	1.654	16.4	
63	40.96	80.00	58.33	71.15	-0.79	1.661	22.5	
64	38.54	80.00	58.33	71.15	-2.38	1.662	18.4	
65	43.38	79.25	61.54	69.41	0.00	1.664	23.8	
66	40.96	80.00	64.75	67.67	1.58	1.672	25.0	
67	40.96	80.00	58.33	71.15	-1.58	1.674	21.0	
68	38.54	80.00	58.33	71.15	0.00	1.676	21.3	
69	43.38	79.25	61.54	69.41	-2.38	1.677	19.7	
70	40.96	80.00	61.54	69.41	0.79	1.681	24.6	

71	37.33	79.67	58.33	71.15	0.00	1.684	19.8
72	39.75	80.00	58.33	71.15	0.00	1.688	22.7
73	39.75	80.00	58.33	71.15	-2.38	1.706	19.0
74	36.12	79.06	64.75	67.67	2.38	1.721	19.8
75	36.12	79.06	58.33	71.15	0.00	1.727	18.1
76	37.33	79.67	64.75	67.67	2.38	1.730	21.5
77	40.96	80.00	58.33	71.15	0.00	1.730	23.9
78	42.17	79.91	58.33	71.15	-0.79	1.742	22.7
79	42.17	79.91	64.75	67.67	1.58	1.751	25.0
80	36.12	79.06	64.75	67.67	-0.79	1.754	18.2
81	42.17	79.91	61.54	69.41	0.79	1.756	24.8
82	37.33	79.67	61.54	69.41	1.58	1.761	21.0
83	42.17	79.91	58.33	71.15	-1.58	1.762	21.0
84	38.54	80.00	64.75	67.67	2.38	1.764	23.0
85	38.54	80.00	61.54	69.41	1.58	1.772	22.6
86	36.12	79.06	61.54	69.41	1.58	1.778	19.1
87	40.96	80.00	58.33	71.15	-2.38	1.785	19.5
88	39.75	80.00	61.54	69.41	1.58	1.785	23.9
89	43.38	79.25	61.54	69.41	0.79	1.791	24.7
90	43.38	79.25	64.75	67.67	1.58	1.791	24.9
91	40.96	80.00	61.54	69.41	1.58	1.795	24.8
92	40.96	80.00	58.33	71.15	0.79	1.802	24.6
93	42.17	79.91	58.33	71.15	0.00	1.805	24.2
94	43.38	79.25	58.33	71.15	-0.79	1.806	22.6
95	39.75	80.00	58.33	71.15	0.79	1.809	23.4
96	38.54	80.00	58.33	71.15	0.79	1.813	21.9
97	40.96	80.00	64.75	67.67	2.38	1.822	24.9
98	37.33	79.67	58.33	71.15	0.79	1.824	20.2
99	38.54	80.00	55.12	72.89	-0.79	1.834	19.7

Note: Y-Deflection values are failure surface mid-point vertical distances from the initial failure surface mid-point

Critical Failure Surface (surface 1, 6 points)

37.33	79.67	41.99	74.56	47.48	71.15	54.06	68.96	60.91	67.75
64.75	67.67								

Slice Geometry and Properties - Critical Failure Surface (surface 1, 36 slices)

Slice	X-S		Base						Cohesion	Phi	Weight	PoreWater Force	--- Left Hand Side ---		
	X-Left	Area	Angle	Width	Length	Mat1	Length	Mat1					Side Force	l/h	l'/h
1	37.33	0.35	47.6	0.67	0.99	2	4.83	33.0	5.85	0.00	0.00	0.00	0.00		
2	38.00	0.63	47.6	0.48	0.71	2	4.83	33.0	10.42	0.00	-1.13	0.22	0.22		
3	38.48	0.88	47.6	0.48	0.71	2	4.83	33.0	14.53	0.00	0.33	-0.77	-0.77		
4	38.95	1.92	47.6	0.76	1.13	2	4.83	33.0	31.68	3.15	3.29	0.03	-0.21		
5	39.71	2.55	47.6	0.76	1.13	2	4.83	33.0	42.13	9.46	12.49	0.12	0.50		
6	40.47	3.19	47.6	0.76	1.13	2	4.83	33.0	52.58	15.77	28.29	0.15	0.39		
7	41.23	3.82	47.6	0.76	1.13	2	4.83	33.0	63.03	22.07	50.68	0.16	0.36		
8	41.99	1.40	31.8	0.26	0.30	2	4.83	33.0	23.03	6.84	79.66	0.17	0.39		
9	42.25	4.79	31.8	0.87	1.03	2	4.83	33.0	79.06	24.24	84.09	0.17	0.38		
10	43.12	4.85	31.8	0.87	1.03	2	4.83	33.0	80.05	25.42	99.66	0.17	0.35		
11	43.99	4.91	31.8	0.87	1.03	2	4.83	33.0	81.04	26.59	115.87	0.18	0.35		
12	44.86	4.97	31.8	0.87	1.03	2	4.83	33.0	82.03	27.77	132.72	0.19	0.35		
13	45.74	5.03	31.8	0.87	1.03	2	4.83	33.0	83.02	28.95	150.22	0.20	0.34		
14	46.61	5.09	31.8	0.87	1.03	2	4.83	33.0	84.01	30.13	168.35	0.21	0.34		
15	47.48	4.66	18.4	0.80	0.85	2	4.83	33.0	76.92	24.88	187.13	0.22	0.34		
16	48.28	4.53	18.4	0.80	0.85	2	4.83	33.0	74.68	23.86	184.47	0.22	0.34		
17	49.09	4.39	18.4	0.80	0.85	2	4.83	33.0	72.45	22.83	181.64	0.22	0.34		
18	49.89	4.26	18.4	0.80	0.85	2	4.83	33.0	70.21	21.80	178.63	0.23	0.34		
19	50.70	4.12	18.4	0.80	0.85	2	4.83	33.0	67.98	20.77	175.46	0.23	0.34		
20	51.50	4.22	18.4	0.85	0.90	2	4.83	33.0	69.60	21.16	172.12	0.24	0.34		
21	52.35	4.07	18.4	0.85	0.90	2	4.83	33.0	67.09	20.55	168.52	0.24	0.34		
22	53.21	3.91	18.4	0.85	0.90	2	4.83	33.0	64.58	19.94	165.02	0.24	0.34		
23	54.06	3.41	10.1	0.78	0.79	2	4.83	33.0	56.26	16.64	161.60	0.25	0.34		
24	54.84	3.19	10.1	0.78	0.79	2	4.83	33.0	52.58	15.20	147.81	0.25	0.34		
25	55.62	2.96	10.1	0.78	0.79	2	4.83	33.0	48.90	13.76	134.50	0.25	0.35		
26	56.40	2.74	10.1	0.78	0.79	2	4.83	33.0	45.22	12.32	121.69	0.25	0.35		
27	57.19	2.52	10.1	0.78	0.79	2	4.83	33.0	41.54	10.88	109.37	0.26	0.35		
28	57.97	2.29	10.1	0.78	0.79	2	4.83	33.0	37.87	9.44	97.54	0.26	0.35		
29	58.75	1.92	10.1	0.72	0.73	2	4.83	33.0	31.63	7.12	86.20	0.26	0.36		
30	59.47	1.73	10.1	0.72	0.73	2	4.83	33.0	28.51	5.30	76.02	0.26	0.36		
31	60.19	1.54	10.1	0.72	0.73	2	4.83	33.0	25.39	3.48	65.92	0.27	0.38		
32	60.91	1.28	1.1	0.70	0.70	2	4.83	33.0	21.09	1.23	55.91	0.27	0.06		
33	61.61	1.12	1.1	0.78	0.78	2	4.83	33.0	18.54	0.00	40.40	0.28	0.24		
34	62.40	0.80	1.1	0.78	0.78	2	4.83	33.0	13.24	0.00	25.27	0.28	0.28		
35	63.18	0.48	1.1	0.78	0.78	2	4.83	33.0	7.94	0.00	13.40	0.30	0.30		
36	63.97	0.16	1.1	0.78	0.78	2	4.83	33.0	2.65	0.00	4.78	0.35	0.35		
RHS	64.75										0.58	0.00	0.00		
	X-S Area:	104.69	Path Length:	31.10	X-S Weight:	1727.31									

DATA: Analysis 2 - Paramento aguas abajo

Material Properties (2 materials)

Material: 1 (Mohr-Coulomb Isotropic) - Areniscas y micro conglomerado
Cohesion Phi UnitWeight Ru
150.00 38.0 21.00 Auto
Material: 2 (Mohr-Coulomb Isotropic) - Terraplén
Cohesion Phi UnitWeight Ru
4.83 33.0 16.50 Auto

Water Properties

Unit weight of water: 9.810 Unit weight of water/medium above ground: 9.810

Material Profiles (2 profiles)

Profile: 1 (5 points) Material beneath: 1 - Areniscas y micro conglomerado
-0.25 70.00 18.00 70.25 66.00 67.00 88.00 67.25 101.32 65.75
Profile: 2 (2 points) Material beneath: 2 - Terraplén
0.00 85.00 107.32 85.00

Slope Surface (9 points)

0.00 70.00 18.00 70.00 38.00 80.00 42.00 80.00 65.99 67.00
88.14 67.00 101.23 66.00 103.89 65.00 107.32 65.00

Phreatic Surface (5 points)

35.75 79.00 42.25 76.75 51.50 72.25 58.75 69.25 63.00 67.00

Failure Surface

Initial non-circular surface for critical search (6 points)
39.75 80.00 44.00 74.75 49.00 71.25 55.00 69.00 61.25 67.75
64.75 67.67

