

UNIVERSIDAD PRIVADA ANTENOR ORREGO

FACULTAD DE INGENIERÍA

PROGRAMA DE ESTUDIO DE INGENIERIA CIVIL



TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO CIVIL

Diseño de un embalse en el rio la cuesta mediante una presa de gravedad para el aprovechamiento hídrico en periodos estiaje, Distrito La Cuesta, Provincia de Otuzco, La Libertad 2020

Línea de Investigación:
Ingeniería Civil

Sub Línea de Investigación:
Hidráulica

Autores:

Narvaez García, Yorddy Rossvell Dickson.
Quevedo García Cesar Wuillian.

Jurado Evaluador:

Presidente : Sagastegui Plasencia, Fidel German
Secretario : Serrano Hernandez, Jose Luis
Vocal : Medina Carbajal, Lucio

Asesor:

Cabanillas Quiroz, Guillermo Juan

Código Orcid: <https://orcid.org/0000-0001-5006-2312>

TRUJILLO – PERÚ

2023

Fecha de Sustentación: 2023 / 06 / 09

UNIVERSIDAD PRIVADA ANTENOR ORREGO

FACULTAD DE INGENIERÍA

PROGRAMA DE ESTUDIO DE INGENIERIA CIVIL



TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO CIVIL

Diseño de un embalse en el rio la cuesta mediante una presa de gravedad para el aprovechamiento hídrico en periodos estiaje, Distrito La Cuesta, Provincia de Otuzco, La Libertad 2020

Línea de Investigación:
Ingeniería Civil

Sub Línea de Investigación:
Hidráulica

Autores:

Narvaez García, Yorddy Rossvell Dickson.
Quevedo García Cesar Wuillian.

Jurado Evaluador:

Presidente : Sagastegui Plasencia, Fidel German
Secretario : Serrano Hernandez, Jose Luis
Vocal : Medina Carbajal, Lucio

Asesor:

Cabanillas Quiroz, Guillermo Juan

Código Orcid: <https://orcid.org/0000-0001-5006-2312>

TRUJILLO – PERÚ

2023

Fecha de Sustentación: 2023 / 06 / 09

Diseño de un embalse en el rio la cuesta mediante una presa de gravedad para el aprovechamiento hídrico en periodos estiaje, Distrito La Cuesta, Provincia de Otuzco, La Libertad 2020

INFORME DE ORIGINALIDAD

18%

INDICE DE SIMILITUD

17%

FUENTES DE INTERNET

1%

PUBLICACIONES

9%

TRABAJOS DEL ESTUDIANTE

FUENTES PRIMARIAS

1

pirhua.udep.edu.pe

Fuente de Internet

9%

2

Submitted to Universidad Privada Antenor Orrego

Trabajo del estudiante

3%

3

repositorio.upao.edu.pe

Fuente de Internet

2%

4

repositorio.espe.edu.ec:8080

Fuente de Internet

1%

5

repositorio.unap.edu.pe

Fuente de Internet

1%

6

hdl.handle.net

Fuente de Internet

1%

7

repositorio.uchile.cl

Fuente de Internet

1%

vsip.info

8

Fuente de Internet

1%

Excluir citas Activo

Excluir bibliografía Activo

Excluir coincidencias < 1%

DECLARACIÓN DE ORIGINALIDAD

Yo, **Guillermo Juan Cabanillas Quiroz**, docente del Programa de Estudio de Ingeniería Civil de la Universidad Privada Antenor Orrego, asesor de la tesis de investigación titulada **“Diseño de un embalse en el río la cuesta mediante una presa de gravedad para el aprovechamiento hídrico en periodos estiaje, Distrito La Cuesta, Provincia de Otuzco, La Libertad 2020”**, del (los) autor (es) **Yorddy Rossvell Dickson Narvaez García y Cesar Wuillian Quevedo García**, de constancia

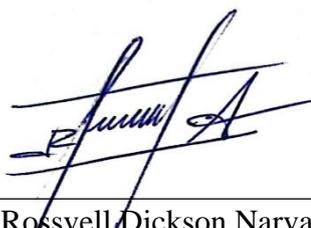
de lo siguiente:

- El mencionado documento tiene un índice de puntuación de similitud del **18%**. Así lo consigna el reporte de similitud emitido por el software Turnitin el día **31 de mayo del 2023**
- He revisado con detalle dicho reporte de la tesis **“Diseño de un embalse en el río la cuesta mediante una presa de gravedad para el aprovechamiento hídrico en periodos estiaje, Distrito La Cuesta, Provincia de Otuzco, La Libertad 2020”**, y no se advierte indicios de plagio.
- Las citas a otros autores y sus respectivas referencias cumplen con las normas establecidas por la Universidad.

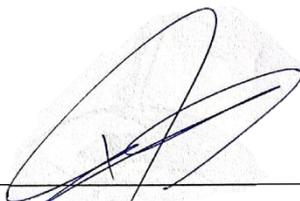
Trujillo, 31 de Julio del 2023



Cesar Wuillian Quevedo García
DNI: 48003187



Yorddy Rossvell Dickson Narvaez Garcia
DNI: 73681186



Guillermo Juan Cabanillas Quiroz
DNI: 17865283
ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5006-2312>

DEDICATORIA

Este trabajo lo dedico a mis padres Manuel Garcia Aguilar y Francisca Meza Castillo por haberme forjado como persona, por cuidarme y guiarme por el buen camino. Muchos de mis logros se los debo a ustedes, son el principal cimiento para la construcción de mi vida profesional. Por eso les doy mi trabajo en ofrenda a s su paciencia y amor. Los amo.

A mi mami Amelia Garcia Meza por la motivación y apoyo incondicional diariamente, para poder lograr mis objetivos.

A mis tíos Luzbeny Garcia, Jony Garcia, Hugo Garcia, quienes fueron como padres para mí, apoyándome en todos los momentos buenos y malos.

Y a toda mi familia en general, por siempre impulsarme a ser mejor y lograr con éxito mi carrera.

Br. NARVAEZ GARCÍA, YORDDY ROSSVELL DICKSON.

Este trabajo lo dedico a mis padres Marcela García Alvarado y Héctor Quevedo Rojas, por su comprensión, paciencia y apoyo incondicional hacia mi persona los que motivaron a jamás rendirme y llegar a alcanzar mis metas.

A mi esposa Evelyn quien es mi fortaleza para seguir superándome cada día en mi vida.

A mi hijo Wuilliams Quevedo Quispe quien ha sido mi mayor motivación para nunca rendirme y llegar a ser un ejemplo para él.

A mi hermana Gellen Quevedo Rojas por estar siempre presente, por su cariño y apoyo incondicional, durante todo este proceso, por estar conmigo en todo momento.

Br. QUEVEDO GARCÍA CESAR WUILLIAN.

AGRADECIMIENTO

A nuestros padres por su apoyo incondicional y el esfuerzo que han hecho por vernos realizados como profesionales. Ellos representan la verdadera fuerza para nuestra superación. Un especial reconocimiento y gratitud a nuestro Asesor: Ing. Cabanillas Quiroz, Guillermo Juan, un excelente profesional y sobre todo una persona extraordinaria, gracias por los consejos no solo de conocimiento académico, sino también por los consejos de vida y superación. Sin su apoyo y perseverancia, no se hubiera podido terminar con éxito la tesis.

Una consideración muy especial a la Universidad Privada Antenor Orrego y sobre todo a la Escuela Profesional de Ingeniería Civil, donde encontramos docentes con gran experiencia y trayectoria académica, logrando formar en nosotros a través de sus conocimientos profesionales, personas capaces de formar nuevos profesionales competentes para asumir los retos de la etapa laboral.

Los Autores.

RESUMEN

La presente tesis tiene como objetivo principal elaborar la propuesta de un embalse por medio de una presa de gravedad en el río "La Cuesta" para el aprovechamiento hídrico en periodos de estiaje. La siguiente investigación de tipo aplicada en un diseño no experimental de tipo descriptivo, para lo cual se hizo uso de datos recopilados por fuentes nacionales como lo es el SENAMHI, FAO, Municipalidad del distrito y por medio del uso de software: ARCGIS, CIVIL 3D, AUTOCAD y con los Métodos: MÉTODO DE GUMBEL; METODO CURVA MASA; METODO LOG PEARSON TIPO III; METODO DE CHRISTIANSEN; METODO DE CAUDAL MAXIMO RACIONAL, METODO AVH y finalmente el METODO BERNOULLI encontramos como resultado que el Caudal de máxima avenida en el Río "La Cuesta" es de 50.35 m³/s en un periodo de retorno de 20 años, se toma en cuenta que el área destinada a la agricultura dentro del distrito La Cuesta es de 13.56 hectáreas, el Caudal promedio para el aprovechamiento hídrico en el riego de cultivos es de 5.16 m³/s que corresponde al año 2016, el volumen del embalse es de 0.71 MMC en relación con el volumen muerto, 5.95 MMC en relación con el volumen útil y 6.66 MMC en relación con el volumen total, área de embalse corresponde a un valor 861,890 m² es decir 86.18 hectáreas, cota máxima es de 1907 m.s.n.m a nivel de operación, altura del vertedero es de 1.40 m y un desagüe de 0.60 m. de diámetro, longitud de la corona de 260.58 m, altura de la presa ubicada en el punto máximo con un valor de 35 m. lo que daría como resultado una propuesta ideal de un embalse por medio de una presa de gravedad.

Palabras clave: Embalse, presa de gravedad, caudal, corona, vertedero.

ABSTRACT

The main objective of this thesis is to elaborate the proposal of a reservoir by means of a gravity dam in the river "La Cuesta" for water use in periods of low water. The following research of applied type in a non-experimental design of descriptive type, for which use was made of data collected by national sources such as SENAMHI, FAO, Municipality of the district and through the use of software: ARCGIS, CIVIL 3D, AUTOCAD and with the Methods: GUMBEL METHOD; MASS CURVE METHOD; LOG PEARSON TYPE III METHOD; CHRISTIANSEN METHOD; MAXIMUM RATIONAL FLOW METHOD, AVH METHOD and finally BERNOULLI METHOD we found as a result that the maximum flood flow in the "La Cuesta" River is 50.35 m³/s in a return period of 20 years, taking into account that the area destined to agriculture within the district of La Cuesta is 13.56 hectares, the average flow for water use in crop irrigation is 5.16 m³/s corresponding to the year 2016, the volume of the reservoir is 0.71MMC in relation to the dead volume, 5.95 MMC in relation to the useful volume and 6.66MMC in relation to the total volume, reservoir area corresponds to a value 861,890 m² i.e. 86.18 hectares, maximum elevation is 1907 m.s.n.m. at operation level, spillway height is 1.40 m and an outlet of 0.60 m. diameter, crown length of 260.58 m, height of the dam located at the maximum point with a value of 35 m. which would result in an ideal proposal for a reservoir by means of a gravity dam.

Key words: Reservoir, gravity dam, flow, crown, spillway.

PRESENTACIÓN

SEÑORES MIEMBROS DEL JURADO:

Dando cumplimiento al Reglamento de Grados y títulos de la Universidad Privada Antenor Orrego, es grato poner a su disposición la presente Tesis titulada: **DISEÑO DE UN EMBALSE EN EL RIO LA CUESTA MEDIANTE UNA PRESA DE GRAVEDAD PARA EL APROVECHAMIENTO HÍDRICO EN PERIODOS ESTIAJE, DISTRITO LA CUESTA, PROVINCIA DE OTUZCO, LA LIBERTAD 2020**. Con la finalidad de obtener el título profesional de ingeniero civil, y a su vez ser conocedores de las diversas experiencias que la ingeniería nos brinda. Consideramos señores miembros del jurado que con vuestra sugerencias y recomendaciones este trabajo pueda mejorarse y contribuir a la difusión de la investigación de nuestra Universidad.

Atentamente,

Los Autores.

JURADO EVALUADOR

Diseño de un embalse en el río La Cuesta mediante una presa de gravedad para el aprovechamiento hídrico en periodos estiaje, Distrito La Cuesta, Provincia de Otuzco, La Libertad 2020

Presidente

Sagastegui Plasencia, Fidel German

Secretario:

Serrano Hernandez, Jose Luis

Vocal:

Medina Carbajal, Lucio

ÍNDICE

DEDICATORIA.....	vi
AGRADECIMIENTO.....	viii
RESUMEN	ix
ABSTRACT	x
PRESENTACIÓN	xi
JURADO EVALUADOR	xii
ÍNDICE	xiii
ÍNDICE DE FIGURAS	xvi
CAPITULO I: INTRODUCCIÓN	1
1.1. Problema de investigación:.....	1
1.2. Objetivos.....	2
1.2.1. Objetivo general:.....	2
1.2.2. Objetivos específicos:	2
1.3. Justificación del estudio:	2
1.3.1. Justificación teórica:	2
1.3.2. Justificación social:	3
1.3.3. Justificación medioambiental:	3
CAPITULO II: MARCO DE REFERENCIA	4
2.1. Antecedentes:.....	4
2.1.1. A nivel internacional:.....	4
2.1.2. A nivel nacional:.....	5
2.1.3. A nivel local:.....	6
2.2. Marco Teórico.....	7

2.2.1.	Definición	7
2.2.2.	Generación de embalses	8
2.2.3.	Embalses artificiales	8
2.2.4.	Clasificación de los embalses.....	9
2.2.5.	Estructuras que conforman los embalses	9
2.2.6.	Ventajas de los embalses	10
2.2.7.	Desventajas de los embalses	10
2.2.8.	Características de los embalses	11
2.2.9.	Niveles característicos de los caudales de un embalse.....	12
2.2.10.	Volúmenes característicos de un embalse	13
2.2.11.	Presas	15
2.2.12.	Partes de la presa:	17
2.3.	Marco Conceptual.....	17
2.4.	Sistema de hipótesis:.....	18
2.4.1.	Hipótesis General	18
2.4.2.	Hipótesis Nula.....	18
CAPITULO III: METODOLOGÍA EMPLEADA		20
3.1.	Tipo y nivel de investigación	20
3.1.1.	Tipo de investigación	20
3.1.2.	Nivel de investigación	20
3.2.	Población y muestra de estudio:.....	20
3.2.1.	Población:.....	20
3.2.2.	Muestra.....	21
3.3.	Diseño de investigación:.....	21
3.4.	Técnicas e instrumentos de recolección de datos	21
3.4.1.	Topografía:	21

3.4.2.	Hidrología:	22
3.5.	Procesamiento y análisis de datos	22
3.5.1.	Procesamiento de datos	22
3.5.2.	Procesamiento de datos	22
3.5.3.	Análisis de datos.....	23
CAPITULO IV: PRESENTACIÓN DE RESULTADOS.....		24
4.1.	Análisis e interpretación de resultados:	24
4.1.1.	Estimar el caudal de máxima avenida en el Rio La Cuesta	24
4.1.2.	Estimar el caudal promedio para el aprovechamiento hídrico en el riego de cultivos.....	30
4.1.3.	Calcular el volumen del embalse.....	38
4.1.4.	Calcular el área del embalse.....	47
4.1.5.	Estimar la cota máxima de agua en el embalse.....	52
4.1.6.	Calcular la altura del vertedero.....	58
4.1.7.	Calcular la longitud de la corona de la presa.....	61
4.1.8.	Calcular la altura de la presa.....	62
4.2.	Análisis de estabilidad de la presa:.....	63
CAPITULO V: DISCUSION DE RESULTADOS		78
CAPITULO VI: CONCLUSIONES		81
CAPITULO VII: RECOMENDACIONES		83
CAPITULO VIII: REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS		84
ANEXOS		87
ABREVIATURAS		87
TABLA DE OPERABILIZACION DE VARIABLES		91
PLANOS:		93

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Presa Hoover. Ubicada en el curso del río Colorado (EE. UU.).	8
Figura 2: Elementos constitutivos de un embalse.	10
Figura 3: Curva característica de los embalses.	11
Figura 4: Representación de los niveles característicos de un embalse.	14
Figura 5: Presa de gravedad.	16
Figura 6:	40
Figura 7: Selección del área de embalse	41
Figura 8: Demostración grafica de volúmenes del embalse	45
Figura 9: Corte transversal de la presa.	46
Figura 10: Interpolación de las curvas de nivel con la herramienta “Topo to Raster”	47
Figura 11: Generación de DEM	47
Figura 12: Cierre de las vertientes de la cuenca con la herramienta “Fill”	48
Figura 13: Limitación de las direcciones de las vertientes con la herramienta “Flow Direction”	48
Figura 14: Generación de la información hídrica por medio de “Flow Accumulation”	49
Figura 15: Inserción de un punto shapefile conocido como “Desfoge”	49
Figura 16: Delimitación de la cuenca hidrográfica por medio de la herramienta “Watersh”	50
Figura 17: Ingreso de mapas sobreponiendo la región de estudio	50
Figura 18: Traspaso de la información del embalse a un dibujo nuevo	52
Figura 19: Ingreso de información geográfica en el área WGS 1874 UTM Zone 17S.	53
Figura 20: Añadir data del área del embalse	54
Figura 21: Transformación del área de embalse a un polígono con la herramienta “Feature to Polygon”	55
Figura 22: Selección de las curvas del nivel.	56
Figura 23: Transformación de las curvas de nivel por medio de la herramienta “Export data”	57
Figura 24: Perfil longitudinal de la presa	61

INDICE DE TABLAS

Tabla 1: Tipos de embalses	9
Tabla 2: Matriz de clasificación de variable	19
Tabla 3: Distribución de Distritos.....	20
Tabla 4: Distribución del centro poblado La Cuesta.....	21
Tabla 5: Precipitaciones de estación Sinsicap.....	24
Tabla 6: Valor promedio de pendiente de zonas de cultivo	25
Tabla 7: Valor de coeficiente de escorrentía	25
Tabla 8: Caudales máximos.....	26
Tabla 9: Valores de la variable reducida y desviación estándar de la variable reducida	27
Tabla 10: Desviación estándar y valor medio de caudales.....	28
Tabla 11: Variable reducida y Probabilidad para un periodo de retorno.....	29
Tabla 12: Caudal de avenidas extraordinarias máximas.....	29
Tabla 13: Distribución de la cobertura vegetal en el Distrito La Cuesta	30
Tabla 14: Características de la fuente hídrica.....	30
Tabla 15: Tipos de cultivos y desarrollo según áreas.....	31
Tabla 16: Características hídricas relacionadas con la precipitación de la zona	31
Tabla 17: Factores de cultivo	32
Tabla 18: Valores medios mensuales de radiación extraterrestre	32
Tabla 19: Valores medios mensuales de radiación extraterrestre.....	33
Tabla 20: Valores de corrección.....	33
Tabla 21: Valores de evapotranspiración	34
Tabla 22: Lamina de riego neta.....	34
Tabla 23:	35
Tabla 24: Lamina de riego bruta.....	35
Tabla 25: Volumen de agua (m ³).....	36
Tabla 26: Caudal requerido (m ³ /seg).....	37
Tabla 27: Caudales promedio.....	38
Tabla 28: Método curva - masa.....	39
Tabla 29: Área, Volumen y Altura	42
Tabla 30: Estimación del área del embalse según la tabla de atributos.....	51

Tabla 31: Valores de C_m en función del ángulo Θ	69
Tabla 32: Empuje hidrodinámico	70
Tabla 33: Altura de ola en función del viento y fetch	72
Tabla 34: Resistencias a la compresión de diferentes materiales.....	75
Tabla 35: Resumen de Factores de seguridad	77

CAPITULO I: INTRODUCCIÓN

1.1. Problema de investigación:

Desde que el hombre inició una vida sedentaria y abandonó la vida nómada, en los primeros asentamientos de la civilización ha habido abastecimiento de recursos como el agua para su consumo y abastecimiento de sus cultivos, desde los primeros pasos hasta la construcción fue necesario recolectar estos recursos y llevarlos a presas y canales específicos del sector.