Earthquake Force

Pseudo-static earthquake (seismic) coefficient: 0.240

Variable Restraints

Horizontal range around X-Left: 7.25 Trial positions within range: 7
Horizontal range around X-Right: 19.25 Trial positions within range: 7
Vertical range around Mid-Point: 4.75 Trial positions within range: 7

RESULTS: Analysis 2 - Paramento aguas abajo

Spencer-Wright Method of Analysis - Non-Circular Failure Surface

Critical Failure Surface Search using Multiple Surface Generation Techniques

Initial failure surface approximation - Factor of Safety: 0.801 Final Angle of Interslice Forces (Theta): 21.3 degrees

Analysis Summary

There were: 232 successful analyses from a total of 343 trial failure surfaces (Theta filter applied)
107 analyses terminated due to unacceptable geometry
3 analyses failed to produce a valid result
1 analyses rejected due to Theta being outside valid range

Critical (minimum) Factor of Safety: 0.75 Final Angle of Interslice Forces: 19.0 degrees

Negative interslice forces exist on one or more slices; examine slice data and consult the GALENA Help utility

Results Summary - Lowest 99 Factor of Safety surfaces

Surface	X-Left	Y-Left	X-Right	Y-Right	Y-Deflection	FoS	Theta	
1	36.12	79.06	64.75	67.67	0.00	0.754	19.0	<-- Critical Surface
2	37.33	79.67	64.75	67.67	0.00	0.765	19.9	
3	38.54	80.00	64.75	67.67	0.00	0.781	20.6	
4	36.12	79.06	64.75	67.67	0.79	0.798	19.3	
5	39.75	80.00	64.75	67.67	0.00	0.801	21.3	
6	36.12	79.06	61.54	69.41	-0.79	0.815	17.6	
7	36.12	79.06	61.54	69.41	-1.58	0.815	16.7	
8	37.33	79.67	64.75	67.67	0.79	0.815	20.3	
9	37.33	79.67	61.54	69.41	-0.79	0.825	18.6	
10	37.33	79.67	61.54	69.41	-1.58	0.828	17.5	
11	40.96	80.00	64.75	67.67	0.00	0.829	21.7	
12	38.54	80.00	64.75	67.67	0.79	0.839	21.3	
13	38.54	80.00	61.54	69.41	-0.79	0.841	19.4	
14	36.12	79.06	61.54	69.41	0.00	0.845	18.2	
15	38.54	80.00	61.54	69.41	-1.58	0.846	18.1	
16	36.12	79.06	61.54	69.41	-2.38	0.846	15.6	
17	37.33	79.67	61.54	69.41	0.00	0.858	19.4	
18	39.75	80.00	61.54	69.41	-0.79	0.862	20.1	
19	42.17	79.91	64.75	67.67	0.00	0.866	21.5	
20	37.33	79.67	61.54	69.41	-2.38	0.866	16.3	
21	39.75	80.00	61.54	69.41	-1.58	0.870	18.7	
22	36.12	79.06	64.75	67.67	1.58	0.872	19.4	
23	38.54	80.00	61.54	69.41	0.00	0.878	20.4	
24	43.38	79.25	64.75	67.67	0.00	0.890	21.5	
25	40.96	80.00	61.54	69.41	-0.79	0.892	20.6	
26	38.54	80.00	61.54	69.41	-2.38	0.892	16.8	

27	37.33	79.67	64.75	67.67	1.58	0.900	20.7
28	40.96	80.00	61.54	69.41	-1.58	0.902	19.0
29	39.75	80.00	61.54	69.41	0.00	0.903	21.4
30	40.96	80.00	64.75	67.67	0.79	0.907	22.9
31	36.12	79.06	61.54	69.41	0.79	0.907	18.5
32	36.12	79.06	58.33	71.15	-1.58	0.916	15.6
33	36.12	79.06	58.33	71.15	-0.79	0.920	16.5
34	39.75	80.00	61.54	69.41	-2.38	0.924	17.2
35	37.33	79.67	61.54	69.41	0.79	0.928	19.9
36	37.33	79.67	58.33	71.15	-0.79	0.930	17.8
37	37.33	79.67	58.33	71.15	-1.58	0.931	16.6
38	42.17	79.91	61.54	69.41	-0.79	0.932	20.5
39	38.54	80.00	64.75	67.67	1.58	0.937	21.9
40	40.96	80.00	61.54	69.41	0.00	0.940	22.1
41	42.17	79.91	61.54	69.41	-1.58	0.940	18.8
42	38.54	80.00	58.33	71.15	-0.79	0.950	18.9
43	36.12	79.06	58.33	71.15	-2.38	0.951	14.4
44	42.17	79.91	64.75	67.67	-0.79	0.953	20.3
45	40.96	80.00	64.75	67.67	-0.79	0.954	20.3
46	43.38	79.25	64.75	67.67	-0.79	0.954	20.2
47	38.54	80.00	58.33	71.15	-1.58	0.954	17.4
48	38.54	80.00	61.54	69.41	0.79	0.956	21.2
49	39.75	80.00	64.75	67.67	-0.79	0.959	19.8
50	42.17	79.91	64.75	67.67	0.79	0.960	22.8
51	43.38	79.25	61.54	69.41	-0.79	0.961	20.4
52	36.12	79.06	58.33	71.15	0.00	0.962	17.2
53	40.96	80.00	61.54	69.41	-2.38	0.965	17.4
54	38.54	80.00	64.75	67.67	-0.79	0.969	19.1
55	43.38	79.25	61.54	69.41	-1.58	0.972	18.5
56	37.33	79.67	58.33	71.15	0.00	0.974	18.7
57	39.75	80.00	58.33	71.15	-0.79	0.975	19.9
58	37.33	79.67	58.33	71.15	-2.38	0.976	15.2
59	36.12	79.06	64.75	67.67	2.38	0.979	19.3
60	39.75	80.00	58.33	71.15	-1.58	0.985	18.1
61	39.75	80.00	61.54	69.41	0.79	0.990	22.4
62	42.17	79.91	61.54	69.41	0.00	0.990	22.1
63	43.38	79.25	64.75	67.67	0.79	0.992	22.8
64	37.33	79.67	64.75	67.67	-0.79	0.995	18.2
65	38.54	80.00	58.33	71.15	0.00	0.995	20.1
66	36.12	79.06	61.54	69.41	1.58	1.002	18.5
67	38.54	80.00	58.33	71.15	-2.38	1.012	15.9
68	40.96	80.00	58.33	71.15	-0.79	1.014	20.7
69	37.33	79.67	64.75	67.67	2.38	1.021	20.8
70	39.75	80.00	58.33	71.15	0.00	1.022	21.4
71	43.38	79.25	61.54	69.41	0.00	1.023	22.1
72	40.96	80.00	58.33	71.15	-1.58	1.029	18.7
73	37.33	79.67	61.54	69.41	1.58	1.032	20.2

74	40.96	80.00	64.75	67.67	1.58	1.035	24.0
75	40.96	80.00	61.54	69.41	0.79	1.037	23.5
76	36.12	79.06	58.33	71.15	0.79	1.041	17.4
77	36.12	79.06	64.75	67.67	-0.79	1.048	17.1
78	36.12	79.06	55.12	72.89	-1.58	1.048	14.1
79	43.38	79.25	61.54	69.41	-2.38	1.054	16.7
80	36.12	79.06	55.12	72.89	-0.79	1.055	15.1
81	39.75	80.00	58.33	71.15	-2.38	1.057	16.3
82	37.33	79.67	58.33	71.15	0.79	1.057	19.3
83	37.33	79.67	55.12	72.89	-0.79	1.060	16.8
84	37.33	79.67	55.12	72.89	-1.58	1.062	15.4
85	40.96	80.00	58.33	71.15	0.00	1.063	22.6
86	38.54	80.00	61.54	69.41	1.58	1.068	21.8
87	38.54	80.00	64.75	67.67	2.38	1.069	22.3
88	42.17	79.91	58.33	71.15	-0.79	1.069	20.7
89	38.54	80.00	55.12	72.89	-0.79	1.078	18.2
90	38.54	80.00	58.33	71.15	0.79	1.083	20.9
91	42.17	79.91	58.33	71.15	-1.58	1.086	18.5
92	38.54	80.00	55.12	72.89	-1.58	1.091	16.4
93	42.17	79.91	61.54	69.41	0.79	1.091	23.5
94	42.17	79.91	64.75	67.67	1.58	1.093	23.9
95	39.75	80.00	61.54	69.41	1.58	1.096	23.1
96	39.75	80.00	58.33	71.15	0.79	1.104	22.5
97	39.75	80.00	55.12	72.89	-0.79	1.104	19.5
98	43.38	79.25	58.33	71.15	-0.79	1.109	20.6
99	36.12	79.06	55.12	72.89	0.00	1.111	15.8

Note: Y-Deflection values are failure surface mid-point vertical distances from the initial failure surface mid-point

Critical Failure Surface (surface 1, 6 points)

36.12 79.06 40.99 74.21 46.72 70.98 53.59 68.90 60.74 67.74
 64.75 67.67

Slice Geometry and Properties - Critical Failure Surface (surface 1, 38 slices)

Slice	X-S		Base						Weight	PoreWater Force	--- Left Hand Side ---		
	X-Left	Area	Angle	Width	Length	Matl	Cohesion	Phi			Side Force	l/h	l'/h
1	36.12	0.07	44.9	0.30	0.42	2	4.83	33.0	1.08	0.00	0.00	0.00	0.00
2	36.42	0.82	44.9	0.79	1.12	2	4.83	33.0	13.47	2.81	-1.75	0.22	0.17
3	37.21	1.75	44.9	0.79	1.12	2	4.83	33.0	28.87	8.43	-1.13	0.50	0.18
4	38.00	2.38	44.9	0.75	1.06	2	4.83	33.0	39.23	13.16	8.26	0.04	0.43
5	38.75	2.93	44.9	0.75	1.06	2	4.83	33.0	48.43	18.21	24.47	0.10	0.38
6	39.50	3.49	44.9	0.75	1.06	2	4.83	33.0	57.62	23.25	47.05	0.13	0.36
7	40.24	4.05	44.9	0.75	1.06	2	4.83	33.0	66.82	28.29	76.00	0.15	0.35
8	40.99	2.99	29.5	0.50	0.58	2	4.83	33.0	49.36	17.21	111.32	0.16	0.36
9	41.50	3.14	29.5	0.50	0.58	2	4.83	33.0	51.73	17.84	123.30	0.15	0.36
10	42.00	1.59	29.5	0.25	0.29	2	4.83	33.0	26.24	9.08	135.86	0.15	0.37
11	42.25	5.69	29.5	0.89	1.03	2	4.83	33.0	93.94	33.05	142.29	0.15	0.37
12	43.14	5.71	29.5	0.89	1.03	2	4.83	33.0	94.25	33.76	165.75	0.16	0.35
13	44.04	5.73	29.5	0.89	1.03	2	4.83	33.0	94.55	34.46	189.75	0.17	0.34
14	44.93	5.75	29.5	0.89	1.03	2	4.83	33.0	94.85	35.17	214.30	0.18	0.34
15	45.82	5.77	29.5	0.89	1.03	2	4.83	33.0	95.15	35.87	239.39	0.19	0.34
16	46.72	5.08	16.8	0.80	0.83	2	4.83	33.0	83.81	28.81	265.04	0.20	0.34
17	47.51	4.93	16.8	0.80	0.83	2	4.83	33.0	81.30	27.62	263.83	0.20	0.34
18	48.31	4.78	16.8	0.80	0.83	2	4.83	33.0	78.79	26.42	262.19	0.20	0.34
19	49.11	4.62	16.8	0.80	0.83	2	4.83	33.0	76.28	25.22	260.12	0.20	0.34
20	49.91	4.47	16.8	0.80	0.83	2	4.83	33.0	73.77	24.02	257.63	0.21	0.34
21	50.70	4.32	16.8	0.80	0.83	2	4.83	33.0	71.26	22.82	254.70	0.21	0.34
22	51.50	3.64	16.8	0.70	0.73	2	4.83	33.0	60.11	19.11	251.35	0.21	0.35
23	52.20	3.53	16.8	0.70	0.73	2	4.83	33.0	58.20	18.56	248.23	0.22	0.35
24	52.89	3.41	16.8	0.70	0.73	2	4.83	33.0	56.29	18.01	245.12	0.22	0.35
25	53.59	4.01	9.2	0.86	0.87	2	4.83	33.0	66.16	20.35	241.99	0.23	0.35
26	54.45	3.73	9.2	0.86	0.87	2	4.83	33.0	61.51	18.49	222.88	0.23	0.34
27	55.31	3.45	9.2	0.86	0.87	2	4.83	33.0	56.86	16.63	204.20	0.23	0.35
28	56.17	3.16	9.2	0.86	0.87	2	4.83	33.0	52.21	14.77	185.96	0.23	0.35
29	57.03	2.88	9.2	0.86	0.87	2	4.83	33.0	47.55	12.92	168.14	0.23	0.35
30	57.89	2.60	9.2	0.86	0.87	2	4.83	33.0	42.90	11.06	150.77	0.23	0.35
31	58.75	1.81	9.2	0.66	0.67	2	4.83	33.0	29.93	7.01	133.82	0.24	0.36
32	59.41	1.65	9.2	0.66	0.67	2	4.83	33.0	27.16	5.40	120.78	0.24	0.38
33	60.08	1.48	9.2	0.66	0.67	2	4.83	33.0	24.39	3.78	107.47	0.24	0.40
34	60.74	1.65	1.0	0.88	0.88	2	4.83	33.0	27.19	1.95	93.90	0.25	0.90
35	61.62	1.12	1.0	0.78	0.78	2	4.83	33.0	18.47	0.00	64.22	0.25	0.17
36	62.41	0.80	1.0	0.78	0.78	2	4.83	33.0	13.19	0.00	40.67	0.25	0.25
37	63.19	0.48	1.0	0.78	0.78	2	4.83	33.0	7.92	0.00	21.76	0.26	0.26
38	63.97	0.16	1.0	0.78	0.78	2	4.83	33.0	2.64	0.00	7.49	0.31	0.31

RHS 64.75 -----
 X-S Area: 119.61 Path Length: 31.88 X-S Weight: 1973.49 2.16 0.00 0.00

DATA: Analysis 3 - Paramento aguas abajo, Método Sarma

Material Properties (2 materials)

Material: 1 (Mohr-Coulomb Isotropic) - Areniscas y micro conglomerado
 Cohesion Phi UnitWeight Ru
 150.00 38.0 21.00 Auto
 Material: 2 (Mohr-Coulomb Isotropic) - Terraplén
 Cohesion Phi UnitWeight Ru
 4.83 33.0 16.50 Auto

Water Properties

Unit weight of water: 9.810 Unit weight of water/medium above ground: 9.810

Material Profiles (2 profiles)

Profile: 1 (5 points) Material beneath: 1 - Areniscas y micro conglomerado
 -0.25 70.00 18.00 70.25 66.00 67.00 88.00 67.25 101.32 65.75
 Profile: 2 (2 points) Material beneath: 2 - Terraplén
 0.00 85.00 107.32 85.00

Slope Surface (9 points)

0.00 70.00 18.00 70.00 38.00 80.00 42.00 80.00 65.99 67.00
 88.14 67.00 101.23 66.00 103.89 65.00 107.32 65.00

Phreatic Surface (5 points)

35.75 79.00 42.25 76.75 51.50 72.25 58.75 69.25 63.00 67.00

Failure Surface

Initial non-circular surface for critical search (6 points)
 39.75 80.00 44.00 74.75 49.00 71.25 55.00 69.00 61.25 67.75
 64.75 67.67

Earthquake Force

Pseudo-static earthquake (seismic) coefficient: 0.240

Variable Restraints

Horizontal range around X-Left: 7.25 Trial positions within range: 7
 Horizontal range around X-Right: 19.25 Trial positions within range: 7
 Vertical range around Mid-Point: 4.75 Trial positions within range: 7

RESULTS: Analysis 3 - Paramento aguas abajo, Método Sarma

Sarma Non-Vertical Slice Method of Analysis - Non-Circular Failure Surface

Critical Failure Surface Search using Multiple Surface Generation Techniques

Initial failure surface approximation - Factor of Safety: 1.021 Critical Acceleration (Kc): 0.029

Analysis Summary

There were: 110 successful analyses from a total of 343 trial failure surfaces (FoS/Kc filter applied)
 187 analyses terminated due to unacceptable geometry
 18 analyses failed to produce a valid result
 28 analyses rejected due to FoS/Kc being outside valid range

Critical (minimum) Factor of Safety: 0.92 Critical Acceleration (Kc): -0.063

Negative normal stresses exist on the base and/or side of one or more slices; examine slice data and consult the GALENA Help utility

Results Summary - Lowest 99 Factor of Safety surfaces

Surface	X-Left	Y-Left	X-Right	Y-Right	Y-Deflection	FoS	Kc	
1	36.12	79.06	64.75	67.67	0.79	0.921	-0.063	<-- Critical Surface
2	37.33	79.67	64.75	67.67	0.79	0.946	-0.047	
3	36.12	79.06	64.75	67.67	0.00	0.946	-0.058	
4	36.12	79.06	64.75	67.67	1.58	0.948	-0.036	
5	37.33	79.67	64.75	67.67	0.00	0.974	-0.034	
6	37.33	79.67	64.75	67.67	1.58	0.979	-0.015	
7	36.12	79.06	64.75	67.67	61.54	69.41	0.79	0.994 -0.005
8	36.12	79.06	64.75	67.67	61.54	69.41	0.00	0.998 -0.003
9	38.54	80.00	64.75	67.67	58.33	71.15	1.58	1.016 0.011
10	39.75	80.00	64.75	67.67	58.33	71.15	0.00	1.021 0.029
11	36.12	79.06	64.75	67.67	61.54	69.41	2.38	1.023 0.014
12	37.33	79.67	64.75	67.67	61.54	69.41	0.79	1.024 0.017
13	37.33	79.67	64.75	67.67	61.54	69.41	0.00	1.024 0.025
14	40.96	80.00	64.75	67.67	58.33	71.15	0.79	1.027 0.022
15	40.96	80.00	64.75	67.67	58.33	71.15	0.00	1.048 0.073
16	36.12	79.06	64.75	67.67	61.54	69.41	1.58	1.049 0.030
17	38.54	80.00	61.54	69.41	61.54	69.41	0.00	1.054 0.060
18	38.54	80.00	61.54	69.41	61.54	69.41	0.79	1.056 0.042
19	36.12	79.06	61.54	69.41	61.54	69.41	-0.79	1.065 0.129
20	37.33	79.67	64.75	67.67	64.75	67.67	2.38	1.067 0.043
21	42.17	79.91	64.75	67.67	64.75	67.67	0.79	1.069 0.056
22	36.12	79.06	58.33	71.15	58.33	71.15	0.00	1.078 0.061
23	42.17	79.91	64.75	67.67	64.75	67.67	0.00	1.079 0.129
24	39.75	80.00	61.54	69.41	61.54	69.41	0.00	1.082 0.097
25	37.33	79.67	61.54	69.41	61.54	69.41	1.58	1.086 0.055
26	39.75	80.00	61.54	69.41	61.54	69.41	0.79	1.089 0.068
27	43.38	79.25	64.75	67.67	64.75	67.67	0.79	1.093 0.075
28	43.38	79.25	64.75	67.67	64.75	67.67	0.00	1.094 0.148
29	37.33	79.67	58.33	71.15	58.33	71.15	0.00	1.104 0.091
30	37.33	79.67	61.54	69.41	61.54	69.41	-0.79	1.105 0.406
31	40.96	80.00	64.75	67.67	64.75	67.67	1.58	1.106 0.074
32	36.12	79.06	58.33	71.15	58.33	71.15	0.79	1.106 0.067
33	38.54	80.00	64.75	67.67	64.75	67.67	2.38	1.118 0.076
34	40.96	80.00	61.54	69.41	61.54	69.41	0.00	1.118 0.150
35	37.33	79.67	58.33	71.15	58.33	71.15	0.79	1.125 0.084
36	38.54	80.00	61.54	69.41	61.54	69.41	1.58	1.126 0.082
37	36.12	79.06	58.33	71.15	58.33	71.15	-0.79	1.129 0.213
38	40.96	80.00	61.54	69.41	61.54	69.41	0.79	1.131 0.101
39	38.54	80.00	58.33	71.15	58.33	71.15	0.00	1.136 0.130
40	42.17	79.91	64.75	67.67	64.75	67.67	1.58	1.155 0.107
41	39.75	80.00	61.54	69.41	61.54	69.41	1.58	1.155 0.104
42	36.12	79.06	61.54	69.41	61.54	69.41	2.38	1.156 0.085
43	38.54	80.00	58.33	71.15	58.33	71.15	0.79	1.156 0.109
44	42.17	79.91	61.54	69.41	61.54	69.41	0.00	1.162 0.219
45	39.75	80.00	58.33	71.15	58.33	71.15	0.00	1.168 0.172