Marc Dourojeanni comenta en su libro: "Amazonías Posibles e Ideales" que en 2011 el sector público de la cuenca amazónica registró 52 proyectos hidroeléctricos, de los cuales 26 estaban realmente ubicados en la selva. se trata del Acuerdo Energético Perú-Brasil, que tiene como objetivo explotar el potencial energético de la Amazonía peruana mediante la construcción de centrales hidroeléctricas en nuestro país, abasteciendo así a Brasil de energía para satisfacer sus futuras necesidades energéticas. Los proyectos hidroeléctricos propuestos en el acuerdo se conocen como proyectos hidroeléctricos de embalse e involucran la construcción de presas que forman lagos artificiales (embalses) para regular la fuerza de caída del agua y generar así energía.

En el caserío "La Cuesta" "actualmente se cultivan 313.50 hectáreas a expensas del caudal disponible en el río que lleva el mismo nombre, estas disponibilidades hídricas parcialmente cubren de riego a las áreas en producción ya que en el período de enero a abril los caudales en promedio se han calculado en 300 L/s, además existen 236.50 hectáreas en descanso, que no se han cultivado por la no existencia de recursos hídricos." (MINAGRI, 2012)

En vista de este problema, nosotros consideramos plantear una presa para así mejorar el aporte de recursos hídricos que finalmente impulsarán la producción en el sector agrario, el desarrollo de las tierras

nuevas, elevar los niveles productivos, y mejorar el nivel de vida de los agricultores y de la población del distrito La Cuesta.

ENUNCIADO DEL PROBLEMA

¿Cuál es la propuesta de un embalse por medio de una presa de gravedad en el río “La Cuesta” para el aprovechamiento hídrico en periodos de estiaje?

1.2. Objetivos

1.2.1. Objetivo general:

- Proponer un embalse por medio de una presa de gravedad en el río “La Cuesta” para el aprovechamiento hídrico en periodos de estiaje.

1.2.2. Objetivos específicos:

- Estimar el caudal de máxima avenida en el Río “La Cuesta”
- Estimar el caudal promedio para el aprovechamiento hídrico en el riego de cultivos.
- Calcular el volumen del embalse.
- Calcular el área del embalse.
- Estimar la cota máxima de agua en el embalse.
- Calcular la altura del vertedero.
- Calcular la longitud de la corona de la presa.
- Calcular la altura de la presa.

1.3. Justificación del estudio:

1.3.1. Justificación teórica:

El siguiente trabajo tiene justificación académica, ya que permitirá aplicar los procedimientos y métodos aprendidos en el proceso académico en la evaluación y análisis de presas, teniendo en cuenta la estabilidad de presas, en relación a los elementos que la comprenden, por ejemplo: embalse, diseño de presas, fuerza hidrostática, retención, asentamiento.

1.3.2. Justificación social:

La justificación social se basa en que actualmente varias hectáreas de cultivos se encuentran asociadas al distrito La Cuesta, las cuales aún no han sido sembradas por falta de recursos hídricos. De esta manera, busca mejorar el acceso a los apoyos a la producción agroalimentaria durante los meses secos y dinamizar la economía de la región del La Cuesta.

1.3.3. Justificación medioambiental:

El proyecto se justifica en el ámbito medioambiental, ya que se incorporará previamente un sistema de recogida de aguas pluviales, que permitirá la evacuación de todos los caudales recibidos en esta zona. Se arrojará en áreas donde no afecte otras fuentes de agua, cause erosión o cause contaminantes que dañen los ecosistemas donde interactúan las personas, los animales y las plantas.

CAPITULO II: MARCO DE REFERENCIA

2.1. Antecedentes:

2.1.1. A nivel internacional:

Palma, A. (2022). El objetivo principal de este proyecto es realizar un análisis del desarrollo del proyecto Embalse Las Palmas, el cual se está ejecutando en una de las localidades más golpeadas por los efectos de la crisis hídrica, la comuna de Petorca en la región de Valparaíso. Capital Santiago de Chile; buscando determinar si la realización de este proyecto representa un aporte real para satisfacer las necesidades de las comunidades locales. La construcción de un embalse es una obra de gran magnitud que requiere un trabajo ingenieril de alta envergadura y complejidad, por lo cual, en el presente informe se abordan tanto los aspectos técnicos del diseño del embalse, revisando los estudios de ingeniería desarrollados en las diferentes etapas del proyecto y estudiando si este se realizó conforme a las tendencias actuales establecidas en la bibliografía referente al diseño y construcción de presas; como los aspectos ambientales y sociales contenidos en el proyecto.

Sandoval, W. (2018). La disponibilidad de sistemas de información global, junto con el desarrollo de la tecnología, han modificado profundamente el proceso de formación de los profesionales. Es así como, hace apenas dos décadas, los únicos elementos de apoyo de un estudiante eran los libros disponibles en las bibliotecas, que en la actualidad han sido completamente superados por los sistemas digitales; sin embargo, al estudiante le rodea tanta información que se le vuelve difícil discernir lo cierto de lo falso, lo correcto de lo incorrecto, lo útil de lo inútil. Es por esta razón que la formación profesional debe enfatizar en el desarrollo de la capacidad de discernimiento, fundamentada en un conocimiento base y la disponibilidad de una guía permanente. El docente no siempre puede estar físicamente presente, por lo que se justifica la necesidad de que

el estudiante disponga con facilidad de un buen libro digital. Los anteriores razonamientos son los que me impulsaron a escribir un libro que, en lo posible, constituya una guía de permanente orientación, que permita mantener frescos los conocimientos básicos sobre la hidrotecnia, para enfrentar de una mejor manera el ejercicio de la profesión.

Figueras, M. (2008). El objetivo es proponer una metodología para la selección de la alternativa más viable para el diseño de esta obra tomando en cuenta los estudios previos como son la topografía, la geología, el clima, la hidrología, la sismicidad y los estudios ambientales de la zona en que se plantea la construcción de dicha obra. El aporte es que se deben de cuidar los factores a evaluar, porque de ellos depende el estudio de la elección de la alternativa más viable”.

2.1.2. A nivel nacional:

Aliaga, J. y Quintana, J. (2021). El objetivo principal de este proyecto es analizar la fuga y la estabilidad física de la Presa Vizcachas de hormigón por gravedad en la provincia de Moquegua durante dos fases de ejecución. El presente estudio utiliza un enfoque cuantitativo y un alcance descriptivo, ya que se utilizará el análisis numérico y la revisión de documentos relevantes, el nivel de investigación es interpretativo, los escenarios propuestos para el análisis de derrames representan la base del comportamiento de flujo y cuerpo de presa, lo que permite una valoración adecuada. Las medidas adoptadas para reducir la saturación de la presa requieren por tanto la creación de una cortina de drenaje en la cimentación y encamisado de la presa para debilitar la línea de saturación en la parte principal de la presa Vizcachas.

Flores, R. (2018). El objetivo principal de este proyecto es plantear un enfoca en el diseño hidráulico de una presa de enrocado con pantalla de concreto, ubicado en el cañón principal del río Ninahuisa, afluente del río Macusani; que suministrará agua regulada en época de estiaje a la C.H. San Gabán II. La variabilidad de caudales del río Ollachea, muestra un superávit hídrico durante cinco meses y déficit hídrico durante siete meses. Esta condición impide alcanzar el caudal de diseño de 19 m³/s, causando el déficit hídrico de la C.H. San Gabán II en época de estiaje. El diseño de la investigación está formado por una fase teórica y una fase de comprobación de actividades, basados en un enfoque cuantitativo a través de una investigación cuasiexperimental.

Luque, A. (2016). El objetivo principal de este proyecto es plantear alternativas de solución con la construcción de la mini presa para la acumulación de agua en época de avenidas para evitar el problema de escasez de agua, determinar las características sociales y económicas de la comunidad. El aporte es la instalación del sistema de riego Cachipascana en la provincia de Puno, mediante canal abierto una longitud de 2000 ml y obras de arte necesarios para dicha instalación de riego, incluido la mini presa en función a las características de la zona y costos que demanda la instalación del sistema”.

2.1.3. A nivel local:

Rodriguez, I. & Zurija, J. (2019). El objetivo principal de este proyecto es la comparación de la estabilidad de un dique con gaviones y presa de gravedad para un embalse en la quebrada Suyorida - Santiago de chuco. De esta manera se busca mejorar la infraestructura de riego existente en el ámbito del comité de Zuro- Suyorida. Para realizar el diseño del dique en la quebrada Suyorida, fue necesario la

recopilación de datos históricos meteorológicos que nos proporcionan las estaciones de Santiago de Chuco, Mollepata y Conchucos, y los estudios hechos por la Autoridad Nacional del Agua, en la cuenca tablachaca tomados como base para la micro cuenca Suyorida. Después de ejecutado los calculo y de distintos softwares.

Chalan, A. & Guevara, E. (2014). El objetivo evaluar los estudios básicos de ingeniería, definir características y tipos de presa de tierra, analizar e interpretar el método de Bishop Simplificado para el cálculo de estabilidad de taludes, además la aplicación de software Slide para realizar la evaluación y análisis del comportamiento físico de la estructura de almacenamiento. El aporte es que la estabilidad de los Taludes para la Presa Garrapón N° 1 en condiciones estáticas y condiciones sísmicas, al final de la construcción y al nivel de agua estacionario en el embalse, tienen factores de seguridad mayores que los factores de seguridad mínimos prescritos”.

2.2. Marco Teórico

2.2.1. Definición

Se denomina embalse a la acumulación de agua debido a una obstrucción en el lecho de un río que cierra parcial o totalmente su cauce. El volumen de agua queda retenido en un vaso topográfico, debido a una serie de eventos ocasionados por la naturaleza o por la intervención del hombre, gracias a la realización de obras hidráulicas (Guevara, 2000). Por lo general, un embalse se forma artificialmente cerrando la boca de un valle mediante una presa o dique, dando lugar a un lago artificial, construido con el fin de producir energía hidroeléctrica o almacenar agua durante la estación lluviosa y distribuirla durante la estación seca (Bustamante, 1996), para el riego de terrenos o abastecimiento de agua para la población.

2.2.2. Generación de embalses

La obstrucción del cauce puede ocurrir por causas naturales como, por ejemplo: el derrumbe de una ladera en un tramo estrecho del río o arroyo, la acumulación de placas de hielo o las construcciones hechas por los castores; y por lo general, por obras construidas por el hombre, como son las presas (Ainzúa, 2007).

2.2.3. Embalses artificiales

Los embalses artificiales son aquellos generados al implementar una estructura hidráulica en el cauce del río y pueden tener la finalidad de:

- Regular el caudal de un río o arroyo, almacenando el agua de los períodos húmedos para utilizarlos durante los períodos más secos para el riego, para el abastecimiento de agua potable, para la generación de energía eléctrica, para permitir la navegación o para diluir contaminantes.
- Contener los caudales extremos de las avenidas o crecidas (laminación de avenidas).
- Crear una diferencia de nivel para generar energía eléctrica, mediante una central hidroeléctrica.

Figura 1:

Presa Hoover. Ubicada en el curso del río Colorado (EE. UU.).



Nota: El gráfico previamente mostrado establece la estructura de una presa de concreto ubicada en Estados Unidos.

2.2.4. Clasificación de los embalses

2.2.4.1. Embalses según el tamaño y profundidad

La clasificación de los embalses de acuerdo al tamaño se hace más por razones de tipo estadístico que por interés desde el punto de vista técnico, como indica la tabla 1:

Donde:

V : volumen

MMC : millones de metros cúbicos

Tabla 1:

Tipos de embalses

Embalse	Tipo
Embalses gigantes	$V > 100,000 \text{ MMC}$
Embalses grandes	$10,000 \text{ MMC} > V > 1,000 \text{ MMC}$
Embalses medianos	$1,000 \text{ MMC} > V > 1 \text{ MMC}$
Embalses pequeños o pondajes	$V < 1 \text{ MMC}$

Nota. La tabla muestra el rango del volumen embalsado y su clasificación. De acuerdo al manual de presas de la FAGRO.

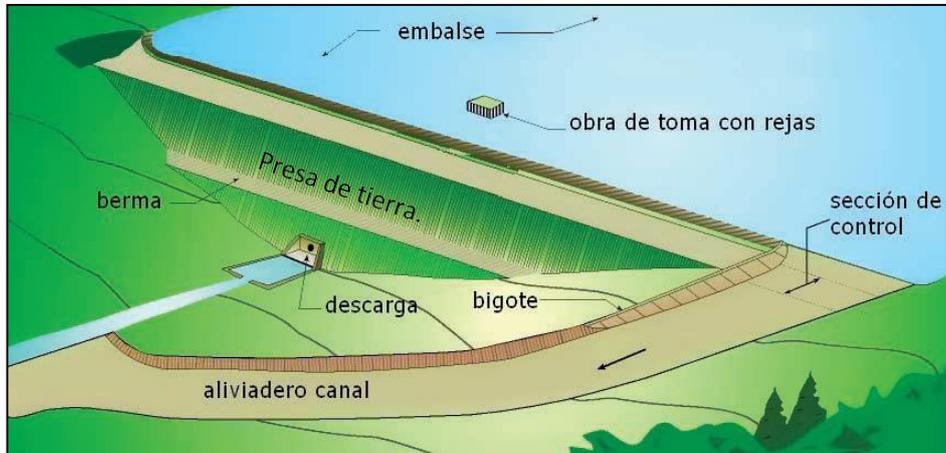
2.2.5. Estructuras que conforman los embalses

Todo embalse consta de las siguientes estructuras hidráulicas básicas

- La presa.
- El vertedero o aliviadero.
- Las obras de toma.

Figura 2:

Elementos constitutivos de un embalse.



Nota: La siguiente grafica establece las partes de una presa de acuerdo a Diseño y Construcción de pequeñas presas, 2011.

2.2.6. Ventajas de los embalses

- Mejoramiento en el suministro de agua a núcleos urbanos en épocas de sequía.
- Desarrollo de la industria pesquera.
- Incremento de las posibilidades de recreación.
- Mantenimiento de reservas de agua para diferentes usos.
- Incremento de vías navegables y disminución de distancias para navegación.
- Control de crecientes de los ríos y daños causados por inundaciones.
- Mejoramiento de condiciones ambientales y paisajísticas.

2.2.7. Desventajas de los embalses

- Pérdidas en la actividad agroindustrial por inundación de zonas con alto índice de desarrollo.
- Alteración de los hábitats y los paisajes fluviales.
- Alteración de las zonas bajas que perturba el ciclo natural de peces y otros organismos acuáticos (alteración de corredores ecológicos naturales)

- Desplazamiento de comunidades enteras.
- Inestabilidad en los taludes que se encuentran cerca al valle, generandodeslizamientos de material en algunos casos.
- Posible incremento de la actividad sísmica, especialmente durante el llenado deembalses muy grandes.

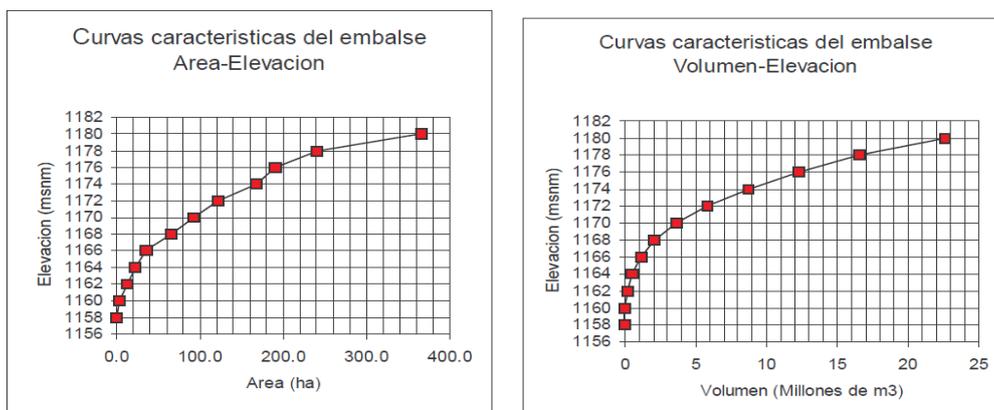
2.2.8. Características de los embalses

Lo más importante de un embalse es su capacidad de almacenamiento, que se representa por medio de las curvas características que son dos: (Guevara, 2000)

- Curva área-elevación o cota-superficie: Se construye a partir de información topográfica planimetrando el área comprendida entre cada curva de nivel del vaso topográfico. Esta curva indica la superficie inundada correspondiente a cada elevación.
- Curva capacidad-elevación o cota-volumen: Se obtiene mediante la integración de la curva área-elevación. Indica el volumen almacenado correspondiente a cada elevación.

Figura 3:

Curva característica de los embalses.



Nota: La siguiente grafica establece la relación entre elevación de la presa su área y volumen de acuerdo a las Estructuras hidráulicas - Embalses.