Non-Vertical Slice Geometry - Critical Failure Surface (surface 1, 7 slices)

Slice	Left Hand Side							X-S Area	Base		
	X-Top	Y-Top	X-Base	Y-Base	Angle(°H)	Angle(°V)	Length		Angle(°H)	Width	Length
1	36.12	79.06	36.12	79.06	0.00	0.00	0.00	1.14	42.05	0.86	1.16
2	38.00	80.00	36.99	78.28	59.54	-30.46	1.99	12.02	42.05	2.75	3.71
3	42.00	80.00	39.74	75.80	61.73	-28.27	4.77	7.89	42.05	1.25	1.68
4	43.36	79.26	40.99	74.67	62.72	-27.28	5.16	31.97	27.25	5.73	6.44
5	48.72	76.36	46.72	71.73	66.59	-23.41	5.05	30.27	16.74	6.87	7.17
6	54.77	73.08	53.59	69.66	70.90	-19.10	3.62	18.22	11.33	7.16	7.30
7	61.11	69.64	60.74	68.23	75.31	-14.69	1.46	2.94	7.87	4.01	4.05
RHS	64.75	67.67	64.75	67.67	0.00	0.00	0.00				
								X-S Area:	104.43	Path Length:	31.51

Non-Vertical Slice Properties - Critical Failure Surface (surface 1, 7 slices)

Slice	Left-Hand-Side		--- Base ---		Weight	Total-Extrnl-Force		- Water-Force -		Effect-Normal-Stress	
	Cohesion	Phi	Cohesion	Phi		Vert	Horiz	Side	Base	Side	Base
1	0.00	0.0	4.83	33.0	18.75	0.00	4.50	0.00	0.98	0.00	-4.23
2	4.83	33.0	4.83	33.0	198.27	0.00	47.59	0.39	38.29	4.82	6.05
3	4.83	33.0	4.83	33.0	130.13	0.00	31.23	15.52	35.74	23.01	9.70
4	4.83	33.0	4.83	33.0	527.43	0.00	126.58	29.56	173.80	33.85	18.34
5	4.83	33.0	4.83	33.0	499.42	0.00	119.86	35.91	157.41	76.45	47.91
6	4.83	33.0	4.83	33.0	300.59	0.00	72.14	13.54	66.69	99.61	58.99
7	4.83	33.0	4.83	33.0	48.53	0.00	11.65	0.00	0.00	86.86	39.13
RHS	0.00	0.0						0.00		0.00	
X-S Weight:					1723.13						

DATA: Analysis 4 - Paramento aguas abajo con ataguia

Material Properties (2 materials)

Material: 1 (Mohr-Coulomb Isotropic) - Areniscas y micro conglomerado
 Cohesion Phi UnitWeight Ru
 150.00 38.0 21.00 Auto

Material: 2 (Mohr-Coulomb Isotropic) - Terraplén
 Cohesion Phi UnitWeight Ru
 4.83 33.0 16.50 Auto

Water Properties

Unit weight of water: 9.810 Unit weight of water/medium above ground: 9.810

Material Profiles (2 profiles)

Profile: 1 (5 points) Material beneath: 1 - Areniscas y micro conglomerado
 -0.25 70.00 18.00 70.25 66.00 67.00 88.00 67.25 101.32 65.75

Profile: 2 (2 points) Material beneath: 2 - Terraplén
 0.00 85.00 107.32 85.00

Slope Surface (9 points)

0.00 70.00 18.00 70.00 38.00 80.00 42.00 80.00 59.50 70.50
 82.50 70.50 88.25 67.00 101.25 65.75 107.32 65.00

Phreatic Surface (6 points)

35.75 79.25 43.75 75.25 56.50 70.50 71.50 68.50 80.50 67.50
 88.25 67.00

Failure Surface

Initial non-circular surface for critical search (7 points)

39.50 80.00 44.25 73.75 50.25 70.00 57.75 68.00 66.75 67.25
 73.75 67.50 84.29 69.41

Variable Restraints

Horizontal range around X-Left: 11.50 Trial positions within range: 7
 Horizontal range around X-Right: 19.00 Trial positions within range: 7
 Vertical range around Mid-Point: 1.25 Trial positions within range: 3

RESULTS: Analysis 4 - Paramento aguas abajo con ataguia

Spencer-Wright Method of Analysis - Non-Circular Failure Surface

Critical Failure Surface Search using Multiple Surface Generation Techniques

Initial failure surface approximation - Factor of Safety: 2.462 Final Angle of Interslice Forces (Theta): 10.7 degrees

Analysis Summary

There were: 146 successful analyses from a total of 147 trial failure surfaces (Theta filter applied)
 1 analyses terminated due to unacceptable geometry

Critical (minimum) Factor of Safety: 1.76

Final Angle of Interslice Forces: 12.3 degrees

Negative interslice forces exist on one or more slices; examine slice data and consult the GALENA Help utility
 Effective stress line-of-thrust is not within one or more slices; examine slice data and consult the GALENA Help utility

Results Summary - Lowest 99 Factor of Safety surfaces

Surface	X-Left	Y-Left	X-Right	Y-Right	Y-Deflection	FoS	Theta	
1	35.67	78.83	74.79	70.50	-0.62	1.763	12.3	<-- Critical Surface
2	37.58	79.79	74.79	70.50	-0.62	1.779	12.7	
3	35.67	78.83	74.79	70.50	0.00	1.802	12.6	
4	37.58	79.79	74.79	70.50	0.00	1.809	13.1	
5	39.50	80.00	74.79	70.50	-0.62	1.850	12.9	
6	37.58	79.79	74.79	70.50	0.62	1.857	13.4	
7	35.67	78.83	74.79	70.50	0.62	1.860	12.9	
8	35.67	78.83	77.96	70.50	-0.62	1.871	11.4	
9	39.50	80.00	74.79	70.50	0.00	1.877	13.3	
10	37.58	79.79	77.96	70.50	-0.62	1.907	11.9	
11	35.67	78.83	77.96	70.50	0.00	1.913	11.7	
12	33.75	77.88	74.79	70.50	-0.62	1.919	10.7	
13	39.50	80.00	74.79	70.50	0.62	1.926	13.9	
14	37.58	79.79	77.96	70.50	0.00	1.942	12.2	
15	35.67	78.83	77.96	70.50	0.62	1.971	12.0	
16	33.75	77.88	74.79	70.50	0.00	1.978	10.9	
17	35.67	78.83	81.12	70.50	-0.62	1.993	10.7	
18	37.58	79.79	77.96	70.50	0.62	1.995	12.6	
19	41.42	80.00	74.79	70.50	-0.62	1.997	12.8	
20	39.50	80.00	77.96	70.50	-0.62	2.007	12.1	
21	33.75	77.88	77.96	70.50	-0.62	2.012	10.0	
22	41.42	80.00	74.79	70.50	0.00	2.031	13.3	
23	35.67	78.83	81.12	70.50	0.00	2.037	11.0	
24	39.50	80.00	77.96	70.50	0.00	2.043	12.6	
25	37.58	79.79	81.12	70.50	-0.62	2.053	11.2	
26	33.75	77.88	74.79	70.50	0.62	2.059	11.0	
27	33.75	77.88	77.96	70.50	0.00	2.073	10.2	
28	41.42	80.00	74.79	70.50	0.62	2.087	13.9	
29	35.67	78.83	81.12	70.50	0.62	2.092	11.2	
30	37.58	79.79	81.12	70.50	0.00	2.093	11.5	
31	39.50	80.00	77.96	70.50	0.62	2.098	13.0	
32	33.75	77.88	81.12	70.50	-0.62	2.116	9.4	
33	37.58	79.79	81.12	70.50	0.62	2.147	11.8	
34	33.75	77.88	77.96	70.50	0.62	2.153	10.4	
35	33.75	77.88	81.12	70.50	0.00	2.178	9.6	
36	39.50	80.00	81.12	70.50	-0.62	2.185	11.5	
37	35.67	78.83	84.29	69.41	0.00	2.190	9.9	
38	41.42	80.00	77.96	70.50	-0.62	2.203	12.0	
39		43.33	79.28	74.79	70.50	-0.62	2.212	12.2
40		39.50	80.00	81.12	70.50	0.00	2.228	11.9
41		35.67	78.83	84.29	69.41	0.62	2.243	10.1
42		41.42	80.00	77.96	70.50	0.00	2.251	12.5
43		33.75	77.88	81.12	70.50	0.62	2.253	9.8
44		43.33	79.28	74.79	70.50	0.00	2.263	12.7
45		37.58	79.79	84.29	69.41	0.00	2.280	10.5
46		39.50	80.00	81.12	70.50	0.62	2.287	12.3
47		33.75	77.88	84.29	69.41	0.00	2.288	8.7
48		41.42	80.00	77.96	70.50	0.62	2.325	13.1
49		37.58	79.79	84.29	69.41	0.62	2.331	10.7
50		33.75	77.88	84.29	69.41	0.62	2.357	8.9
51		43.33	79.28	74.79	70.50	0.62	2.358	13.3
52		41.42	80.00	81.12	70.50	-0.62	2.450	11.4
53		39.50	80.00	84.29	69.41	0.00	2.462	10.7
54		45.25	78.24	74.79	70.50	-0.62	2.486	11.6
55		43.33	79.28	77.96	70.50	-0.62	2.489	11.4
56		41.42	80.00	81.12	70.50	0.00	2.513	11.8
57		43.33	79.28	77.96	70.50	0.00	2.566	11.9
58		45.25	78.24	74.79	70.50	0.00	2.573	12.2
59		41.42	80.00	81.12	70.50	0.62	2.600	12.4
60		43.33	79.28	77.96	70.50	0.62	2.678	12.5
61		45.25	78.24	74.79	70.50	0.62	2.707	12.9
62		41.42	80.00	84.29	69.41	0.00	2.790	10.7
63		43.33	79.28	81.12	70.50	-0.62	2.823	10.8
64		45.25	78.24	77.96	70.50	-0.62	2.860	10.9
65		41.42	80.00	84.29	69.41	0.62	2.874	11.0
66		43.33	79.28	81.12	70.50	0.00	2.932	11.3
67		45.25	78.24	77.96	70.50	0.00	2.982	11.4
68		43.33	79.28	81.12	70.50	0.62	3.066	11.8
69		45.25	78.24	77.96	70.50	0.62	3.135	12.0
70		43.33	79.28	84.29	69.41	0.00	3.257	10.2

71	45.25	78.24	81.12	70.50	-0.62	3.333	10.3
72	43.33	79.28	84.29	69.41	0.62	3.392	10.5
73	45.25	78.24	81.12	70.50	0.00	3.495	10.8
74	45.25	78.24	81.12	70.50	0.62	3.613	11.2
75	45.25	78.24	84.29	69.41	-0.62	3.712	9.4
76	45.25	78.24	84.29	69.41	0.00	3.846	9.7
77	45.25	78.24	84.29	69.41	0.62	4.072	10.1
78	33.75	77.88	84.29	69.41	-0.62	4.116	10.7
79	35.67	78.83	84.29	69.41	-0.62	4.484	12.2
80	43.33	79.28	84.29	69.41	-0.62	5.277	11.4
81	37.58	79.79	84.29	69.41	-0.62	5.500	12.9
82	39.50	80.00	84.29	69.41	-0.62	6.179	13.2
83	41.42	80.00	84.29	69.41	-0.62	7.116	13.1
84	35.67	78.83	87.46	67.48	0.62	7.796	10.9
85	35.67	78.83	87.46	67.48	-0.62	7.950	11.0
86	33.75	77.88	87.46	67.48	0.62	7.967	9.8
87	35.67	78.83	87.46	67.48	0.00	7.988	11.0
88	33.75	77.88	87.46	67.48	-0.62	8.065	9.8
89	35.67	78.83	90.62	66.77	-0.62	8.070	10.7
90	33.75	77.88	87.46	67.48	0.00	8.127	9.8
91	37.58	79.79	87.46	67.48	0.62	8.144	11.8
92	35.67	78.83	90.62	66.77	0.00	8.151	10.8
93	33.75	77.88	90.62	66.77	-0.62	8.166	9.6
94	35.67	78.83	93.79	66.47	-0.62	8.185	10.7
95	35.67	78.83	90.62	66.77	0.62	8.256	10.9
96	33.75	77.88	93.79	66.47	-0.62	8.259	9.6
97	33.75	77.88	90.62	66.77	0.00	8.272	9.7
98	35.67	78.83	93.79	66.47	0.00	8.280	10.8
99	37.58	79.79	87.46	67.48	-0.62	8.342	11.8

Note: Y-Deflection values are failure surface mid-point vertical distances from the initial failure surface mid-point

Critical Failure Surface (surface 1, 7 points)

35.67	78.83	39.82	73.62	45.06	70.44	51.61	68.77	59.47	68.23
65.58	68.65	74.79	70.50						

Slice Geometry and Properties - Critical Failure Surface (surface 1, 37 slices)

Slice	X-S			Base				Cohesion	Phi	Weight	PoreWater			
	X-Left	Area	Angle	Width	Length	Matl	Force				Side Force	1/h	1'/h	
1	35.67	0.18	51.5	0.46	0.74	2	4.83	33.0	3.05	4.56	0.00	0.00	0.00	
2	36.12	1.53	51.5	0.94	1.51	2	4.83	33.0	25.20	17.14	1.91	0.30	0.35	
3	37.06	3.07	51.5	0.94	1.51	2	4.83	33.0	50.68	27.62	17.92	0.23	0.35	
4	38.00	4.24	51.5	0.91	1.46	2	4.83	33.0	69.96	36.74	51.76	0.21	0.35	
5	38.91	5.28	51.5	0.91	1.46	2	4.83	33.0	87.06	46.58	99.65	0.22	0.34	
6	39.82	7.33	31.2	1.09	1.28	2	4.83	33.0	120.97	45.81	160.53	0.23	0.34	
7	40.91	8.05	31.2	1.09	1.28	2	4.83	33.0	132.89	47.25	196.14	0.23	0.34	
8	42.00	6.77	31.2	0.88	1.02	2	4.83	33.0	111.64	38.90	234.53	0.22	0.34	
9	42.88	6.81	31.2	0.88	1.02	2	4.83	33.0	112.43	39.82	266.63	0.24	0.34	
10	43.75	5.12	31.2	0.65	0.76	2	4.83	33.0	84.46	30.65	299.20	0.25	0.34	
11	44.40	5.15	31.2	0.65	0.76	2	4.83	33.0	84.90	31.79	323.94	0.26	0.34	
12	45.06	8.45	14.4	1.09	1.13	2	4.83	33.0	139.44	47.05	349.15	0.27	0.34	
13	46.15	8.11	14.4	1.09	1.13	2	4.83	33.0	133.80	45.64	348.24	0.29	0.34	
14	47.24	7.77	14.4	1.09	1.13	2	4.83	33.0	128.15	44.23	347.43	0.31	0.33	
15	48.33	7.42	14.4	1.09	1.13	2	4.83	33.0	122.51	42.82	346.70	0.33	0.33	
16	49.42	7.08	14.4	1.09	1.13	2	4.83	33.0	116.86	41.42	346.08	0.35	0.33	
17	50.52	6.74	14.4	1.09	1.13	2	4.83	33.0	111.22	40.01	345.54	0.38	0.33	
18	51.61	7.00	3.9	1.22	1.23	2	4.83	33.0	115.56	40.51	345.10	0.40	0.33	
19	52.83	6.29	3.9	1.22	1.23	2	4.83	33.0	103.85	36.04	320.51	0.45	0.33	
20	54.05	5.58	3.9	1.22	1.23	2	4.83	33.0	92.13	31.56	297.90	0.50	0.32	
21	55.28	4.87	3.9	1.22	1.23	2	4.83	33.0	80.42	27.09	277.28	0.56	0.32	
22	56.50	3.42	3.9	0.99	0.99	2	4.83	33.0	56.50	19.79	258.64	0.65	0.30	
23	57.49	2.96	3.9	0.99	0.99	2	4.83	33.0	48.83	19.17	245.46	0.73	0.29	
24	58.48	2.49	3.9	0.99	0.99	2	4.83	33.0	41.16	18.54	234.49	0.85	0.27	
25	59.47	2.72	-3.9	1.22	1.23	2	4.83	33.0	44.94	21.04	225.72	0.99	0.11	
26	60.69	2.62	-3.9	1.22	1.23	2	4.83	33.0	43.26	18.08	208.04	0.96	0.26	
27	61.91	2.52	-3.9	1.22	1.23	2	4.83	33.0	41.57	15.11	189.94	0.92	0.25	
28	63.14	2.42	-3.9	1.22	1.23	2	4.83	33.0	39.89	12.15	171.42	0.88	0.24	
29	64.36	2.32	-3.9	1.22	1.23	2	4.83	33.0	38.21	9.19	152.49	0.84	0.22	
30	65.58	1.68	-11.4	0.96	0.98	2	4.83	33.0	27.75	4.61	133.13	0.80	0.18	
31	66.54	1.50	-11.4	0.96	0.98	2	4.83	33.0	24.71	1.54	111.70	0.80	-0.53	
32	67.50	1.63	-11.4	1.22	1.24	2	4.83	33.0	26.95	0.00	91.00	0.81	1.17	
33	68.71	1.34	-11.4	1.22	1.24	2	4.83	33.0	22.05	0.00	67.01	0.82	0.82	
34	69.93	1.04	-11.4	1.22	1.24	2	4.83	33.0	17.15	0.00	46.58	0.85	0.85	
35	71.14	0.74	-11.4	1.22	1.24	2	4.83	33.0	12.25	0.00	29.70	0.88	0.88	
36	72.36	0.45	-11.4	1.22	1.24	2	4.83	33.0	7.35	0.00	16.39	0.94	0.94	
37	73.57	0.15	-11.4	1.22	1.24	2	4.83	33.0	2.45	0.00	6.63	1.04	1.04	
RHS	74.79										-0.44	0.00	0.00	
	X-S Area:	152.86	Path Length:	42.95	X-S Weight:	2522.18								