2.2.9. Niveles característicos de los caudales de un embalse

El nivel del agua en un embalse es siempre mayor que el nivel original del río. Desde el punto de vista de la operación de los embalses, se definen una serie de niveles. Los principales son (en orden creciente):

- **Nivel de embalse muerto (NEM):** es el nivel mínimo de agua en el embalse. Delimita superiormente el volumen muerto del embalse.
- **Nivel mínimo de operación del embalse (NMOE):** Delimita superiormente el volumen generado por la altura mínima del agua necesaria para el correcto funcionamiento de toma de agua la que se sitúa por encima de NME.
- **Nivel normal del embalse (NNE):** Delimita superiormente al volumen útil del embalse, que es el que se aprovecha y gasta en función de diferentes propósitos: energía, irrigación, suministro de agua, etc. Para su ubicación se tienen en cuenta los siguientes aspectos: aportes de la cuenca, demanda de agua, pérdidas por infiltración y evaporación.
- **Nivel forzado de aguas (NFE):** Se presenta temporalmente durante la crecida de los ríos dando lugar al volumen forzado del embalse, el cual puede ser usado en algunos casos, pero por lo general es evacuado rápidamente por medio del vertedor de demasías o rebosadero o aliviadero.

En condiciones normales ocurre oscilación del nivel del agua entre el NNE y el NMOE.

2.2.10. Volúmenes característicos de un embalse

Los volúmenes característicos de los embalses están asociados a los niveles, de esta forma se tiene:

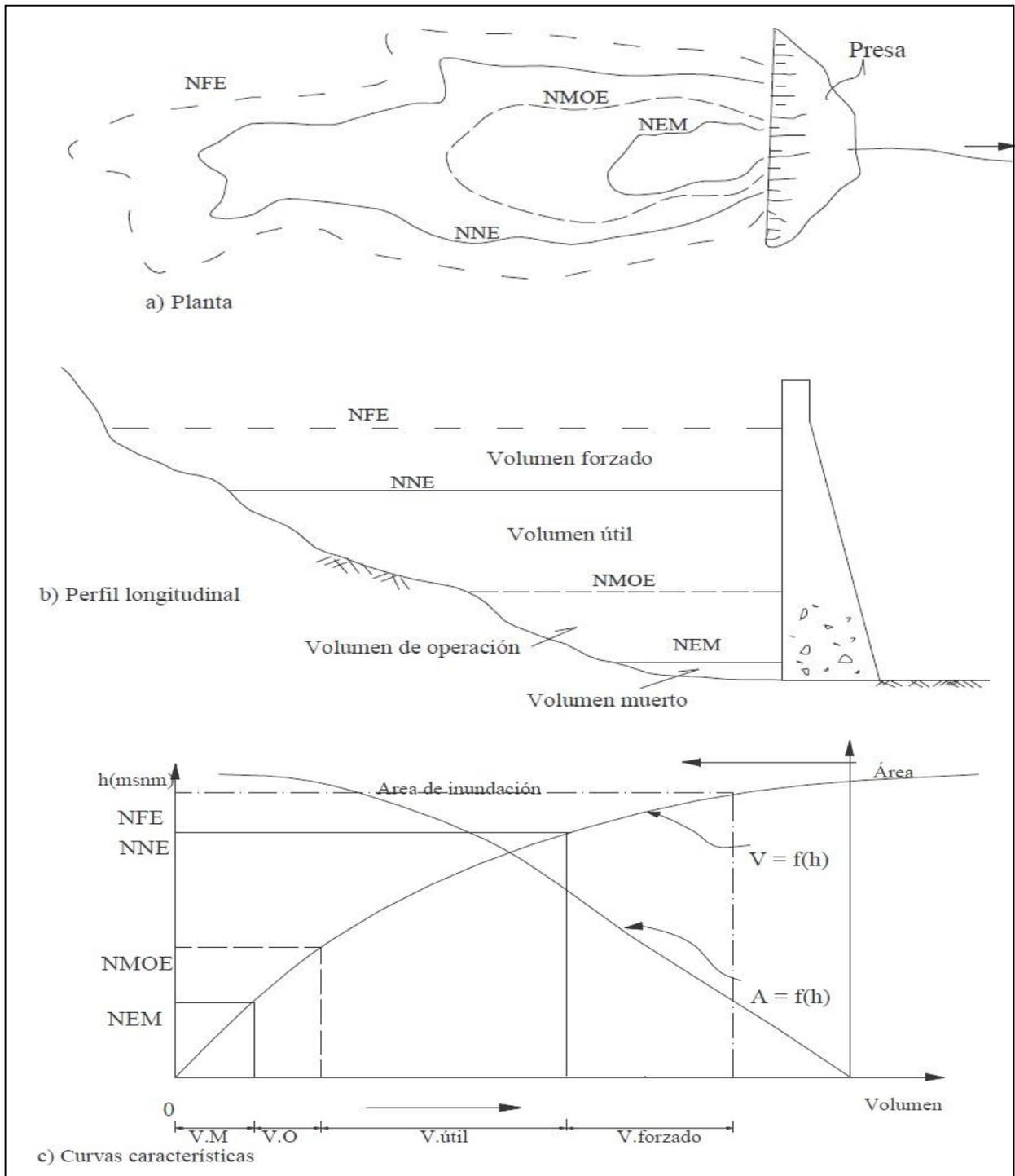
- **Volumen muerto:** Está ubicado por debajo del nivel muerto del embalse (NME) y es donde se acumularán los sedimentos durante la vida útil del embalse. Debe exceder en capacidad al volumen de sedimentos calculado durante la vida útil con el fin de que el embalse los pueda contener. Su determinación es muy compleja, sobre todo si el embalse es de propósito múltiple (caso en que debe tenerse en cuenta la carga de agua sobre las turbinas, condiciones de navegación aguas arriba, altura de comando sobre las tierras de riego, etc.).
- **Volumen útil:** Es el volumen de almacenamiento ubicado entre el nivel mínimo de operación del embalse (NMOE) y el nivel de aguas normales (NNE).
- **Volumen de laminación:** Es el volumen, como su nombre indica, que se utiliza para reducir el caudal vertido en las avenidas, para limitar los daños aguas abajo.

El Volumen total de embalse es la sumatoria de todos los volúmenes involucrados en el embalse, expresada con la siguiente fórmula:

$$\begin{aligned} \text{Volumen total del embalse} = \\ \text{volumen muerto} + \text{volumen de operación} + \text{volumen útil} \\ + \text{volumen forzado.} \end{aligned}$$

Figura 4:

Representación de los niveles característicos de un embalse.



Nota: El siguiente gráfico establece el comportamiento de los volúmenes de la presa en los diferentes perfiles de observación, como el lateral, aéreo y frontal de acuerdo a Estructuras hidráulicas. Embalses.

2.2.11. Presas

La presa, dique o represa es una pared que se coloca en un sitio determinado del cauce de una corriente natural con el objeto de almacenar parte del caudal que transporta la corriente (Giraldo Betancourt, 2014). La pared debe ser diseñada para que soporte las fuerzas que se generan por la presión del agua, y para que impida filtraciones a lo largo de su estructura y en las superficies de contacto entre la estructura y el terreno natural adyacente. Además, la presa debe contar con obras complementarias que permitan el paso del agua que no se embalsa y con estructuras de toma para captar y entregar el agua embalsada a los usuarios del sistema (ArangoTobón).

2.2.11.1. Elementos principales de una presa:

Los elementos que conforman a una presa, según el Instituto Español del Cemento y sus Aplicaciones (2012), son:

- Los paramentos, caras o taludes: Son las dos superficies más o menos verticales principales que limitan el cuerpo de la presa, el interior o de aguas arriba, que está en contacto con el agua, y el exterior o de aguas abajo.
- La corona o cresta: Es la superficie que delimita la presa superiormente. Corresponde a la parte superior de la presa y a veces la misma es proyectada con camino transitable y otras no.
- Los estribos o empotramientos: Son los laterales del muro que están en contacto con la cerrada¹⁰ contra la que se apoya.
- La cimentación: Es la parte de la estructura de la presa, a través de la cual se transmiten las cargas al terreno, tanto las producidas por la presión hidrostática como las del peso propio de la estructura.
- Las compuertas: Son los dispositivos mecánicos destinados a regular el caudal de agua a través de la presa.

- El desagüe de fondo: Permite mantener el denominado caudal ecológico aguas abajo de la presa y vaciar la presa en caso de ser necesario.

2.2.11.2. Tipos de presas

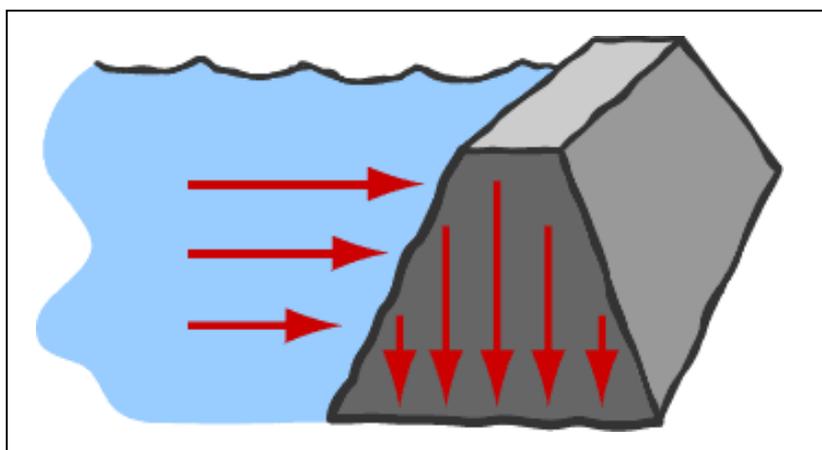
2.2.11.2.1. Según sus materiales

Presa de gravedad

Es aquella en la que su propio peso es el encargado de resistir el empuje del agua. El empuje del embalse es transmitido hacia el suelo, por lo que éste debe ser muy estable para soportar el peso de la presa y del embalse. Tienen mayor durabilidad y requieren menor mantenimiento. Su base es ancha y se va estrechando a medida que se asciende hacia la parte superior, en muchos casos el lado que da al embalse es casi vertical. Existe una diferencia notable en el grosor del muro a medida que aumenta la altura de la presa porque la presión en el fondo del embalse es mayor que en la superficie, de esta forma, el muro tendrá que soportar más presión en el fondo del embalse que en la superficie.

Figura 5:

Presa de gravedad.



Nota: La siguiente grafica explica el comportamiento hidráulico que se tiene en una presa de gravedad tras el impacto del recurso hídrico de acuerdo al manual de pequeñas presas.

2.2.12. Partes de la presa:

2.3. Marco Conceptual

Acueducto: es un sistema o conjunto de sistemas acoplados, que permite transportar agua en forma de flujo continuo desde un lugar en el que ésta es accesible en la naturaleza, hasta un punto de consumo distante. Su nombre proviene del latín "*aquae ductus*" que significa conducto de agua.

Agua blanda: puede definirse como agua con menos de 0,5 partes por mil de sal disuelta.

Antrópico: se refiere a lo relativo al hombre entendido como especie humana o ser humano.

Canales: se trata de obras hidráulicas, cuya función primordial consiste en conducir el agua de un lugar hacia otro.

Cárcavas: son los socavones producidos en los suelos de lugares con pendiente a causa de las avenidas de agua de lluvia.

Coefficiente de escurrimiento (Cr): es la relación entre la lámina de agua precipitada sobre una superficie y la lámina de agua que escurre superficialmente, ambas expresadas en mm

Evapotranspiración: se define como la pérdida de humedad de una superficie por evaporación directa junto con la pérdida de agua por transpiración de la vegetación. Se expresa en mm por unidad de tiempo.

Geomembrana: lámina sintética fabricada a base de PVC, polietileno, caucho y otros compuestos, que se utilizan para revestir o envolver diversas sustancias que pueden contaminar el ambiente, tales como rellenos sanitarios, pozas de lixiviación o relaves mineros. Con ella se evita que dichas sustancias regresen al entorno a través de la lluvia y el viento.

Humedal: es una zona de tierras, generalmente planas, en la que la superficie se inunda permanente o intermitentemente, al cubrirse regularmente de agua, el suelo se satura, quedando desprovisto de oxígeno y dando lugar a un ecosistema híbrido entre los puramente acuáticos y los terrestres.

Infiltración: es la penetración del agua en el suelo.

Lago: es una gran extensión de agua, de forma irregular, rodeada de tierra. El agua que los conforma siempre es dulce.

Laguna: es así mismo una extensión acuosa sin forma constante y de menores dimensiones que un lago. El agua puede ser dulce o salada.

Percolación: se refiere al movimiento y filtración de fluidos a través de materiales porosos no saturados.

Pozo: es una perforación profunda efectuada en la tierra para sacar el agua. Su profundidad varía según el nivel en que se halle el manto freático y sus paredes pueden estar revestidas de piedra o ladrillo, según la región.

Propiedades organolépticas: son el conjunto de descripciones de las características físicas que tiene la materia en general, como por ejemplo su sabor, textura, olor, color. Todas estas sensaciones producen al comer una sensación agradable o desagradable.

Renovable: son las fuentes de agua naturales virtualmente inagotables, unas por la inmensa cantidad de agua que contienen, y otras porque son capaces de regenerarse por medios naturales.

Represas: es el estancamiento o detención artificial de una corriente de agua.

Río: se trata de una corriente de agua bastante considerable que desemboca en otra o bien en el mar.

Unidades nefelométricas de turbidez (NTU): son las unidades para medir la turbidez.

2.4. Sistema de hipótesis:

2.4.1. Hipótesis General

- La propuesta de embalse en el río “mediante una presa de gravedad en el río “La Cuesta” cumple con los estándares de aprovechamiento hídrico en periodos de estiaje.

2.4.2. Hipótesis Nula

- La propuesta de embalse en el río “mediante una presa de gravedad en el río “La Cuesta” no cumple con los estándares de aprovechamiento hídrico en periodos de estiaje.

2.4.3. **.Variable:** Se muestra la descripción de la variable en la tabla 2.

Tabla 2:

Matriz de clasificación de variable

Variable	Definición operacional	Dimensiones	Sub - dimensiones	Indicadores
Propuesta de un embalse por medio de una presa de gravedad	Es aquella que, por su propio peso frente a las pretensiones desestabilizadoras, no tiene otro soporte que el de cada bloque en su plataforma, cada uno de los cuales es autónomo. Este tipo de presa se llama presa de gravedad debido a su peso gran fuerza estabilizadora, lo que la convierte en una de las infraestructuras más sencillas disponibles desde el punto de vista constructivo. (Molina, P.; 2020, pp. 13)	Embalse	Volumen	Operacional
				Útil
				Muerto
			Area	
			Máxima Avenida	
		Presa	Caudal	Aprovechamiento hídrico
				Altura
				Vertedero
				Aliviadero
				Desagüe
Componentes		Cresta		
		Corona		

Nota. La siguiente tabla establece las variables de estudio de acuerdo al formato de investigación

CAPITULO III: METODOLOGÍA EMPLEADA

3.1. Tipo y nivel de investigación

3.1.1. Tipo de investigación

- Según su enfoque: Cualitativa
- Según finalidad: Aplicativa
- Según nivel: Descriptiva

3.1.2. Nivel de investigación

Es considerada no experimental se recopiló información aplicativa por medio del uso de investigaciones preliminares para acceder a las herramientas necesarias para la investigación.

3.2. Población y muestra de estudio:

3.2.1. Población:

Tabla 3:

Distribución de Distritos

ID	NOMBRE	LONGITUD (m)
1	MAYPA	2246.28
2	PEÑA EL LORO	1707.70
3	CUERLAMACA	3710.92
4	EL POROTO	1591.24
5	NAMOGENGO	2539.26
6	CANSAMACA	1353.75
7	REGANORCO	1600.31
8	CURIANCA	419.68
9	PILA	3322.06
10	LA CUESTA	477.51
11	HUALSACAP	1316.01

Nota. Fuente: Cartas Nacionales, MINEDU

3.2.2. Muestra

Tabla 4:

Distribución del centro poblado La Cuesta

ID	NOMBRE	LONGITUD (m)
10	LA CUESTA	477.51

Nota. Fuente: Cartas Nacionales, MINEDU

3.3. Diseño de investigación:

Se utilizó el diseño de investigación no experimental transeccional o transversal, de tipo descriptivo considerando un análisis del territorio al igual que los factores que pueden ocasionar el desarrollo de la presa hidráulica en cuanto a la recolección del recurso hídrico en;

$$X \rightarrow M$$

Donde:

X: Presa hidráulica en el Rio La Cuesta

M: Recolección y aprovechamiento del recurso hídrico en periodo de estiaje.

3.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos

3.4.1. Topografía:

Esta técnica consiste en la representación de un relieve determinado de terreno mediante el empleo de gráficos, simbologías que representan las elevaciones de un plano horizontal. Esta información también se puede recrear de manera digital a través de modelos digitales de elevaciones; para nuestro proyecto hemos considerado la exploración mediante drones topográficos para recrear la superficie de manera digital.

- Instrumentos: Drones, cinta métrica, wincha topográfica y GPS

3.4.2. Hidrología:

Mediante esta técnica nosotros buscamos obtener los caudales que aporta la micro cuenca al cause principal o punto de entrega. Considerando las pérdidas del caudal por abstracciones.

- Instrumentos: Registros de las estaciones pluviométricas y registros de las estaciones hidrométricas.

3.5. Procesamiento y análisis de datos

3.5.1. Procesamiento de datos

3.5.2. Procesamiento de datos

Incluye la fase de diseño del sistema hidráulico correspondiente, que se realiza mediante cálculos de diseño de la presa:

- Cuenca: zona de recogida de agua de lluvia.
- Vaso: almacenar agua, crear lagos artificiales.
- Cortina: Una obstrucción que obstruye el flujo y crea un contenedor.
- Corona: Es la superficie que rodea la presa desde arriba.
- Presa: es una estructura hidráulica a través de la cual se vierte el exceso de agua cuando la presa está llena.

3.5.2.1. Dimensionamiento y cálculos justificatorios:

- Método de caudal racional

Es uno de los métodos más utilizados para estimar la escorrentía máxima en relación con una precipitación estimada dada. Ampliamente utilizado en el diseño de obras de drenaje urbano y rural. Esto tiene la ventaja de no requerir datos hidrológicos para determinar la descarga máxima.

$$Q = 0.278 * C * I * A$$

- Determinación de requerimiento de agua

Para el presente estudio se tomó el periodo vegetativo como año normal ya que se trata de determinar las demandas totales del proyecto en condiciones favorables, la determinación de la evapotranspiración

potencial según las necesidades de los cultivos en base a las fórmulas establecidas y de acuerdo a la información disponible.

- Método de Christiansen:

Es una fórmula empírica que tiene en cuenta la radiación solar, la velocidad del viento, humedad relativa, la temperatura, la insolación y la altitud

- Método curva masa – volumen:

Se utilizan métodos gráficos y analíticos para calcular la capacidad de almacenamiento. El primero se basa en la definición de "curva de masa" o "consumo integrado" teniendo en cuenta el consumo acumulado; para los métodos analíticos, debe disponerse de datos sobre el consumo horario y el tráfico disponible desde la fuente, que normalmente corresponde al consumo medio diario.

- Ecuación de Di March:

$$x = \frac{b\sqrt{2g}}{Cv} \left\{ \left(\frac{2E - EP}{E - P} \right) - \left(\frac{E - y}{y - P} \right)^{\frac{1}{2}} + 3\arcsen\left(\frac{\sqrt{E - y}}{y - P}\right) \right\} + C$$

- Método de Zangar:

Donde se calcular el coeficiente que toman en cuenta la influencia de la cara anterior de la presa en el coeficiente de sobrepresión sísmica.

$$CE = \frac{Cm}{2} \left[\frac{Y}{H} \left(2 - \frac{Y}{H} \right) + \sqrt{\frac{Y}{H} \left(2 - \frac{Y}{H} \right)} \right]$$

3.5.3. Análisis de datos

El procesamiento de los datos se dará por medio del software "Excel" en el cual por medio del uso de tablas o gráficas y en contraste con las normas vigentes establecidas por el Ministerio de Transportes y Comunicaciones (MTC) permitirán cumplir con los objetivos del estudio. Para el desarrollo de este proyecto se realizará un análisis cuantitativo de la información obtenida en campo.

CAPITULO IV: PRESENTACIÓN DE RESULTADOS

4.1. Análisis e interpretación de resultados:

4.1.1. Estimar el caudal de máxima avenida en el Rio La Cuesta

Para el desarrollo de este objetivo se tomó en cuenta las precipitaciones de la estación Sinsicap de los últimos 20 años como se indica en la tabla 5:

Tabla 5:

Precipitaciones de estación Sinsicap

	ENE.	FEB.	MAR.	ABR.	MAY.	JUN.	JUL.	AGO.	SET.	OCT.	NOV.	DIC.	MAXIMO
Año	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm
1999	15.9	41.2	6.8	6.5	11.3	0.6	1.2	0	2.4	2.6	1.6	8.9	41.20 (FEB)
2000	11.6	19.2	18.3	16.5	10.1	0	0	1.9	12.2	1.3	2.2	6.5	19.20 (FEB)
2001	19.4	12.5	27.2	8	3.4	2.4	0	0	4.1	4.1	3.4	2.6	27.20 (MAR)
2002	2.4	45.9	14.3	18.7	0.9	1	0	0	0.3	3.6	7.4	3.7	45.90 (FEB)
2003	5.4	20.2	6.1	9.3	3.9	0.9	0.1	0	0	1.2	9.6	15.4	20.20 (FEB)
2004	3.5	16.1	6.2	7.7	12.1	0	0	0	0	20.6	2.9	3.2	20.60 (OCT)
2005	8.8	8.8	15.7	7.6	0	0	0	0	0	3.7	2.1	6.6	15.70 (MAR)
2006	8.3	41.3	14	8.7	0	2.4	0	0	1.1	0.8	10.7	9.9	41.30 (FEB)
2007	5.9	0	9.2	6.9	8.4	0	0	0.3	0.3	5.3	5.7	7.6	9.20 (MAR)
2008	10.3	27.3	19.8	10.6	2.2	2.3	0.6	0.8	0.9	3.8	4.9	2.1	27.30 (FEB)
2009	22.8	12.6	20.3	6.6	1.1	0	0.8	0.4	0	3.4	5.8	4.8	22.80 (ENE)
2010	11.4	37.9	5.6	11.2	4.3	0.2	0	0	11.3	1.7	3.8	3.1	37.90 (FEB)
2011	7.8	7.2	9.1	10	0.8	1.1	0	0	2.6	1.2	7.1	6.4	10.00 (ABR)
2012	15.4	15.4	19.2	13.1	2.6	5.1	0	0	2.3	10.1	3.3	7.3	19.20 (MAR)
2013	8.6	11.3	19.8	2.2	3.2	0	0	0	0	6.3	0	1.5	19.80 (MAR)
2014	4.9	7.1	14.4	9.6	12.9	0	0	0	4.1	6.8	2.8	7.4	14.40 (MAR)
2015	11.4	9.4	16.8	7.2	3.5	0	0.9	0	0	3.4	5.7	3.6	16.80 (MAR)
2016	17.8	13.7	7.8	7.2	1.4	0	0	0	1.8	0.3	0	3.3	17.80 (ENE)
2017	19.3	45.7	54.1	6.2	5.3	1.9	0	2.8	4.6	5.1	12.4	3.9	54.10 (MAR)
2018	9.4	8.2	6.3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	9.40 (ENE)
VAL. MAX.	35.90	49.60	54.10	18.70	12.90	5.10	1.20	2.80	12.20	20.60	12.40	15.40	54.10

Nota. Se muestra las precipitaciones mensuales de 20 años, con tiempo de concentración de 12h.

Con la información recopilada en la **tabla 5**, se procederá a calcular los caudales para la cual se usará el método racional.

$$Q = 0.278 * C * I * A$$

Donde:

C : Coeficiente de escorrentía

I : Intensidad (mm/h), I = precipitación / tiempo de concentración

A : Área de cuenca (km²)

Para hallar el coeficiente de escorrentía se tiene en cuenta la cobertura de suelo, el tipo de suelo y la pendiente. Para la cual nuestro proyecto tiene cobertura de cultivos con suelo semipermeable y la pendiente oscila entre el 20 y 50% según la tabla 6.

Tabla 6:

Valor promedio de pendiente de zonas de cultivo

VALOR MEDIO DE ZONAS DE CULTIVO	
PENDIENTE PROMEDIO	20 - 50%

Nota. Fuente: Benites (1980), Estructura hidráulica

Se obtiene el coeficiente de escorrentía en la tabla 7:

Tabla 7:

Valor de coeficiente de escorrentía

COBERTURA DEL SUELO	TIPO DE SUELO	PENDIENTE (%)				
		> 50	20-50	5-20	1-5	0-1
Sin vegetación	Impermeable	0,80	0,75	0,70	0,65	0,60
	Semipermeable	0,70	0,65	0,60	0,55	0,50
	Permeable	0,50	0,45	0,40	0,35	0,30
Cultivos	Impermeable	0,70	0,65	0,60	0,55	0,50
	Semipermeable	0,60	0,55	0,50	0,45	0,40
	Permeable	0,40	0,35	0,30	0,25	0,20
Pastos, vegetación ligera	Impermeable	0,65	0,60	0,55	0,50	0,45
	Semipermeable	0,55	0,50	0,45	0,40	0,35
	Permeable	0,35	0,30	0,25	0,20	0,15
Hierba	Impermeable	0,60	0,55	0,50	0,45	0,40
	Semipermeable	0,50	0,45	0,40	0,35	0,30
	Permeable	0,30	0,25	0,20	0,15	0,10
Bosque, vegetación densa	Impermeable	0,55	0,50	0,45	0,40	0,35
	Semipermeable	0,45	0,40	0,35	0,30	0,25
	Permeable	0,25	0,20	0,15	0,10	0,05

Nota. Se tomo el dato de acuerdo a lo que Benites establece en su bibliografía

Esta información permitirá realizar el cálculo de caudal máximo (Q) en base a la información recopilada entre los años 1999 – 2018 y con un área de superficie de 21.47 km². A continuación, se muestra la tabla 8:

Tabla 8:

Caudales máximos

Item	Año	mm Xt(mm)	I mm/h	Q m3/s
1	1999	41.20	3.43	11.26
2	2000	19.20	1.60	5.25
3	2001	27.20	2.27	7.43
4	2002	45.90	3.83	12.55
5	2003	20.20	1.68	5.52
6	2004	20.60	1.72	5.63
7	2005	15.70	1.31	4.29
8	2006	41.30	3.44	11.29
9	2007	9.20	0.77	2.51
10	2008	27.30	2.28	7.46
11	2009	22.80	1.90	6.23
12	2010	37.90	3.16	10.36
13	2011	10.00	0.83	2.73
14	2012	19.20	1.60	5.25
15	2013	19.80	1.65	5.41
16	2014	14.40	1.20	3.94
17	2015	16.80	1.40	4.59
18	2016	17.80	1.48	4.87
19	2017	54.10	4.51	14.79
120	2018	9.40	0.78	2.57

Nota. Fuente: El autor

Aplicando el método de Distribución de Gumbel

$$X = X_m + K \sigma x$$

Donde:

X = Caudal máximo, asociado al periodo de retorno (m^3/s)

X_m = Valor medio de los caudales máximos

K = Factor de frecuencia ($K = (Y - \bar{Y}_n)/\sigma_n$)

σx = Desviación estándar de los caudales máximos

La distribución de Gumbel establece la siguiente probabilidad de que X sea igualado o excedido, está dado por:

$$P = \frac{1}{T} \quad ; \quad P = 1 - e^{-e^{-Y}}$$

Donde:

P : Probabilidad de que el valor "X" sea igualado o excedido

T : Periodo de retorno

Y : Variable reducida

$$Y = -\ln\left\{-\ln\left(1 - \frac{1}{T}\right)\right\}$$

Tabla 9:

Valores de la variable reducida y desviación estándar de la variable reducida

N	20	30	40	50	100	200	Valor práctico
\bar{Y}_n	0.52	0.54	0.54	0.55	0.56	0.57	0.58
$\bar{\sigma}_n$	1.06	1.11	1.14	1.16	1.21	1.24	1.28

Nota. De acuerdo a la siguiente tabla se tomará los valores prácticos para cada periodo de retorno en relación con los valores prácticos.

Luego tenemos:

$$Y = \frac{\sigma n}{\sigma x} \left(X - \bar{X} + \sigma x \frac{\bar{Y}}{\sigma n} \right)$$

$$Y = \frac{\sigma n}{\sigma x} (X - \bar{X}) + \bar{Y}$$

Factor frecuencia:

$$K = \frac{Y - \bar{Y}n}{\sigma n}$$

A continuación, se elabora la tabla 10 para hallar la desviación estándar y el caudal medio:

Tabla 10:

Desviación estándar y valor medio de caudales

Ítem	Año	Q _{max}	$(Q_{max} - \bar{Q}_{max})$	$(Q_{max} - \bar{Q}_{max})^2$
1	1999	11.26	4.56	20.84
2	2000	5.25	-1.45	2.10
3	2001	7.43	0.74	0.54
4	2002	12.55	5.85	34.22
5	2003	5.52	-1.18	1.38
6	2004	5.63	-1.07	1.14
7	2005	4.29	-2.41	5.79
8	2006	11.29	4.59	21.09
9	2007	2.51	-4.18	17.49
10	2008	7.46	0.77	0.59
11	2009	6.23	-0.46	0.22
12	2010	10.36	3.66	13.42
13	2011	2.73	-3.96	15.71
14	2012	5.25	-1.45	2.10
15	2013	5.41	-1.28	1.65
16	2014	3.94	-2.76	7.62
17	2015	4.59	-2.10	4.43
18	2016	4.87	-1.83	3.35
19	2017	14.79	8.09	65.46
20	2018	2.57	-4.13	17.04
Σ Q_{max} =		133.94	Σσ =	236.17

Nota. Fuente: El autor

Con los datos de la tabla 10 calculamos la media y la desviación estándar.

$$\bar{x} = \overline{Q_{max}} = \frac{\sum Q_{max}}{n} = \frac{135.06}{20} = 6.70 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$\sigma = \frac{\sqrt{\sum(Q_{max} - \overline{Q_{max}})^2}}{n - 1} = \frac{\sqrt{240.14}}{20 - 1} = 12.64 \text{ m}^3/\text{s}$$

Posteriormente se realiza la tabla 11 para el cálculo de “Y” y “P”

Tabla 11:

Variable reducida y Probabilidad para un periodo de retorno

T	$Y = -\ln\left\{-\ln\left(1 - \frac{1}{T}\right)\right\}$	$P = \frac{1}{T}$
2	0.37	0.50
5	1.50	0.20
10	2.25	0.10
20	2.97	0.05
25	3.20	0.04
50	3.90	0.02
100	4.60	0.01

Nota. Fuente: El autor

Finalmente, con los valores prácticos de la tabla 9, se realiza la tabla 12, lo que permitirá hallar las avenidas extraordinarias máximas:

Tabla 12:

Caudal de avenidas extraordinarias máximas

T	Y	$Q_{max} = X + K \sigma x$ m ³ /s
2	0.37	4.62
5	1.50	15.63
10	2.25	22.92
20	2.97	29.91
25	3.20	32.12
50	3.90	38.96
100	4.60	45.74

Nota. Fuente: El autor

4.1.2. Estimar el caudal promedio para el aprovechamiento hídrico en el riego de cultivos.

Para el desarrollo de este objetivo se toma en cuenta la distribución de diferentes formas vegetales tomando en cuenta la existencia de bosque, matorrales, pajonales y zonas agrícolas, tal como se muestra en la siguiente tabla 13:

Tabla 13:

Distribución de la cobertura vegetal en el Distrito La Cuesta

ID	COBERTURA VEGETAL	PERIMETO (m)	AREA (hect.)
0	Bosque seco de montaña	5812.42	0.01
1	Bosque seco de montaña	42246.43	0.06
2	Matorral arbustivo	92009.38	0.35
3	Pajonal andino	159883.69	1.01
4	Agricultura costera y andina	1644861.17	13.56

Nota. Fuente: El autor

Tras lo cual se hallaron las características de la fuente hídrica, de acuerdo a lo que se muestra en la siguiente tabla 14:

Tabla 14:

Características de la fuente hídrica

Latitud (°)	7.5
Altitud (m.s.n.m)	1874
Velocidad del viento a 75 m de altura	7.3

Nota. Fuente: El autor

Tras la recopilación de la información geográfica de la zona se determina cuáles son los cultivos que se desarrollan dentro de la zona, los cuales se puede apreciar en la tabla 15:

Tabla 15:

Tipos de cultivos y desarrollo según áreas

CULTIVOS	AREA (ha)
Maíz amarillo duro	93.50
Paltos	48.00
Frijol Bayo	45.50
Yuca	28.50
Lenteja bocona	26.00
Mangos	12.00
Lúcumas	10.50
Lechuga	10.00
Repollo	9.00
Frijol de palo	7.50
Caña de azúcar	6.50
Garbanzo	5.00
Tara o talla	4.00
Camote	6.50
Alfalfa	1.00
TOTAL	313.5

Nota. Fuente: Comisión de junta de regantes de Simbal.

Posteriormente, se determina características esenciales de la zona como lo son el brillo solar, temperatura, velocidad del viento, humedad relativa, entre otras. Detalladas en la tabla 16:

Tabla 16:

Características hídricas relacionadas con la precipitación de la zona

MESES	ENE	FEB	MAR	ABR	MAYO	JUN	JUL	AGOS	SEPT	OCT	NOV	DIC
TEMPERATURA	18.000	18.000	18.000	17.000	15.500	14.100	7.000	13.000	15.600	16.600	16.400	17.000
BRILLO SOLAR (horas diarias promedio del mes)	12.500	12.250	12.150	12.000	11.490	11.400	11.400	11.470	11.580	12.100	12.200	12.300
BRILLO SOLAR (horas promedio/horas teóricas)	1.042	1.021	1.013	1.000	0.958	0.950	0.950	0.956	0.965	1.008	1.017	1.025
VELOCIDAD DEL VIENTO (KM/HORA)	11.250	11.250	11.250	11.250	11.250	11.250	11.250	11.250	11.250	11.250	11.250	11.250
HUMEDAD RELATIVA (%)	81	78	79	80	80	79	78	78	78	79	80	82
PRECIPITACION EFECTIVA	35.900	49.600	54.100	18.700	12.900	5.100	1.200	2.800	12.200	20.600	12.400	15.400

Nota. Fuente: Weather Spark.

Con la tabla 17 se determinaron los factores de cultivo (K_c) de los distintos tipos de cultivos desarrollados en el área.

Tabla 17:

Factores de cultivo

GRUPO DE CULTIVOS	$K_{c_{min}}$	$K_{c_{med}}$	$K_{c_{max}}$
Hortalizas pequeñas	0.70	1.05	0.95
Solanáceas	0.60	1.15	0.80
Cucurbitáceas	0.50	1.00	0.80
Raíces y tuberculos	0.50	1.10	0.95
Leguminosas	0.40	1.15	0.55
Hortalizas perennes	0.50	1.00	0.80
Cultivos oleaginosos	0.35	1.15	0.35
Cereales	0.30	1.15	0.40
Caña de azúcar	0.40	1.25	0.75
Banano	0.50	1.10	0.75
Piña	0.50	0.30	0.30

Nota. Fuente: IAGUA.

Finalmente se procede a encontrar el valor RXT (Valores medios mensuales de radiación extraterrestre) con la tabla 18, debido a que la zona se encuentra en una latitud de 7.5° se interpolan datos entre los valores de 5° y 10°.

Tabla 18:

Valores medios mensuales de radiación extraterrestre

HEMISFERIO SUR												
LATITUD	EXPRESADO COMO EVAPORACION EQUIVALENTE EN MILIMETROS POR DIA											
Cº	ENERO	FEBRERO	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOSTO	SETIEMBRE	OCTUBRE	NOVIEMBRE	DICIEMBRE
5	15.81	15.98	15.75	14.88	13.76	13.12	13.39	14.41	15.46	15.96	15.89	15.72
10	16.45	16.33	15.67	14.37	12.95	12.18	12.51	13.76	15.20	16.15	15.45	16.44
15	16.98	16.55	15.48	13.76	12.06	11.17	11.54	13.01	14.82	16.21	16.89	17.06
20	17.40	16.66	15.16	13.05	11.09	10.10	10.51	12.17	14.33	16.16	17.22	17.57
25	17.71	16.65	14.73	12.24	10.05	8.97	9.42	11.25	13.73	15.99	17.43	17.97
30	17.91	16.52	14.19	11.34	8.95	7.80	8.28	10.25	13.03	15.70	14.54	18.27
35	17.99	16.27	13.54	10.36	7.80	6.61	7.10	9.18	12.23	15.29	17.52	18.46
40	17.98	15.92	12.79	9.31	6.61	5.40	5.89	8.06	11.33	14.78	17.40	18.54
45	17.86	15.46	11.94	8.19	5.41	4.19	4.69	6.89	10.35	14.16	17.18	18.54
50	17.66	14.90	11.00	7.02	4.20	3.02	3.49	5.68	9.29	13.45	16.87	18.46
55	17.40	14.25	9.98	5.81	3.01	1.90	2.34	4.46	8.16	12.64	16.49	18.33
60	17.12	13.54	8.88	4.57	1.88	0.91	1.28	3.24	6.97	11.76	16.07	18.20

Nota. Fuente: Christiansen J. & Hargreaves G. (1983).