DATA: Analysis 5 - Paramento aguas abajo con ataguia y un sismo de alta intensidad

Material Properties (2 materials)

Material: 1 (Mohr-Coulomb Isotropic) - Areniscas y micro conglomerado
 Cohesion Phi UnitWeight Ru
 150.00 38.0 21.00 Auto
 Material: 2 (Mohr-Coulomb Isotropic) - Terraplén
 Cohesion Phi UnitWeight Ru
 4.83 33.0 16.50 Auto

Water Properties

Unit weight of water: 9.810 Unit weight of water/medium above ground: 9.810

Material Profiles (2 profiles)

Profile: 1 (5 points) Material beneath: 1 - Areniscas y micro conglomerado
 -0.25 70.00 18.00 70.25 66.00 67.00 88.00 67.25 101.32 65.75
 Profile: 2 (2 points) Material beneath: 2 - Terraplén
 0.00 85.00 107.32 85.00

Slope Surface (9 points)

0.00 70.00 18.00 70.00 38.00 80.00 42.00 80.00 59.50 70.50
 82.50 70.50 88.25 67.00 101.25 65.75 107.32 65.00

Phreatic Surface (6 points)

36.25 79.25 41.50 76.75 53.25 71.00 68.00 68.00 79.25 67.50
 88.00 67.25

Failure Surface

Initial non-circular surface for critical search (7 points)
 39.50 80.00 44.25 73.75 50.25 70.00 57.75 68.00 66.75 67.25
 73.75 67.50 84.29 69.41

Earthquake Force

Pseudo-static earthquake (seismic) coefficient: 0.240

Variable Restraints

Horizontal range around X-Left: 6.75 Trial positions within range: 5
 Horizontal range around X-Right: 8.75 Trial positions within range: 5
 Vertical range around Mid-Point: 0.75 Trial positions within range: 1

RESULTS: Analysis 5 - Paramento aguas abajo con ataguia y un sismo de alta intensidad

Spencer-Wright Method of Analysis - Non-Circular Failure Surface

Critical Failure Surface Search using Multiple Surface Generation Techniques

Initial failure surface approximation - Factor of Safety: 1.305 Final Angle of Interslice Forces (Theta): 9.7 degrees

Analysis Summary

There were: 25 successful analyses from a total of 25 trial failure surfaces (Theta filter applied)

Critical (minimum) Factor of Safety: 1.09 Final Angle of Interslice Forces: 10.4 degrees

Negative interslice forces exist on one or more slices; examine slice data and consult the GALENA Help utility
 Effective stress line-of-thrust is not within one or more slices; examine slice data and consult the GALENA Help utility

Results Summary - Lowest 25 Factor of Safety surfaces

Surface	X-Left	Y-Left	X-Right	Y-Right	Y-Deflection	FoS	Theta	
1	36.12	79.06	79.92	70.50	0.00	1.094	10.4	<-- Critical Surface
2	36.12	79.06	82.10	70.50	0.00	1.136	10.1	
3	36.12	79.06	84.29	69.41	0.00	1.153	9.3	
4	37.81	79.91	79.92	70.50	0.00	1.161	10.7	
5	37.81	79.91	82.10	70.50	0.00	1.214	10.4	
6	37.81	79.91	84.29	69.41	0.00	1.221	9.5	
7	39.50	80.00	79.92	70.50	0.00	1.243	11.0	
8	39.50	80.00	84.29	69.41	0.00	1.305	9.7	
9	39.50	80.00	82.10	70.50	0.00	1.308	10.7	
10	41.19	80.00	79.92	70.50	0.00	1.365	11.0	
11	41.19	80.00	84.29	69.41	0.00	1.420	9.7	
12	41.19	80.00	82.10	70.50	0.00	1.446	10.8	
13	42.88	79.53	79.92	70.50	0.00	1.526	10.6	
14	42.88	79.53	84.29	69.41	0.00	1.565	9.2	
15	42.88	79.53	82.10	70.50	0.00	1.626	10.3	
16	36.12	79.06	86.48	68.08	0.00	3.644	11.5	
17	37.81	79.91	86.48	68.08	0.00	3.852	12.1	
18	36.12	79.06	88.67	66.96	0.00	3.888	10.4	
19	37.81	79.91	88.67	66.96	0.00	4.060	11.0	
20	39.50	80.00	86.48	68.08	0.00	4.091	12.4	

21	39.50	80.00	88.67	66.96	0.00	4.291	11.2
22	41.19	80.00	86.48	68.08	0.00	4.421	12.5
23	41.19	80.00	88.67	66.96	0.00	4.599	11.2
24	42.88	79.53	86.48	68.08	0.00	4.793	12.1
25	42.88	79.53	88.67	66.96	0.00	4.961	10.7

Note: Y-Deflection values are failure surface mid-point vertical distances from the initial failure surface mid-point

Critical Failure Surface (surface 1, 7 points)

36.12	79.06	40.77	74.01	46.63	70.98	53.97	69.36	62.77	68.75
69.61	68.96	79.92	70.50						

Slice Geometry and Properties - Critical Failure Surface (surface 1, 37 slices)

Slice	X-Left	X-S Area	Angle	Width	Length	Matl	Cohesion	Phi	Weight	PoreWater Force	Side Force	1/h	1'/h
1	36.12	0.05	47.4	0.25	0.37	2	4.83	33.0	0.84	1.19	0.00	0.00	0.00
2	36.38	0.85	47.4	0.81	1.20	2	4.83	33.0	14.00	7.64	-0.29	0.28	-0.45
3	37.19	1.89	47.4	0.81	1.20	2	4.83	33.0	31.23	13.48	6.34	0.20	0.38
4	38.00	5.17	47.4	1.38	2.05	2	4.83	33.0	85.24	36.50	24.95	0.18	0.36
5	39.38	7.25	47.4	1.38	2.05	2	4.83	33.0	119.65	53.50	80.27	0.22	0.34
6	40.77	4.52	27.3	0.73	0.82	2	4.83	33.0	74.55	25.06	162.24	0.24	0.34
7	41.50	3.25	27.3	0.50	0.56	2	4.83	33.0	53.61	17.26	186.09	0.23	0.35
8	42.00	7.66	27.3	1.16	1.30	2	4.83	33.0	126.43	40.29	202.96	0.23	0.34
9	43.16	7.63	27.3	1.16	1.30	2	4.83	33.0	125.85	40.70	242.61	0.24	0.34
10	44.32	7.59	27.3	1.16	1.30	2	4.83	33.0	125.27	41.11	282.36	0.27	0.34
11	45.48	7.56	27.3	1.16	1.30	2	4.83	33.0	124.70	41.52	322.22	0.29	0.34
12	46.63	8.33	12.4	1.32	1.35	2	4.83	33.0	137.39	40.97	362.19	0.31	0.33
13	47.96	7.76	12.4	1.32	1.35	2	4.83	33.0	128.09	36.24	366.81	0.34	0.33
14	49.28	7.20	12.4	1.32	1.35	2	4.83	33.0	118.78	31.52	369.58	0.37	0.33
15	50.60	6.63	12.4	1.32	1.35	2	4.83	33.0	109.47	26.79	370.50	0.41	0.33
16	51.93	6.07	12.4	1.32	1.35	2	4.83	33.0	100.16	22.06	369.58	0.46	0.32
17	53.25	3.06	12.4	0.72	0.73	2	4.83	33.0	50.43	10.73	366.81	0.52	0.30
18	53.97	5.28	3.9	1.38	1.39	2	4.83	33.0	87.09	19.06	364.97	0.55	0.30
19	55.35	4.37	3.9	1.38	1.39	2	4.83	33.0	72.13	16.53	344.80	0.65	0.29
20	56.73	3.46	3.9	1.38	1.39	2	4.83	33.0	57.17	14.00	327.44	0.79	0.27
21	58.12	2.56	3.9	1.38	1.39	2	4.83	33.0	42.21	11.47	312.88	0.99	0.21
22	59.50	1.70	3.9	1.09	1.09	2	4.83	33.0	28.01	7.25	301.13	1.37	0.05
23	60.59	1.78	3.9	1.09	1.09	2	4.83	33.0	29.36	5.68	292.29	1.27	-0.08
24	61.68	1.86	3.9	1.09	1.09	2	4.83	33.0	30.71	4.12	282.04	1.18	-0.23
25	62.77	2.31	-1.7	1.34	1.34	2	4.83	33.0	38.09	2.04	270.38	1.10	1.01
26	64.10	2.32	-1.7	1.38	1.38	2	4.83	33.0	38.33	0.00	247.59	1.05	1.86
27	65.48	2.27	-1.7	1.38	1.38	2	4.83	33.0	37.40	0.00	223.06	1.01	1.01
28	66.86	2.21	-1.7	1.38	1.38	2	4.83	33.0	36.48	0.00	198.95	0.97	0.97
29	68.23	2.15	-1.7	1.38	1.38	2	4.83	33.0	35.55	0.00	175.26	0.93	0.93
30	69.61	1.87	-8.5	1.29	1.30	2	4.83	33.0	30.78	0.00	151.99	0.90	0.90
31	70.90	1.62	-8.5	1.29	1.30	2	4.83	33.0	26.68	0.00	123.12	0.91	0.91
32	72.19	1.37	-8.5	1.29	1.30	2	4.83	33.0	22.57	0.00	97.08	0.93	0.93
33	73.47	1.12	-8.5	1.29	1.30	2	4.83	33.0	18.47	0.00	73.88	0.95	0.95
34	74.76	0.87	-8.5	1.29	1.30	2	4.83	33.0	14.36	0.00	53.50	0.97	0.97
35	76.05	0.62	-8.5	1.29	1.30	2	4.83	33.0	10.26	0.00	35.96	1.00	1.00
36	77.34	0.37	-8.5	1.29	1.30	2	4.83	33.0	6.16	0.00	21.24	1.05	1.05
37	78.63	0.12	-8.5	1.29	1.30	2	4.83	33.0	2.05	0.00	9.35	1.12	1.12
RHS	79.92										-0.30	0.00	0.00
X-S Area:		132.70	Path Length:		47.06	X-S Weight:		2189.52					

DATA: Analysis 6 - Paramento aguas abajo con ataguia y un sismo de alta intensidad

Material Properties (2 materials)

Material: 1 (Mohr-Coulomb Isotropic) - Areniscas y micro conglomerado

Cohesion	Phi	UnitWeight	Ru
150.00	38.0	21.00	Auto

Material: 2 (Mohr-Coulomb Isotropic) - Terraplén

Cohesion	Phi	UnitWeight	Ru
4.83	33.0	16.50	Auto

Water Properties

Unit weight of water: 9.810 Unit weight of water/medium above ground: 9.810

Material Profiles (2 profiles)

Profile: 1 (5 points)	Material beneath:	1 - Areniscas y micro conglomerado							
-0.25	70.00	18.00	70.25	66.00	67.00	88.00	67.25	101.32	65.75
Profile: 2 (2 points)	Material beneath:	2 - Terraplén							
0.00	85.00	107.32	85.00						

Slope Surface (9 points)

0.00	70.00	18.00	70.00	38.00	80.00	42.00	80.00	59.50	70.50
82.50	70.50	88.25	67.00	101.25	65.75	107.32	65.00		

Phreatic Surface (6 points)

36.25	79.25	41.50	76.75	53.25	71.00	68.00	68.00	79.25	67.50
88.00	67.25								

Failure Surface

Initial non-circular surface for critical search (5 points)

19.00	70.50	26.75	70.50	33.25	73.00	37.75	76.75	39.61	80.00
-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------

Variable Restraints

Horizontal range around X-Left:	6.75	Trial positions within range:	5
Horizontal range around X-Right:	8.75	Trial positions within range:	5
Vertical range around Mid-Point:	0.75	Trial positions within range:	1

RESULTS: Analysis 6 - Paramento aguas abajo con ataguia y un sismo de alta intensidad

Spencer-Wright Method of Analysis - Non-Circular Failure Surface

Critical Failure Surface Search using Multiple Surface Generation Techniques

Initial failure surface approximation - Factor of Safety: 1.886 Final Angle of Interslice Forces (Theta): 22.4 degrees

Analysis Summary

There were: 15 successful analyses from a total of 25 trial failure surfaces (Theta filter applied)
10 analyses terminated due to unacceptable geometry

Critical (minimum) Factor of Safety: 1.89 Final Angle of Interslice Forces: 22.4 degrees

Negative interslice forces exist on one or more slices; examine slice data and consult the GALENA Help utility
Effective stress line-of-thrust is not within one or more slices; examine slice data and consult the GALENA Help utility

Results Summary - Lowest 15 Factor of Safety surfaces

Surface	X-Left	Y-Left	X-Right	Y-Right	Y-Deflection	FoS	Theta	
1	19.00	70.50	39.61	80.00	0.00	1.886	22.4	<-- Critical Surface
2	19.00	70.50	41.80	80.00	0.00	1.901	20.4	
3	20.69	71.34	39.61	80.00	0.00	1.910	22.1	
4	20.69	71.34	41.80	80.00	0.00	1.932	19.9	
5	22.38	72.19	39.61	80.00	0.00	1.936	21.9	
6	22.38	72.19	41.80	80.00	0.00	1.971	19.3	
7	19.00	70.50	37.42	79.71	0.00	1.974	22.7	
8	20.69	71.34	37.42	79.71	0.00	2.005	22.6	
9	19.00	70.50	43.99	78.92	0.00	2.034	17.0	
10	19.00	70.50	35.24	78.62	0.00	2.036	22.2	
11	22.38	72.19	37.42	79.71	0.00	2.042	22.5	
12	20.69	71.34	35.24	78.62	0.00	2.081	22.0	
13	20.69	71.34	43.99	78.92	0.00	2.112	16.3	
14	22.38	72.19	35.24	78.62	0.00	2.138	21.9	
15	22.38	72.19	43.99	78.92	0.00	2.203	15.5	

Note: Y-Deflection values are failure surface mid-point vertical distances from the initial failure surface mid-point

Critical Failure Surface (surface 1, 5 points)

19.00	70.50	26.75	70.50	33.25	73.00	37.75	76.75	39.61	80.00
-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------

Slice Geometry and Properties - Critical Failure Surface (surface 1, 33 slices)

Slice	X-S		Base					Cohesion	Phi	Weight	PoreWater Force	--- Left Hand Side ----		
	X-Left	Area	Angle	Width	Length	Matl	Side Force					l/h	l'/h	
1	19.00	0.10	0.0	0.65	0.65	2	4.83	33.0	1.72	0.00	0.00	0.00	0.00	
2	19.65	0.31	0.0	0.65	0.65	2	4.83	33.0	5.16	0.00	2.83	0.41	0.41	
3	20.29	0.52	0.0	0.65	0.65	2	4.83	33.0	8.60	0.00	7.15	0.37	0.37	
4	20.94	0.73	0.0	0.65	0.65	2	4.83	33.0	12.04	0.00	12.97	0.35	0.35	
5	21.58	0.94	0.0	0.65	0.65	2	4.83	33.0	15.48	0.00	20.28	0.34	0.34	
6	22.23	1.15	0.0	0.65	0.65	2	4.83	33.0	18.93	0.00	29.08	0.33	0.33	
7	22.88	1.36	0.0	0.65	0.65	2	4.83	33.0	22.37	0.00	39.38	0.32	0.32	
8	23.52	1.56	0.0	0.65	0.65	2	4.83	33.0	25.81	0.00	51.16	0.32	0.32	
9	24.17	1.77	0.0	0.65	0.65	2	4.83	33.0	29.25	0.00	64.44	0.31	0.31	
10	24.81	1.98	0.0	0.65	0.65	2	4.83	33.0	32.69	0.00	79.22	0.31	0.31	
11	25.46	2.19	0.0	0.65	0.65	2	4.83	33.0	36.13	0.00	95.48	0.31	0.31	
12	26.10	2.40	0.0	0.65	0.65	2	4.83	33.0	39.57	0.00	113.24	0.30	0.30	
13	26.75	2.54	21.0	0.65	0.70	2	4.83	33.0	41.96	0.00	132.49	0.30	0.30	
14	27.40	2.59	21.0	0.65	0.70	2	4.83	33.0	42.77	0.00	132.70	0.30	0.30	
15	28.05	2.64	21.0	0.65	0.70	2	4.83	33.0	43.57	0.00	132.87	0.30	0.30	
16	28.70	2.69	21.0	0.65	0.70	2	4.83	33.0	44.37	0.00	133.02	0.30	0.30	
17	29.35	2.74	21.0	0.65	0.70	2	4.83	33.0	45.18	0.00	133.13	0.30	0.30	
18	30.00	2.79	21.0	0.65	0.70	2	4.83	33.0	45.98	0.00	133.22	0.29	0.29	
19	30.65	2.84	21.0	0.65	0.70	2	4.83	33.0	46.79	0.00	133.27	0.29	0.29	
20	31.30	2.88	21.0	0.65	0.70	2	4.83	33.0	47.59	0.00	133.29	0.29	0.29	
21	31.95	2.93	21.0	0.65	0.70	2	4.83	33.0	48.40	0.00	133.28	0.29	0.29	
22	32.60	2.98	21.0	0.65	0.70	2	4.83	33.0	49.20	0.00	133.24	0.29	0.29	
23	33.25	2.83	39.8	0.63	0.81	2	4.83	33.0	46.67	0.00	133.18	0.29	0.29	
24	33.88	2.70	39.8	0.63	0.81	2	4.83	33.0	44.51	0.00	118.56	0.28	0.28	
25	34.50	2.57	39.8	0.63	0.81	2	4.83	33.0	42.36	0.00	104.72	0.26	0.26	