Obteniendo los siguientes datos especificados en la tabla 19:

Tabla 19:

Valores medios mensuales de radiación extraterrestre

Meses	ENE	FEB	MAR	ABR	MAYO	JUN	JUL	AGOST	SEPT	OCT	NOV	DIC
Rxt	16.150	16.140	15.702	14.574	13.274	12.556	12.862	14.020	15.304	16.036	15.626	16.008

Nota. Fuente: El autor.

Posteriormente se encuentra la corrección de la temperatura (C_t), humedad (C_H), velocidad del viento (C_w), brillo solar (C_s) y corrección por altitud (C_e)

$$C_t = 0.463 + 0.425 \left(\frac{T_c}{T_{c0}} \right) + 0.122 \left(\frac{T_c}{T_{c0}} \right)^2$$

$$C_H = 1.035 + 0.24 \left(\frac{H_m}{H_{m0}} \right)^2 - 0.275 \left(\frac{H_m}{H_{m0}} \right)^3$$

$$C_w = 0.672 + 0.406 \left(\frac{w}{w_0} \right) - 0.078 \left(\frac{w}{w_0} \right)^2$$

$$C_s = 0.340 + 0.856 \left(\frac{S}{S_0} \right) - 0.196 \left(\frac{S}{S_0} \right)^2$$

$$C_e = 0.970 + 0.030 \left(\frac{e}{e_0} \right)$$

Encontrando los siguientes resultados especificados en la tabla 20:

Tabla 20:

Valores de corrección

MESES	ENE	FEB	MARZ	ABRL	MAY	JUN	JUL	AGOS	SEPT	OCT	NOV	DIC
CORRECCION POR TEMPERATURA (C_t)	0.936	0.936	0.936	0.905	0.860	0.818	0.625	0.787	0.863	0.893	0.887	0.905
CORRECCION POR HUMEDAD (C_H)	0.796	0.836	0.823	0.810	0.810	0.823	0.836	0.836	0.836	0.823	0.810	0.781
CORRECCION POR VELOCIDAD DEL VIENTO (C_w)	1.134	1.134	1.134	1.134	1.134	1.134	1.134	1.134	1.134	1.134	1.134	1.134
CORRECCION POR BRILLO SOLAR (C_s)	1.151	1.113	1.109	1.104	1.084	1.080	1.080	1.083	1.087	1.108	1.111	1.115
CORRECCION POR ALTITUD(C_e)	1.154	1.154	1.154	1.154	1.154	1.154	1.154	1.154	1.154	1.154	1.154	1.154

Nota. Fuente: El autor.

Con los datos de la tabla 20 permitió encontrar los valores de evapotranspiración real (ETP) y potencial en días (E_{rd}) y meses (E_r), originando la tabla 21:

$$ETP = 0.324R_{xt}C_wC_HC_tC_S C_e$$

$$E_{rd} = \frac{\sum_n^i ETP * KC_n * A_n}{\sum_n^i A_n}$$

$$E_r = E_{rd} * \text{dias del mes}$$

Tabla 21:

Valores de evapotranspiración

MESES	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGOS	SEPT	OCT	NOV	DIC
EVAPOTRANSPIRACION POTENCIAL (mm/día) (ETP)	5.872	5.966	5.694	5.000	4.247	3.875	3.082	4.236	5.092	5.537	5.288	5.353
EVAPOTRANSPIRACION REAL (mm/día)	3.158	5.358	6.387	4.955	2.519	2.340	1.862	4.560	5.036	5.507	5.202	5.266
EVAPOTRANSPIRACION REAL (mm/mes)	97.899	150.035	197.987	148.665	78.099	70.214	57.711	141.352	151.095	170.714	156.072	163.241

Nota. Fuente: El autor.

Para encontrar la lámina de riego se hace uso de la siguiente formula:

$$LRN = E_r - PE$$

Tabla 22:

Lamina de riego neta

MESES	ENE	FEB	MARZO	ABRIL	MAYO	JUN	JUL	AGOST	SEPT	OCT	NOV	DIC
LAMINA DE RIEGO NETA	61.999	100.435	143.887	129.965	65.199	65.114	56.511	138.552	138.895	150.114	143.672	147.841

Nota. Fuente: El autor

Se identifican valores como lo es la eficiencia de riego lo que responde a la siguiente información en la tabla 23:

Tabla 23:

Eficiencia del riego

LA EFICIENCIA PARA ZURCOS (ANALISIS)	63%
LA EFICIENCIA PARA ZURCOS (REAL)	45% - 80%

Nota. Fuente: FAO

Tras lo cual se encontró la lámina de riego bruta, originando la tabla 24:

$$LRB = \frac{LRN}{\text{Eficiencia de riego}}$$

Tabla 24:

Lamina de riego bruta

Ítem	Año	Lamina de riego Bruta
1	1999	2355.69
2	2000	2354.42
3	2001	2374.57
4	2002	2356.96
5	2003	2398.38
6	2004	2398.07
7	2005	2428.23
8	2006	2358.54
9	2007	2434.10
10	2008	2376.96
11	2009	2388.07
12	2010	2369.18
13	2011	2428.23
14	2012	2363.94
15	2013	2428.86
16	2014	2401.72
17	2015	2414.57
18	2016	2428.23
19	2017	2256.80
20	2018	2474.89

Nota. Fuente: El autor.

Posteriormente se encontró el volumen de agua (m³), originando la tabla 25:

$$V = \sum_n^i \frac{LRB * 10000 * An}{1000}$$

Tabla 25:

Volumen de agua (m³)

Ítem	Año	Volumen (m3)
1	1999	6555166.48
2	2000	6555309.34
3	2001	6612366.48
4	2002	6557906.96
5	2003	6677154.57
6	2004	6676956.96
7	2005	6761864.10
8	2006	6563078.38
9	2007	6779628.38
10	2008	6616506.96
11	2009	6649790.29
12	2010	6593156.96
13	2011	6762130.77
14	2012	6582371.24
15	2013	6763209.34
16	2014	6688587.91
17	2015	6723883.15
18	2016	6761047.43
19	2017	6279999.81
20	2018	6891464.10

Nota. Fuente: El autor.

Finalmente, en la tabla 26 se halló el caudal requerido (m^3/seg)

$$Q = \frac{V}{\text{dias de mes} * h. riego * 60 * 60}$$

Tabla 26:

Caudal requerido (m^3/seg)

Ítem	Año	Q _{demanda} m ³ /s	Q _{promedio} m ³ /s
1	1999	4.99	0.42
2	2000	5.00	0.42
3	2001	5.04	0.42
4	2002	4.99	0.42
5	2003	5.09	0.42
6	2004	5.09	0.42
7	2005	5.16	0.43
8	2006	5.00	0.42
9	2007	5.17	0.43
10	2008	5.04	0.42
11	2009	5.07	0.42
12	2010	5.02	0.42
13	2011	5.16	0.43
14	2012	5.02	0.42
15	2013	5.16	0.43
16	2014	5.10	0.43
17	2015	5.13	0.43
18	2016	5.16	0.43
19	2017	4.78	0.40
20	2018	5.26	0.44

Nota. Fuente: El autor.

4.1.3. Calcular el volumen del embalse.

Para el cálculo del volumen útil se aplicó el método curvo – masa.

Con las precipitaciones de la tabla 5, se procede a calcular los caudales promedio, detallados en la tabla 27:

Tabla 27:

Caudales promedio

Item	Años	mm (mm)	I mm/h	Area km ²	C	Q m ³ /s
1	1999	10.8	0.90	21.47	0.55	2.95
2	2000	9.2	0.76	21.47	0.55	2.50
3	2001	8.8	0.73	21.47	0.55	2.41
4	2002	12.0	1.00	21.47	0.55	3.29
5	2003	7.1	0.59	21.47	0.55	1.94
6	2004	7.1	0.60	21.47	0.55	1.95
7	2005	5.3	0.44	21.47	0.55	1.45
8	2006	10.7	0.89	21.47	0.55	2.91
9	2007	4.9	0.41	21.47	0.55	1.34
10	2008	8.7	0.72	21.47	0.55	2.38
11	2009	7.8	0.65	21.47	0.55	2.13
12	2010	9.9	0.82	21.47	0.55	2.70
13	2011	4.9	0.41	21.47	0.55	1.33
14	2012	8.7	0.72	21.47	0.55	2.38
15	2013	5.6	0.47	21.47	0.55	1.53
16	2014	6.5	0.54	21.47	0.55	1.78
17	2015	6.1	0.50	21.47	0.55	1.66
18	2016	5.5	0.46	21.47	0.55	1.50
19	2017	16.6	1.38	21.47	0.55	4.53
20	2018	8.3	0.69	21.47	0.55	2.28

Nota. Fuente: El autor.

Con los caudales promedio de las tablas 26 y 27, se procede a calcular el volumen útil, detallados en la tabla 28:

Tabla 28:

Método curva - masa

AÑO	Qa m³/s	Va MMC	Qd m³/s	Vd MMC	ΔVol. MMC	Δ max MMC
1999	2.95	7.65	0.42	1.08	6.57	1.42
2000	2.50	6.49	0.42	1.08	5.41	
2001	2.41	6.23	0.42	1.09	5.15	
2002	3.29	8.51	0.42	1.08	7.44	3.50
2003	1.94	5.03	0.42	1.10	3.94	
2004	1.95	5.07	0.42	1.10	3.97	1.32
2005	1.45	3.76	0.43	1.11	2.65	
2006	2.91	7.55	0.42	1.08	6.48	4.12
2007	1.34	3.47	0.43	1.12	2.36	
2008	2.38	6.16	0.42	1.09	5.07	0.63
2009	2.13	5.53	0.42	1.10	4.44	
2010	2.70	7.00	0.42	1.08	5.92	3.58
2011	1.33	3.45	0.43	1.11	2.34	
2012	2.38	6.16	0.42	1.08	5.08	2.23
2013	1.53	3.97	0.43	1.11	2.85	
2014	1.78	4.60	0.43	1.10	3.50	0.74
2015	1.66	4.29	0.43	1.11	3.18	
2016	1.50	3.88	0.43	1.11	2.76	
2017	4.53	11.75	0.40	1.03	10.72	5.95
2018	2.28	5.90	0.44	1.14	4.77	
Volumen útil =						5.95

Nota. Fuente: El autor

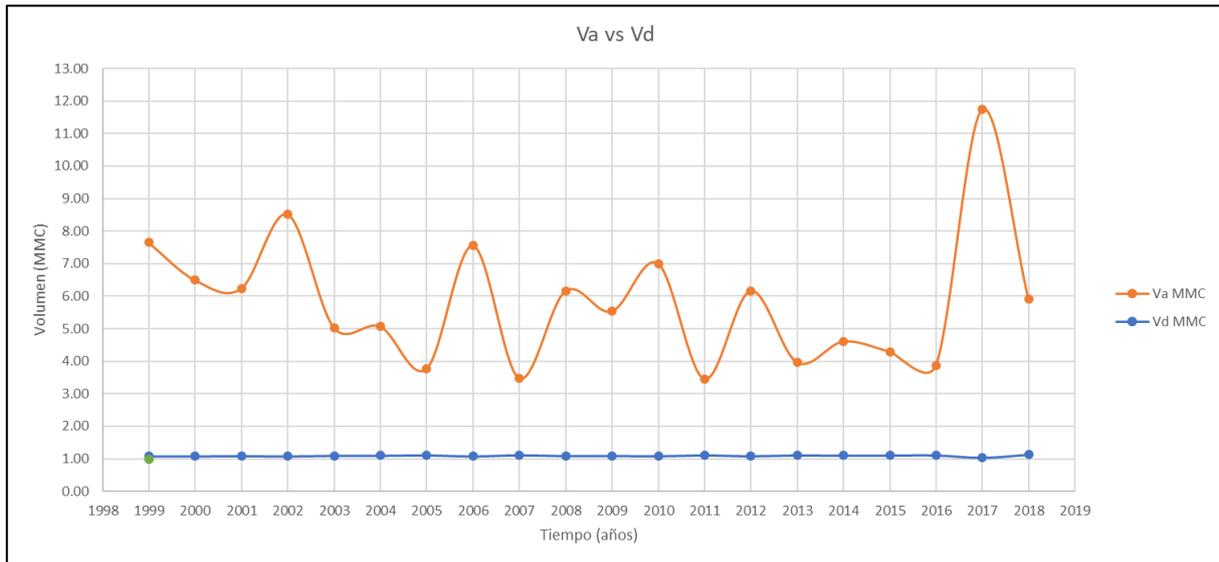
Tras lo cual se indica que el volumen útil del embalse tiene un comportamiento de 5.95 MMC. Para el desarrollo de la tabla previamente incorporada se tomaron datos históricos recopilados en el SENHAMI en referencia al caudal, el cual fue transformado en volumen por medio de la siguiente formula

$$Va = \frac{Q * 24 * 30 * 3600}{1000000}$$

Tras ello se hizo uso del caudal de demanda obtenido en la tabla, para finalmente encontrar la diferencial entre ambas tal como se muestra en el siguiente grafico

Figura 6:

Relación entre el volumen acumulado y el volumen de demanda



Nota: La siguiente grafica establece el comportamiento de los volúmenes previamente mencionados de acuerdo al método curva – masa.

Como no se cuenta con información de sedimentos el volumen muerto se puede calcular con el volumen útil, para fines prácticos se recomienda trabar entre el 8 y 12% del volumen útil.

$$VM = 0.12 * VU$$

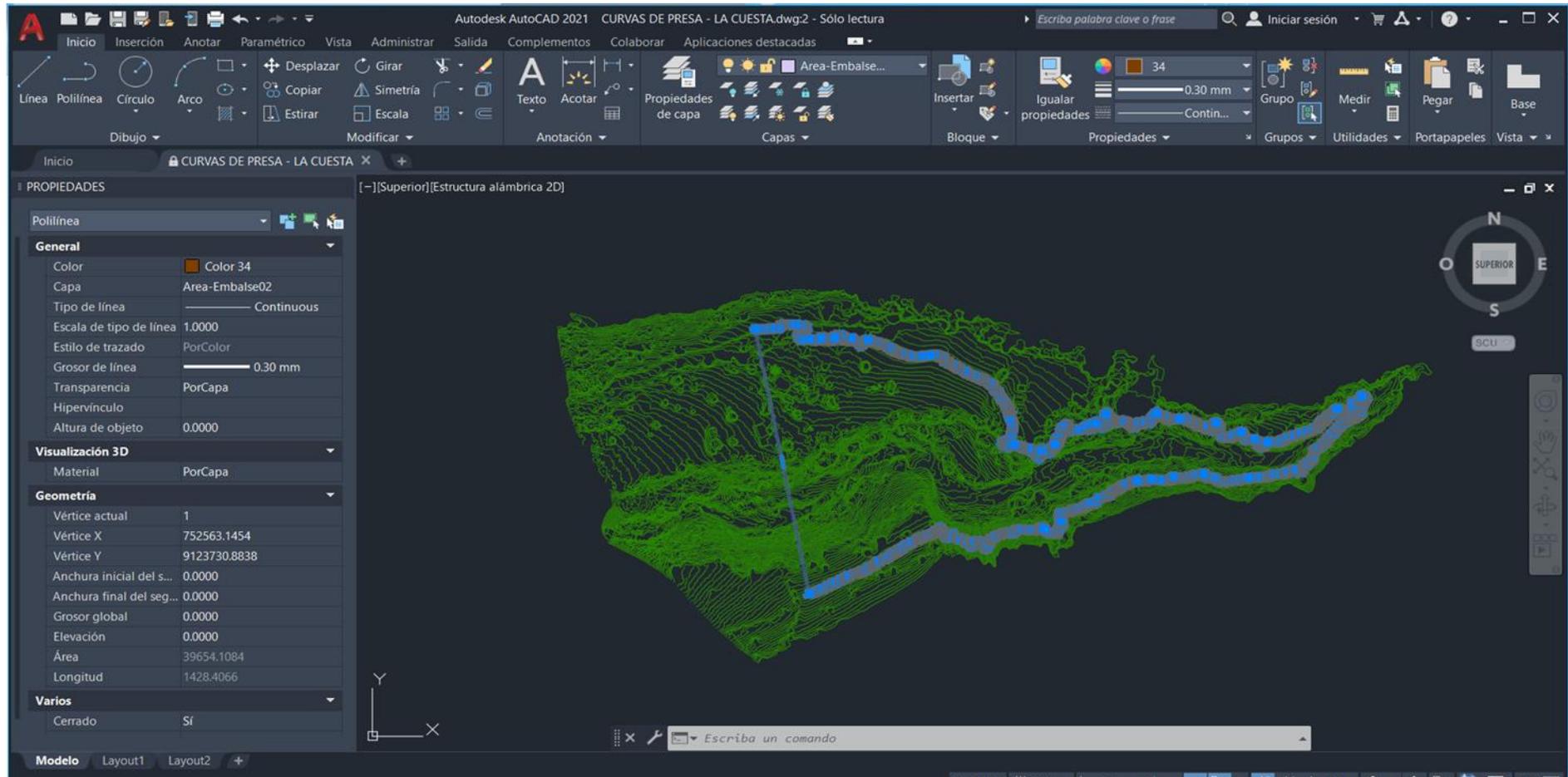
$$VM = 0.12 * 5.95$$

$$VM = 0.71 MMC$$

Con el volumen muerto y útil calculados, hallaremos sus cotas en la tabla 29, la cual fue originada con el programa argis debido a un corte en el plano topográfico como se ve en la figura 7, generando áreas, volúmenes, y alturas.

Figura 7:

Selección del área de embalse



Nota: La siguiente grafica establece en el software AutoCAD el área de embalse de acuerdo a la coordenadas respectivas y la comportamiento hídrico establecido por la herramienta Hidrology de ArcGIS.