26	35.13	2.44	39.8	0.63	0.81	2	4.83	33.0	40.21	0.00	91.64	0.24	0.24
27	35.75	2.31	39.8	0.63	0.81	2	4.83	33.0	38.06	0.00	79.32	0.22	0.22
28	36.38	2.38	39.8	0.69	0.89	2	4.83	33.0	39.25	27.45	67.77	0.20	0.36
29	37.06	2.22	39.8	0.69	0.89	2	4.83	33.0	36.66	19.58	47.05	0.20	0.35
30	37.75	0.74	60.2	0.25	0.50	2	4.83	33.0	12.25	7.44	29.80	0.21	0.37
31	38.00	1.29	60.2	0.55	1.11	2	4.83	33.0	21.26	6.72	20.00	0.21	0.47
32	38.55	0.73	60.2	0.53	1.06	2	4.83	33.0	12.08	0.00	5.74	0.19	-0.84
33	39.08	0.24	60.2	0.53	1.06	2	4.83	33.0	4.03	0.00	0.05	0.38	0.38
RHS	39.61	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-0.03	0.00	0.00
	X-S Area:	63.09	Path Length:	24.32			X-S Weight:	1040.90					

DATA: Analysis 7 - Paramento aguas abajo con ataguía y un sismo de alta intensidad

Material Properties (2 materials)

Material: 1 (Mohr-Coulomb Isotropic) - Areniscas y micro conglomerado
 Cohesion Phi UnitWeight Ru
 150.00 38.0 21.00 Auto
 Material: 2 (Mohr-Coulomb Isotropic) - Terraplén
 Cohesion Phi UnitWeight Ru
 4.83 33.0 16.50 Auto

Water Properties

Unit weight of water: 9.810 Unit weight of water/medium above ground: 9.810

Material Profiles (2 profiles)

Profile: 1 (5 points) Material beneath: 1 - Areniscas y micro conglomerado
 -0.25 70.00 18.00 70.25 66.00 67.00 88.00 67.25 101.32 65.75
 Profile: 2 (2 points) Material beneath: 2 - Terraplén
 0.00 85.00 107.32 85.00

Slope Surface (9 points)

0.00 70.00 18.00 70.00 38.00 80.00 42.00 80.00 59.50 70.50
 82.50 70.50 88.25 67.00 101.25 65.75 107.32 65.00

Phreatic Surface (6 points)

36.25 79.25 41.50 76.75 53.25 71.00 68.00 68.00 79.25 67.50
 88.00 67.25

Failure Surface

Initial non-circular surface for critical search (5 points)

19.00 70.50 26.75 70.50 33.25 73.00 37.75 76.75 39.61 80.00

Earthquake Force

Pseudo-static earthquake (seismic) coefficient: 0.240

Variable Restraints

Horizontal range around X-Left: 6.75 Trial positions within range: 5
 Horizontal range around X-Right: 8.75 Trial positions within range: 5
 Vertical range around Mid-Point: 0.75 Trial positions within range: 1

RESULTS: Analysis 7 - Paramento aguas abajo con ataguía y un sismo de alta intensidad

Spencer-Wright Method of Analysis - Non-Circular Failure Surface

Critical Failure Surface Search using Multiple Surface Generation Techniques

Initial failure surface approximation - Factor of Safety: 1.124 Final Angle of Interslice Forces (Theta): 21.5 degrees

Analysis Summary

There were: 15 successful analyses from a total of 25 trial failure surfaces (Theta filter applied)
 10 analyses terminated due to unacceptable geometry

Critical (minimum) Factor of Safety: 1.10 Final Angle of Interslice Forces: 19.7 degrees

Results Summary - Lowest 15 Factor of Safety surfaces

Surface	X-Left	Y-Left	X-Right	Y-Right	Y-Deflection	FoS	Theta	
1	19.00	70.50	41.80	80.00	0.00	1.104	19.7	<-- Critical Surface
2	20.69	71.34	41.80	80.00	0.00	1.117	19.2	
3	19.00	70.50	43.99	78.92	0.00	1.117	16.3	
4	19.00	70.50	39.61	80.00	0.00	1.124	21.5	
5	22.38	72.19	41.80	80.00	0.00	1.133	18.5	

6	20.69	71.34	39.61	80.00	0.00	1.137	21.4
7	20.69	71.34	43.99	78.92	0.00	1.144	15.5
8	22.38	72.19	39.61	80.00	0.00	1.152	21.1
9	22.38	72.19	43.99	78.92	0.00	1.173	14.6
10	19.00	70.50	37.42	79.71	0.00	1.186	21.5
11	20.69	71.34	37.42	79.71	0.00	1.206	21.4
12	19.00	70.50	35.24	78.62	0.00	1.224	20.9
13	22.38	72.19	37.42	79.71	0.00	1.229	21.2
14	20.69	71.34	35.24	78.62	0.00	1.252	20.7
15	22.38	72.19	35.24	78.62	0.00	1.288	20.3

Note: Y-Deflection values are failure surface mid-point vertical distances from the initial failure surface mid-point

Critical Failure Surface (surface 1, 5 points)

19.00	70.50	27.57	70.50	34.76	73.00	39.74	76.75	41.80	80.00
-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------

Slice Geometry and Properties - Critical Failure Surface (surface 1, 35 slices)

Slice	X-S		Base				Cohesion	Phi	Weight	PoreWater Force	--- Left Hand Side ---		
	X-Left	Area	Angle	Width	Length	Matl					Side Force	l/h	l'/h
1	19.00	0.13	0.0	0.71	0.71	2	4.83	33.0	2.11	0.00	0.00	0.00	0.00
2	19.71	0.38	0.0	0.71	0.71	2	4.83	33.0	6.32	0.00	5.20	0.36	0.36
3	20.43	0.64	0.0	0.71	0.71	2	4.83	33.0	10.53	0.00	12.37	0.33	0.33
4	21.14	0.89	0.0	0.71	0.71	2	4.83	33.0	14.74	0.00	21.52	0.31	0.31
5	21.86	1.15	0.0	0.71	0.71	2	4.83	33.0	18.95	0.00	32.65	0.30	0.30
6	22.57	1.40	0.0	0.71	0.71	2	4.83	33.0	23.16	0.00	45.75	0.30	0.30
7	23.29	1.66	0.0	0.71	0.71	2	4.83	33.0	27.37	0.00	60.83	0.29	0.29
8	24.00	1.91	0.0	0.71	0.71	2	4.83	33.0	31.58	0.00	77.89	0.29	0.29
9	24.72	2.17	0.0	0.71	0.71	2	4.83	33.0	35.79	0.00	96.92	0.28	0.28
10	25.43	2.42	0.0	0.71	0.71	2	4.83	33.0	40.00	0.00	117.93	0.28	0.28
11	26.14	2.68	0.0	0.71	0.71	2	4.83	33.0	44.21	0.00	140.91	0.28	0.28
12	26.86	2.93	0.0	0.71	0.71	2	4.83	33.0	48.42	0.00	165.88	0.27	0.27
13	27.57	3.12	19.2	0.72	0.76	2	4.83	33.0	51.50	0.00	192.81	0.27	0.27
14	28.29	3.20	19.2	0.72	0.76	2	4.83	33.0	52.80	0.00	193.83	0.26	0.26
15	29.01	3.28	19.2	0.72	0.76	2	4.83	33.0	54.10	0.00	194.78	0.26	0.26
16	29.73	3.36	19.2	0.72	0.76	2	4.83	33.0	55.40	0.00	195.67	0.25	0.25
17	30.45	3.44	19.2	0.72	0.76	2	4.83	33.0	56.69	0.00	196.51	0.25	0.25
18	31.17	3.51	19.2	0.72	0.76	2	4.83	33.0	57.99	0.00	197.28	0.24	0.24
19	31.89	3.59	19.2	0.72	0.76	2	4.83	33.0	59.29	0.00	198.00	0.24	0.24
20	32.61	3.67	19.2	0.72	0.76	2	4.83	33.0	60.59	0.00	198.65	0.23	0.23
21	33.32	3.75	19.2	0.72	0.76	2	4.83	33.0	61.89	0.00	199.25	0.23	0.23
22	34.04	3.83	19.2	0.72	0.76	2	4.83	33.0	63.19	0.00	199.79	0.23	0.23
23	34.76	2.86	37.0	0.54	0.67	2	4.83	33.0	47.21	0.00	200.27	0.22	0.22
24	35.30	2.79	37.0	0.54	0.67	2	4.83	33.0	46.00	0.00	185.84	0.20	0.20
25	35.84	2.71	37.0	0.54	0.67	2	4.83	33.0	44.78	0.00	171.84	0.18	0.18
26	36.38	2.65	37.0	0.54	0.68	2	4.83	33.0	43.74	30.81	158.29	0.16	0.36
27	36.92	2.58	37.0	0.54	0.68	2	4.83	33.0	42.52	26.39	129.06	0.15	0.35
28	37.46	2.50	37.0	0.54	0.68	2	4.83	33.0	41.30	21.98	102.57	0.15	0.35
29	38.00	2.52	37.0	0.58	0.73	2	4.83	33.0	41.56	18.67	78.83	0.14	0.36
30	38.58	2.27	37.0	0.58	0.73	2	4.83	33.0	37.38	13.59	56.90	0.15	0.36
31	39.16	2.01	37.0	0.58	0.73	2	4.83	33.0	33.20	8.51	39.14	0.17	0.38
32	39.74	1.19	57.7	0.41	0.76	2	4.83	33.0	19.69	3.13	25.53	0.21	0.42
33	40.15	1.19	57.7	0.55	1.03	2	4.83	33.0	19.71	0.00	13.52	0.21	0.08
34	40.70	0.72	57.7	0.55	1.03	2	4.83	33.0	11.82	0.00	4.12	0.20	0.20
35	41.25	0.24	57.7	0.55	1.03	2	4.83	33.0	3.94	0.00	0.04	0.39	0.39
RHS	41.80	-----			-----				-----		1.29	0.00	0.00
	X-S Area:	79.36	Path Length:	26.26			X-S Weight:	1309.43					