Tabla 29:*Área, Volumen y Altura*

Cota_min msnm	Cota_max msnm	Rango_cota	Gridcode	Area m²	A. acu. m²	Volumen MMC	V. acu. MMC
1874	1875	1874-1875	1	1348.57	1348.57	0.00	0.00
1875	1876	1875-1876	2	1796.11	3144.68	0.0022	0.0022
1876	1877	1876-1877	3	2290.76	5435.44	0.0043	0.0065
1877	1878	1877-1878	4	2834.13	8269.57	0.0069	0.0134
1878	1879	1878-1879	5	5208.66	13478.23	0.0109	0.0243
1879	1880	1879-1880	6	5820.75	19298.98	0.0164	0.0407
1880	1881	1880-1881	7	6517.90	25816.88	0.0226	0.0632
1881	1882	1881-1882	8	7301.01	33117.89	0.0295	0.0927
1882	1883	1882-1883	9	8169.51	41287.40	0.0372	0.1299
1883	1884	1883-1884	10	11418.42	52705.82	0.0470	0.1769
1884	1885	1884-1885	11	12413.27	65119.09	0.0589	0.2358
1885	1886	1885-1886	12	13462.01	78581.10	0.0719	0.3076
1886	1887	1886-1887	13	14564.29	93145.39	0.0859	0.3935
1887	1888	1887-1888	14	15720.95	108866.34	0.1010	0.4945
1888	1889	1888-1889	15	18503.23	127369.57	0.1181	0.6126
1889	1890	1889-1890	16	19282.24	146651.81	0.1370	0.7496
1890	1891	1890-1891	17	20061.86	166713.67	0.1567	0.9063
1891	1892	1891-1892	18	20842.06	187555.73	0.1771	1.0835
1892	1893	1892-1893	19	21622.65	209178.38	0.1984	1.2818
1893	1894	1893-1894	20	24048.19	233226.57	0.2212	1.5030
1894	1895	1894-1895	21	24867.55	258094.12	0.2457	1.7487
1895	1896	1895-1896	22	25694.66	283788.78	0.2709	2.0196
1896	1897	1896-1897	23	26528.66	310317.44	0.2971	2.3167
1897	1898	1897-1898	24	27370.38	337687.82	0.3240	2.6407
1898	1899	1898-1899	25	29626.87	367314.69	0.3525	2.9932
1899	1900	1899-1900	26	30674.87	397989.56	0.3827	3.3758
1900	1901	1900-1901	27	31738.25	429727.81	0.4139	3.7897
1901	1902	1901-1902	28	32817.10	462544.91	0.4461	4.2358
1902	1903	1902-1903	29	33909.75	496454.66	0.4795	4.7153
1903	1904	1903-1904	30	36103.04	532557.70	0.5145	5.2298
1904	1905	1904-1905	31	37045.87	569603.57	0.5511	5.7809
1905	1906	1905-1906	32	37998.34	607601.91	0.5886	6.3695
1906	1907	1906-1907	33	38960.10	646562.01	0.6271	6.9966
1907	1908	1907-1908	34	39931.72	686493.73	0.6665	7.6631
1908	1909	1908-1909	35	41912.79	728406.52	0.7075	8.3706
1909	1910	1909-1910	36	43172.31	771578.83	0.7500	9.1206
1910	1911	1910-1911	37	44478.84	816057.67	0.7938	9.9144
1911	1912	1911-1912	38	45833.02	861890.69	0.8390	10.7534

Nota. Fuente: El auto

Con la tabla 29 se obtuvo las cotas de los volúmenes.

	Volumen (m³/s)	Cota (msnm)
V. Muerto =	0.71	1890
V. Útil =	5.95	
V.M + V.U =	6.66	1906

El volumen forzado o extraordinario se obtendrá con la altura de ola. Para el cálculo de altura de ola se utilizará dos fórmulas y se eligiera el mayor de los dos.

Formula de Diakon:

$$h_o = 0.0186V^{0.71}F^{0.24}P^{0.54}$$

Donde:

h_o = altura de ola (m)

V = velocidad del viento (m/s)

F = fetch (km), longitud maxima del embalse sobre la que sopla el viento

P = altura de presa (m)

La velocidad de viento es de 7.5 como lo detalla en la tabla 14, el fetch es de 1.18 km como se observa en la figura..., y altura de presa es la diferencia de cotas de 1906 que es la cota de VM + VU y 1874 que es la cota baja del rio dando como resultado 32m.

Reemplazamos en la formula:

$$h_o = 0.0186(7.5)^{0.71}(1.18)^{0.24}(32)^{0.54} = 0.52 \text{ m}$$

Formula de Stevenson – Molitor:

$$h_o = 0.0323\sqrt{VF} + 0.76 - 0.272^4\sqrt{F}$$

Donde:

h_o = altura de ola (m)

V = velocidad del viento (m/s)

F = fetch (km), longitud maxima del embalse sobre la que sopla el viento

P = altura de presa (m)

Reemplazando con los datos anteriores en la formula, se obtiene:

$$h_o = 0.0323\sqrt{7.5 * 1.18} + 0.76 - 0.272\sqrt[4]{1.18} = 0.57 \text{ m}$$

Al obtener los dos resultados se elige el mayor siendo 0.57m, a lo cual se sumará a la cota del NAMO con el cual se hallará el NAME.

$$\text{NAME} = \text{NAMO} + h_o = 1906 + 0.57 = 1906.57 = 1907 \text{ msnm}$$

$$\text{MAMO} = 1906 \text{ msnm}$$

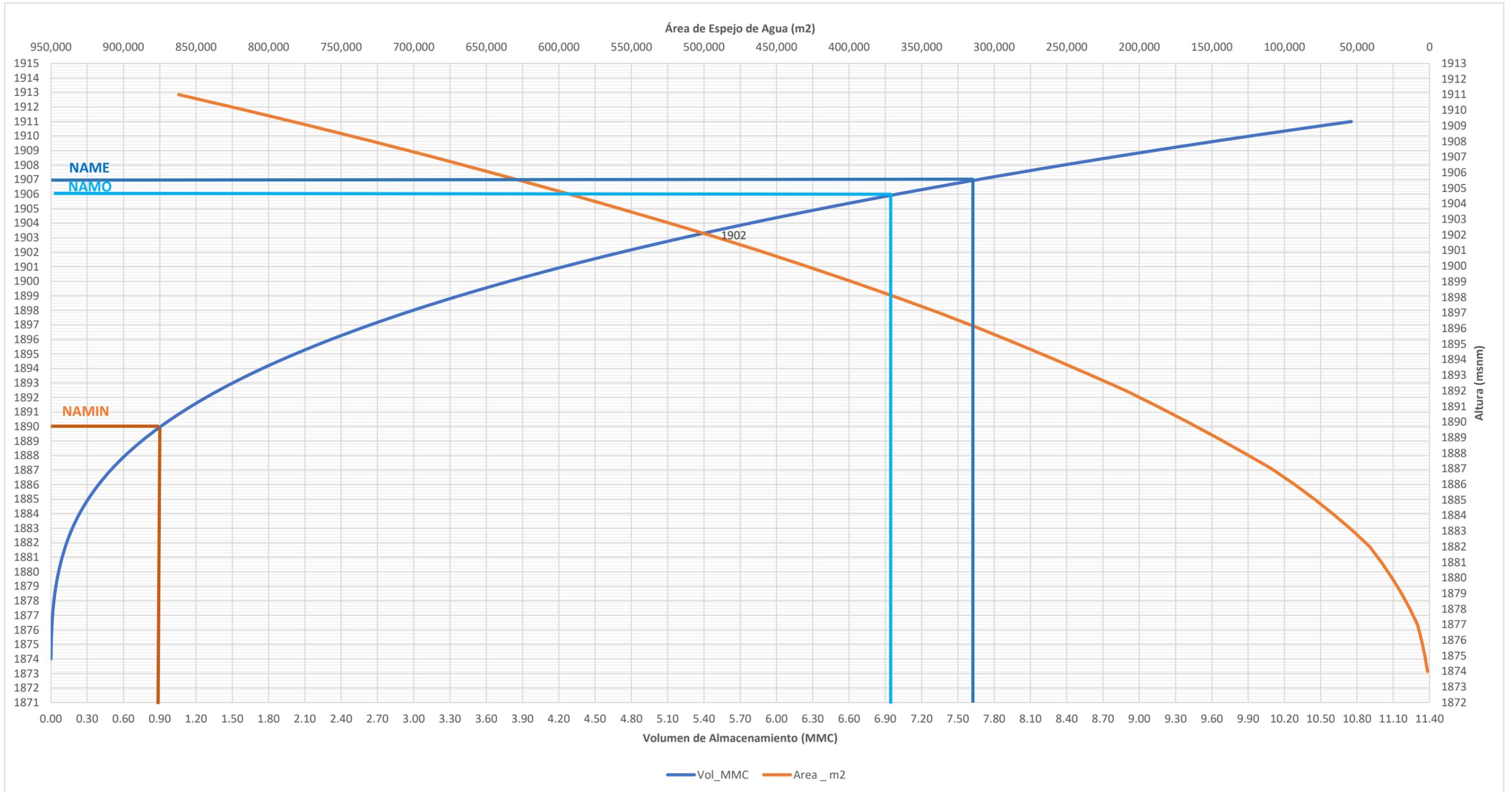
$$\text{MAN} = 1890 \text{ msnm}$$

Para lo cual se establecen los siguientes valores:

	Volumen (MMC)	Altura (m)	Cota (msnm)
Vol. Muerto =	0.91	16	1890
Vol. Útil =	6.09	32	1906
Vol. Forzado =	0.66	33	1907
Vol. Total =	7.66	33	1907

Figura 8:

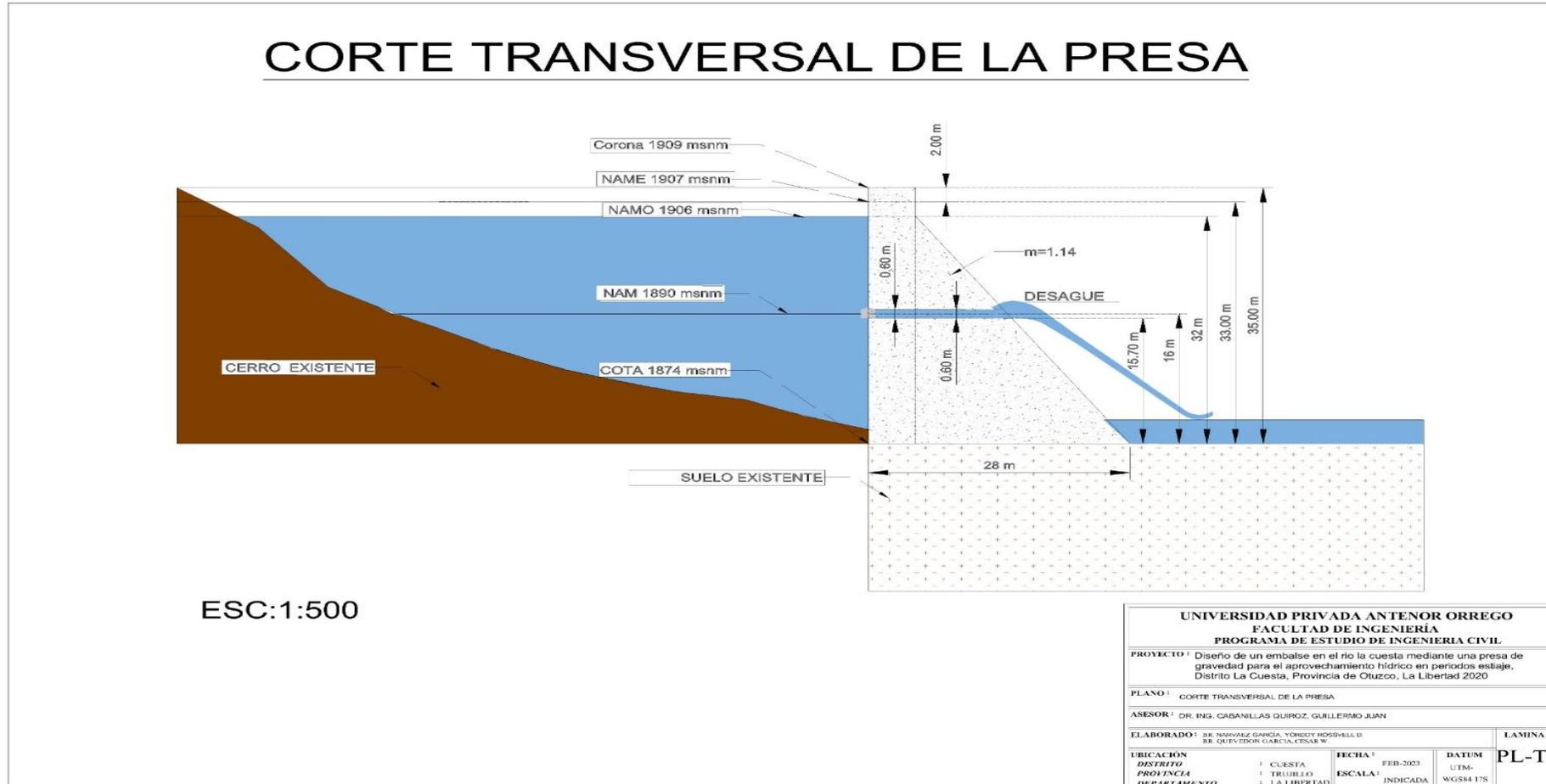
Demostración grafica de volúmenes del embalse



Nota: La siguiente grafica establece los volúmenes previamente encontrados en la tabla 29 estableciendo los límites de acuerdo a las categorías respectivas del embalse.

Figura 9:

Corte transversal de la presa

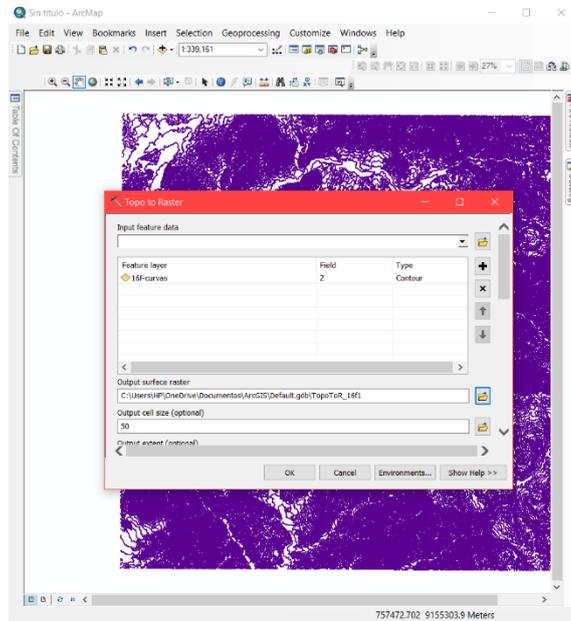


Nota: Fuente: Elaborado por el autor

4.1.4. Calcular el área del embalse.

Figura 10:

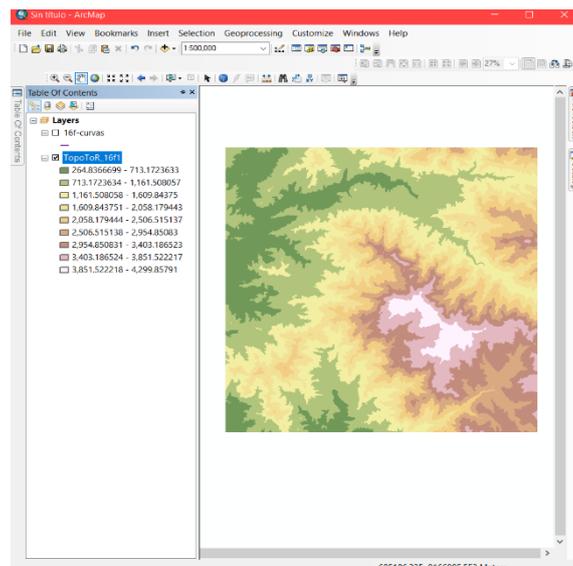
Interpolación de las curvas de nivel con la herramienta "Topo to Raster"



Nota: Fuente: Elaboración en ArcGIS 10.5

Figura 11:

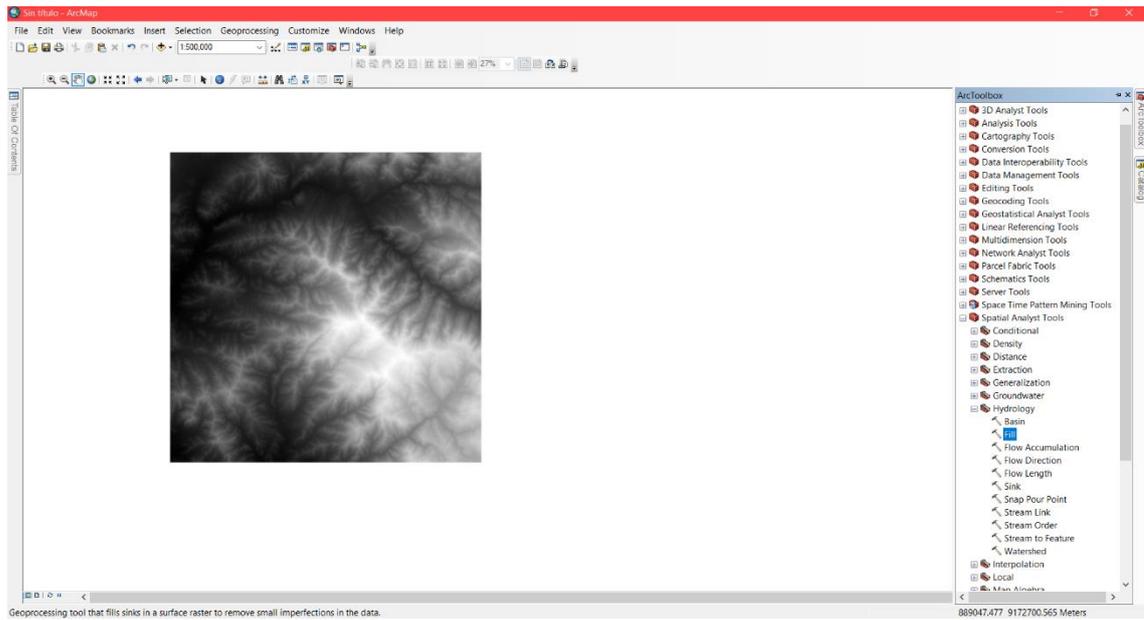
Generación de DEM



Nota: Fuente: Elaboración en ArcGIS 10.5

Figura 12:

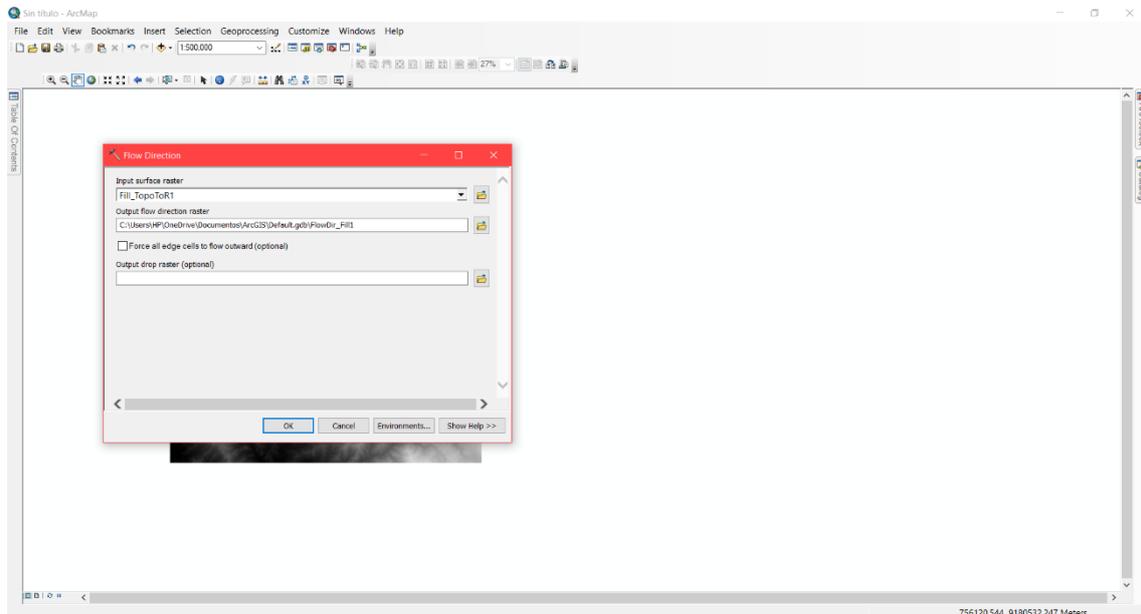
Cierre de las vertientes de la cuenca con la herramienta "Fill"



Nota: Fuente: Elaboración en ArcGIS 10.5

Figura 13:

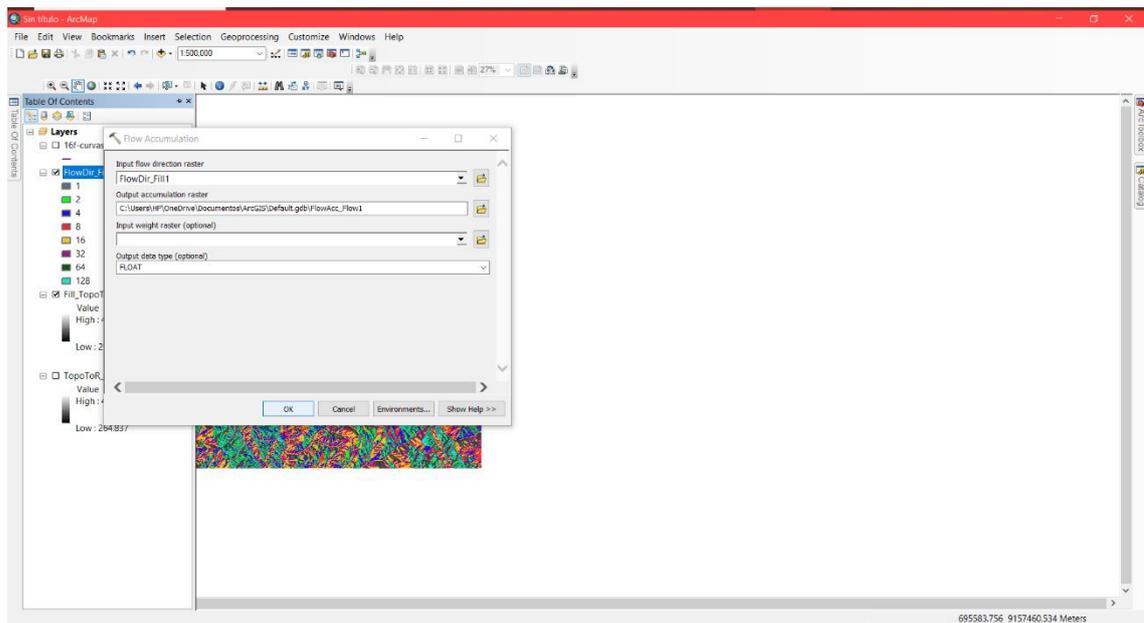
Limitación de las direcciones de las vertientes con la herramienta "Flow Direction"



Nota: Fuente: Elaboración en ArcGIS 10.5

Figura 14:

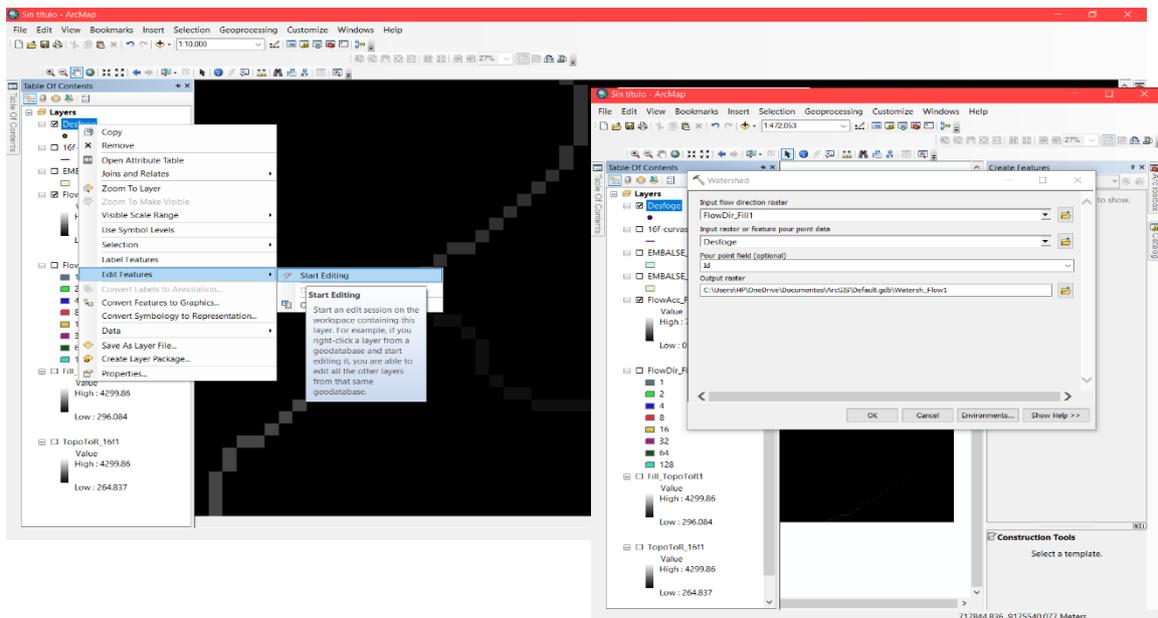
Generación de la información hídrica por medio de “Flow Accumulation”



Nota: Fuente: Elaboración en ArcGIS 10.5

Figura 15:

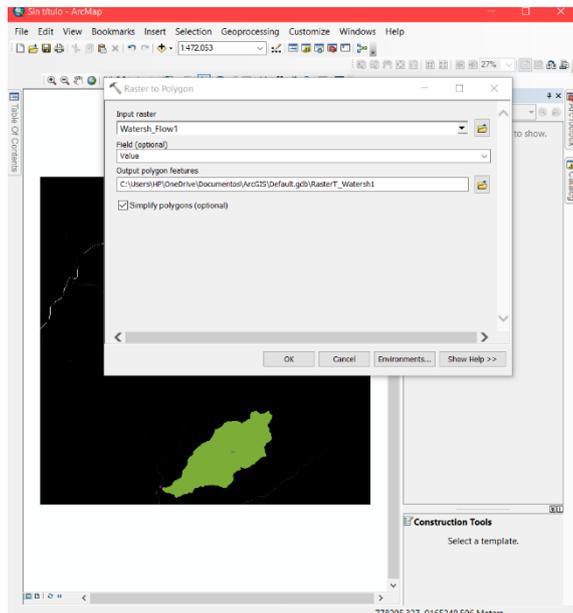
Inserción de un punto shapefile conocido como “Desfoge”



Nota: Fuente: Elaboración en ArcGIS 10.5

Figura 16:

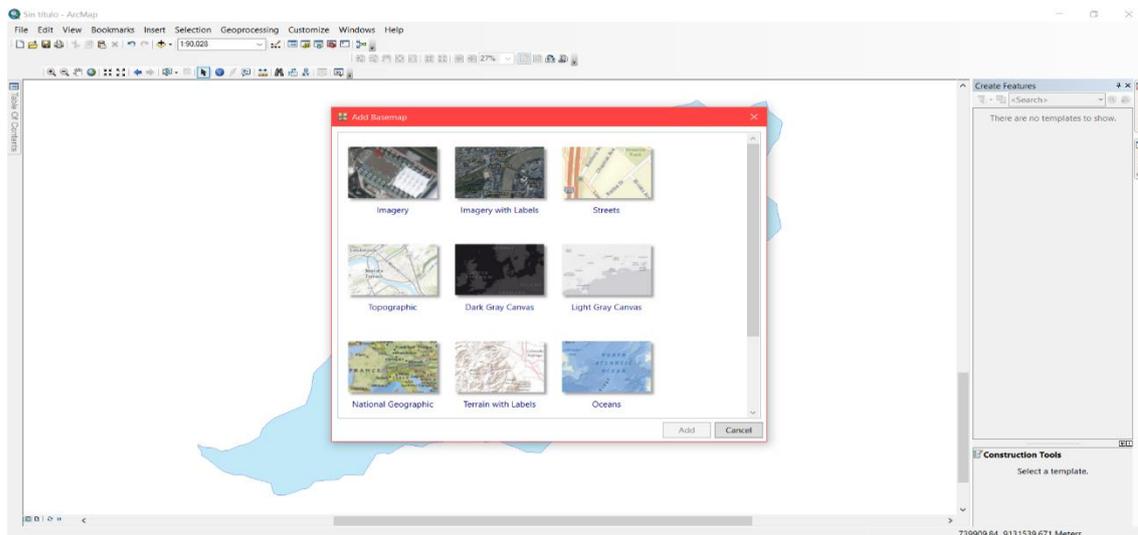
Delimitación de la cuenca hidrográfica por medio de la herramienta "Watersh"



Nota: Fuente: Elaboración en ArcGIS 10.5

Figura 17:

Ingreso de mapas sobreponiendo la región de estudio



Nota: Fuente: Elaboración en ArcGIS 10.5

Se genera la siguiente tabla 30, donde se ubicará el área del embalse teniendo en cuenta la cota del NAMO = 1907:

Tabla 30:*Estimación del área del embalse según la tabla de atributos*

Cota_min	Cota_max	Rango_cota	Area_m ²
1874	1875	1874-1875	1348.57
1875	1876	1875-1876	3144.68
1876	1877	1876-1877	5435.44
1877	1878	1877-1878	8269.57
1878	1879	1878-1879	13478.23
1879	1880	1879-1880	19298.98
1880	1881	1880-1881	25816.88
1881	1882	1881-1882	33117.89
1882	1883	1882-1883	41287.40
1883	1884	1883-1884	52705.82
1884	1885	1884-1885	65119.09
1885	1886	1885-1886	78581.10
1886	1887	1886-1887	93145.39
1887	1888	1887-1888	108866.34
1888	1889	1888-1889	127369.57
1889	1890	1889-1890	146651.81
1890	1891	1890-1891	166713.67
1891	1892	1891-1892	187555.73
1892	1893	1892-1893	209178.38
1893	1894	1893-1894	233226.57
1894	1895	1894-1895	258094.12
1895	1896	1895-1896	283788.78
1896	1897	1896-1897	310317.44
1897	1898	1897-1898	337687.82
1898	1899	1898-1899	367314.69
1899	1900	1899-1900	397989.56
1900	1901	1900-1901	429727.81
1901	1902	1901-1902	462544.91
1902	1903	1902-1903	496454.66
1903	1904	1903-1904	532557.70
1904	1905	1904-1905	569603.57
1905	1906	1905-1906	607601.91
1906	1907	1906-1907	646562.01
1907	1908	1907-1908	686493.73
1908	1909	1908-1909	728406.52
1909	1910	1909-1910	771578.83
1910	1911	1910-1911	816057.67
1911	1912	1911-1912	861890.69

Nota. Fuente: ArcGIS 10.5

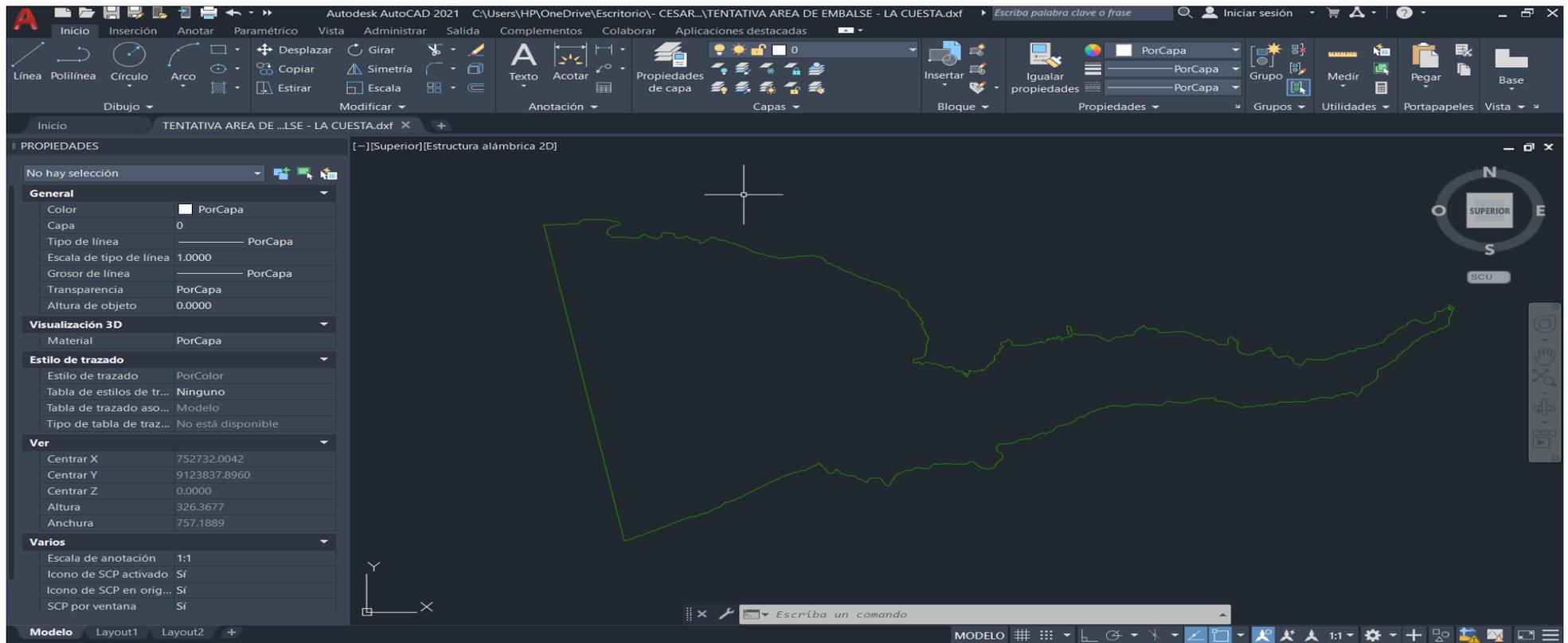
El área del embalse será de 6.46 km²

4.1.5. Estimar la cota máxima de agua en el embalse.

De la figura 18 se corta y traspasa el área del embalse a otra hoja.

Figura 18:

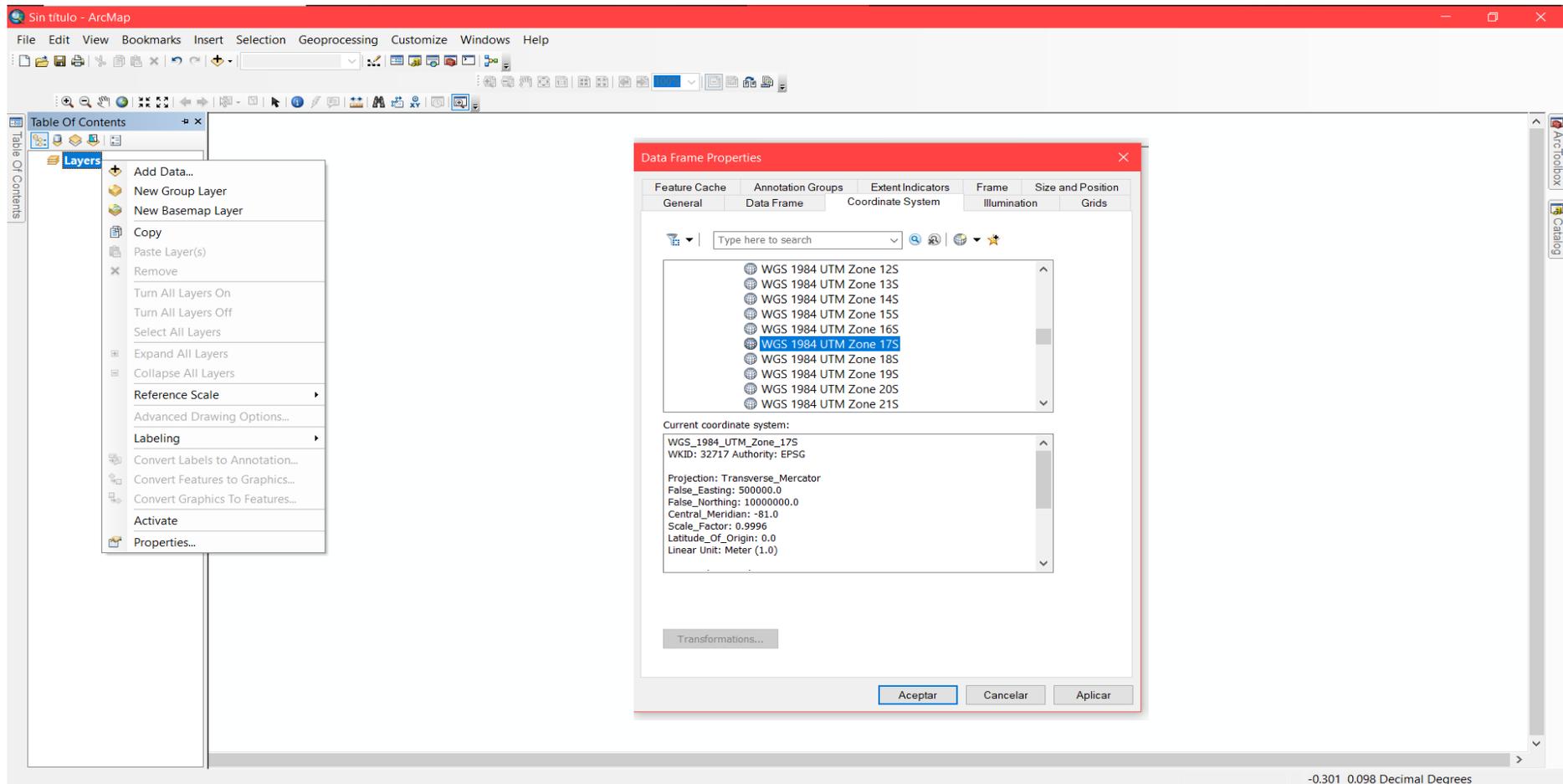
Traspaso de la información del embalse a un dibujo nuevo



Nota: Fuente: Elaboración en AutoCAD

Figura 19:

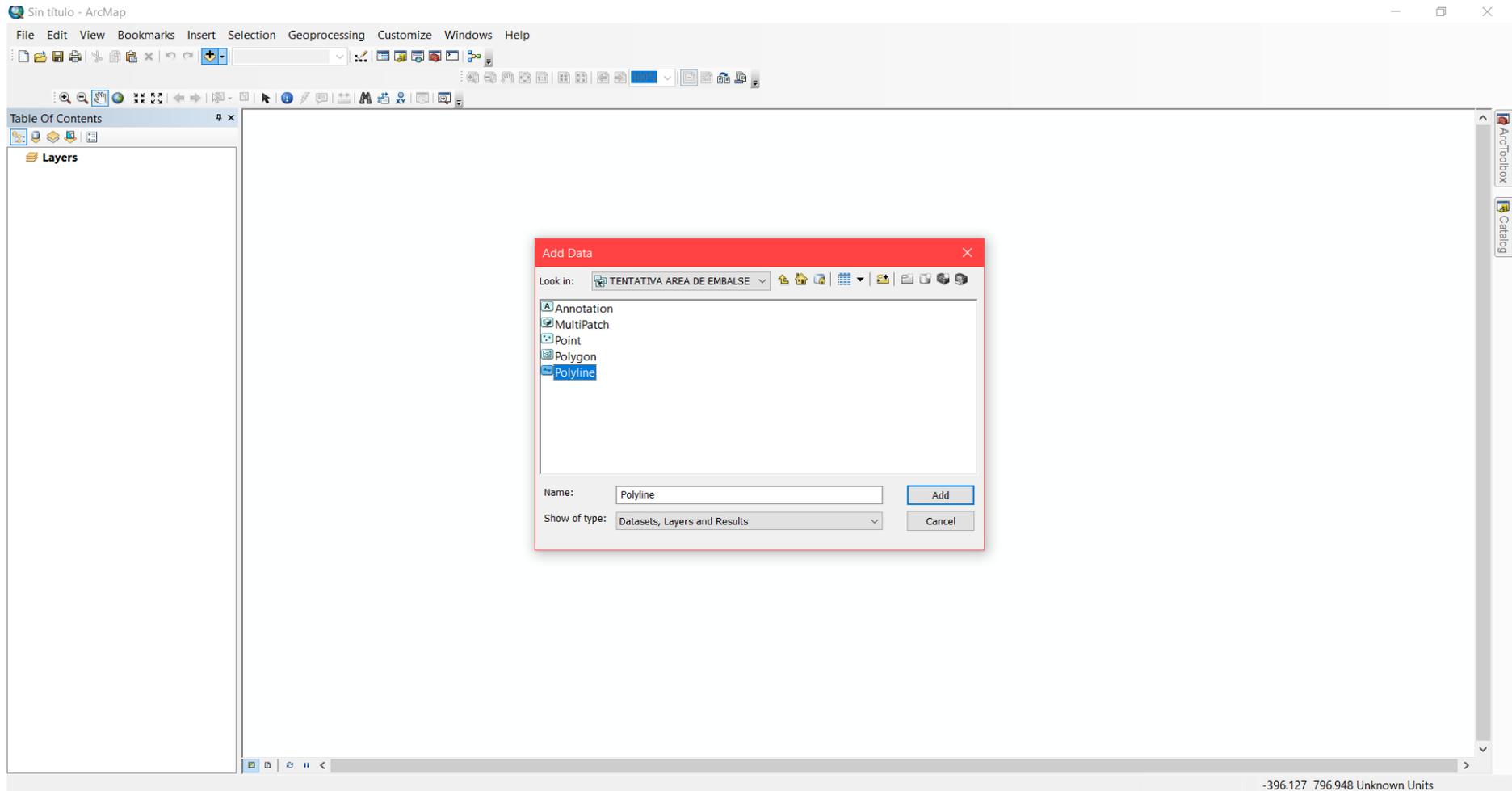
Ingreso de información geográfica en el área WGS 1874 UTM Zone 17S



Nota: Fuente: Elaboración en ArcGIS 10.5

Figura 20:

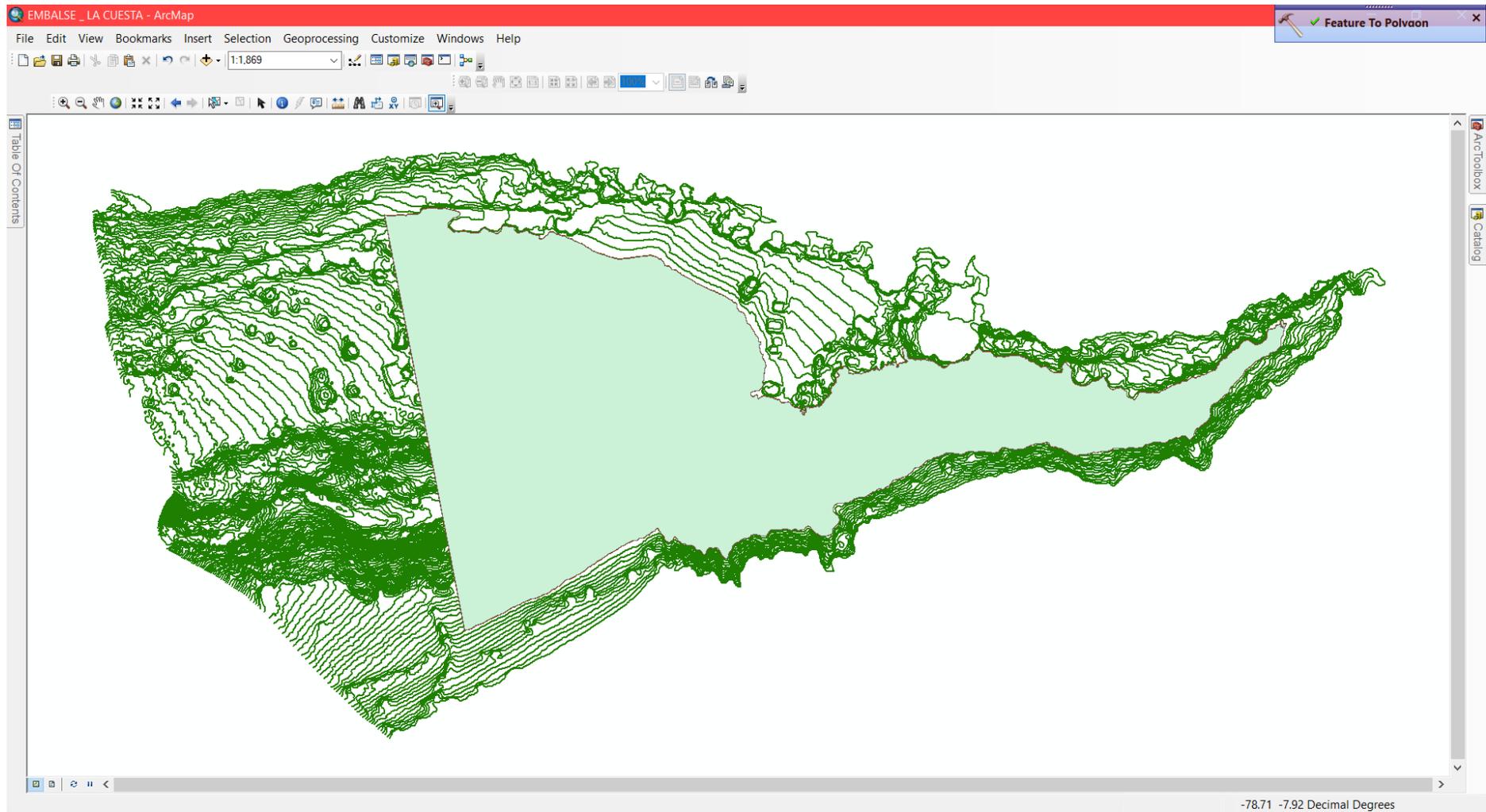
Añadir data del área del embalse



Nota: Fuente: Elaboración en ArcGIS 10.5

Figura 21:

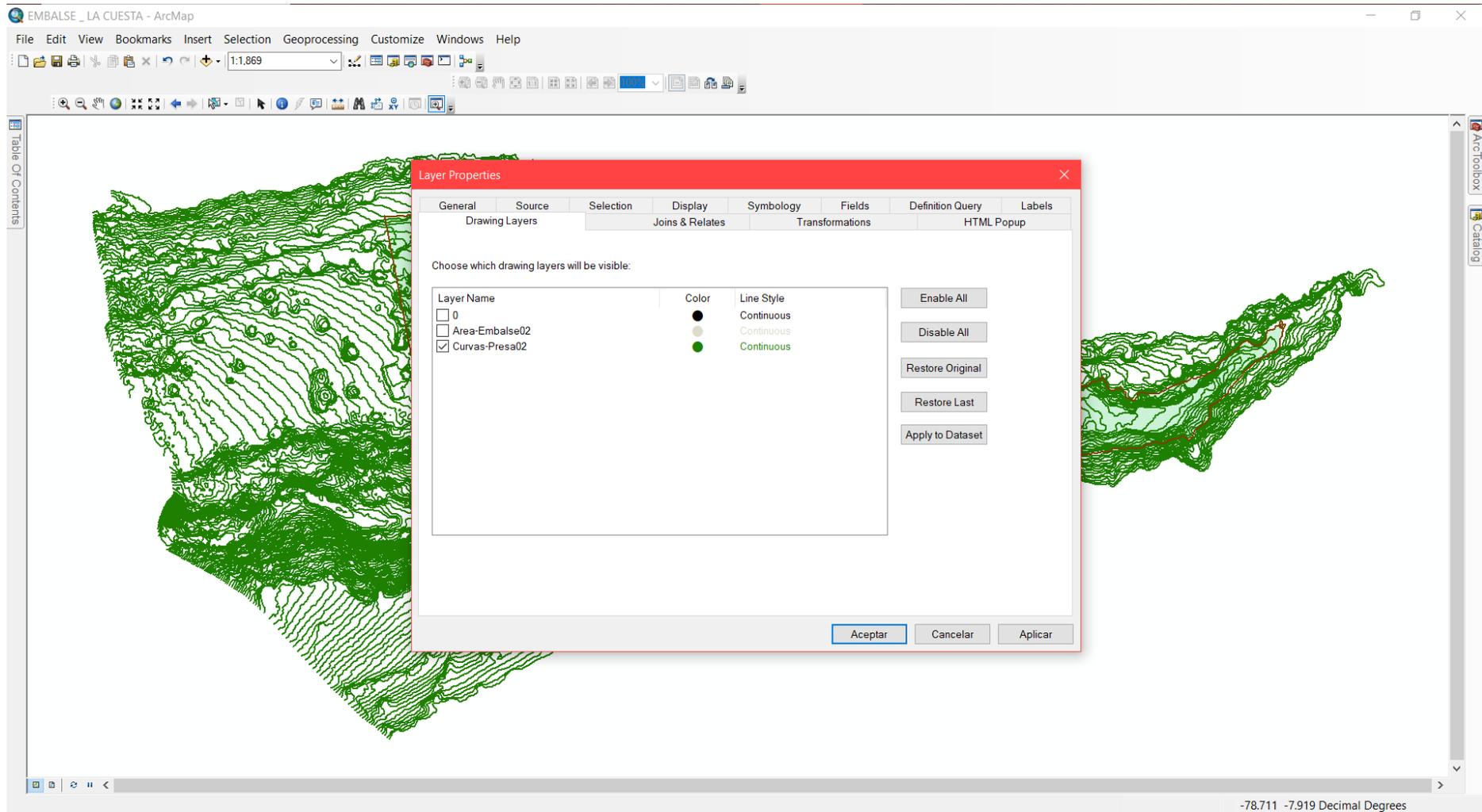
Transformación del área de embalse a un polígono con la herramienta “Feature to Polygon”



Nota: Fuente: Elaboración en ArcGIS 10.5

Figura 22:

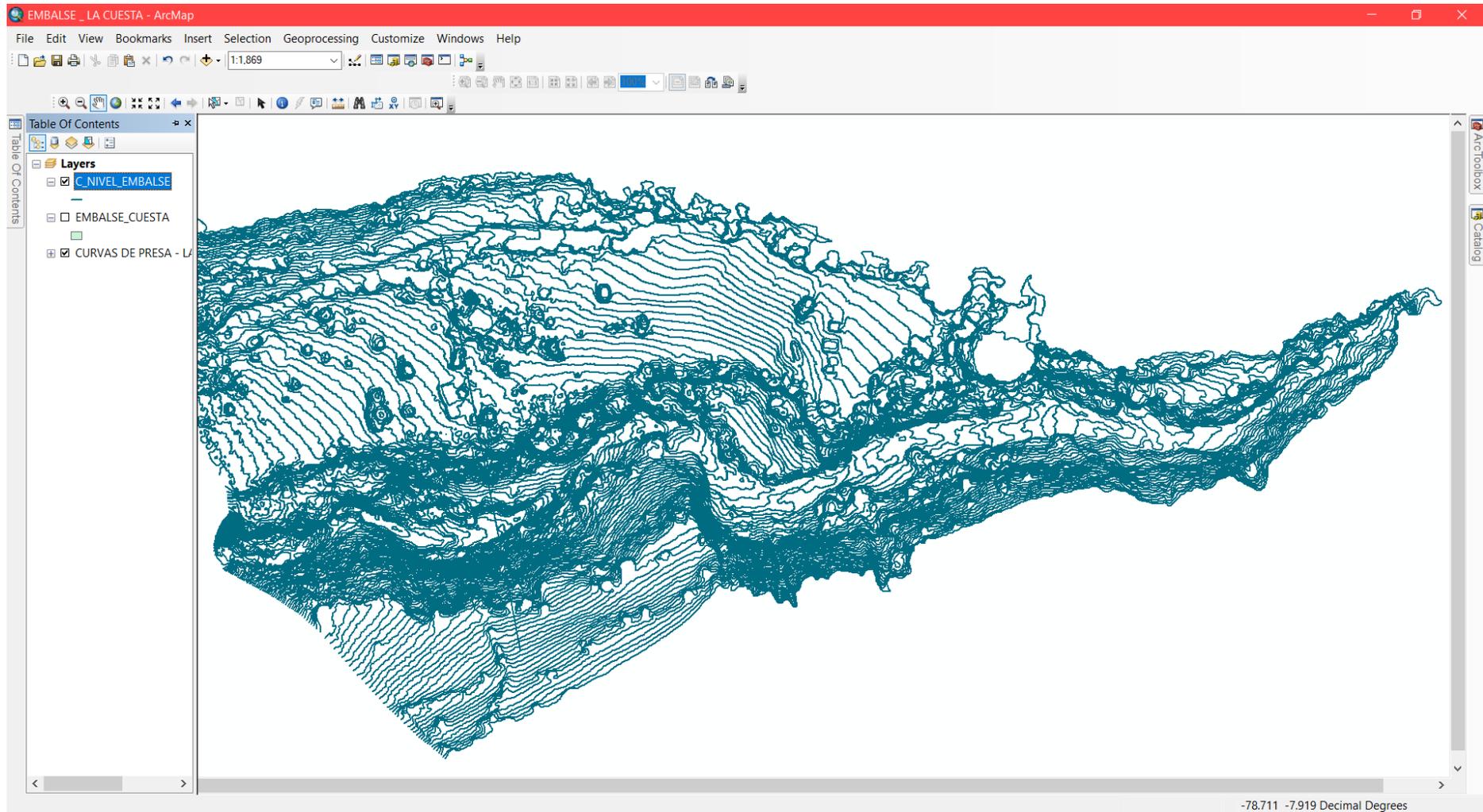
Selección de las curvas del nivel



Nota: Fuente: Elaboración en ArcGIS 10.5

Figura 23:

Transformación de las curvas de nivel por medio de la herramienta “Export data”



Nota: Fuente: Elaboración en ArcGIS 10.5

El nivel de la cota máxima se obtiene de la tabla 30, donde ya teniendo los niveles de agua calculadas en el punto 4.1.3. Se llega a la conclusión de que la cota máxima será la del NAME por estar ubicado el volumen extraordinario en ese punto. Siendo así la cota 1907 msnm la máxima alcanzada en el embalse.

4.1.6. Calcular la altura del vertedero.

Para la altura del vertedero se hará uso de la altura de ola y la trepada de ola:

La trepada de ola fue calculada en el punto 4.1.3 dando como resultado lo siguiente:

$$h_o = 0.57m$$

A continuación, se procede al cálculo de la trepada de ola:

Altura total de la trepada de ola sobre superficie vertical : $0.13 \cdot h_o$

$$T_o = 0.13 (0.57) = 0.74m$$

Por lo tanto, la altura del vertedero no es más que altura de ola más trepada de ola

$$H_v = h_o + T_o = 0.57 + 0.74 = 1.31m \approx 1.40m$$

Así mismo calcularemos la longitud del aliviadero con la siguiente formula

$$Q = \frac{2}{3} \sqrt{2g} * Cd * L * H^{\frac{2}{3}}$$

Donde:

- Q = caudal de salida
- C = coeficiente de descarga del vertedero
- L = longitud efectiva de la cresta del vertedero
- H = altura de la carga de agua sobre el vertedero

El Qi será igual al Qs, lo cual es el caudal máximo de la tabla 8 = 14.79 m³/s

C = 0.75 (valor practico)

H = ho = 0.57m

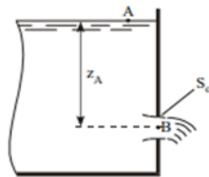
Despejando L:

$$L = \frac{Q}{\frac{2}{3} \sqrt{2g} C H^{3/2}}$$

$$L = \frac{14.79}{\frac{2}{3}\sqrt{2(9.81)} * 0.75 * 0.57^{3/2}} \approx 16m$$

También hallaremos el desaguadero de operación con la siguiente formula

$$Q = C_b S_0 \sqrt{2gZ_A}$$



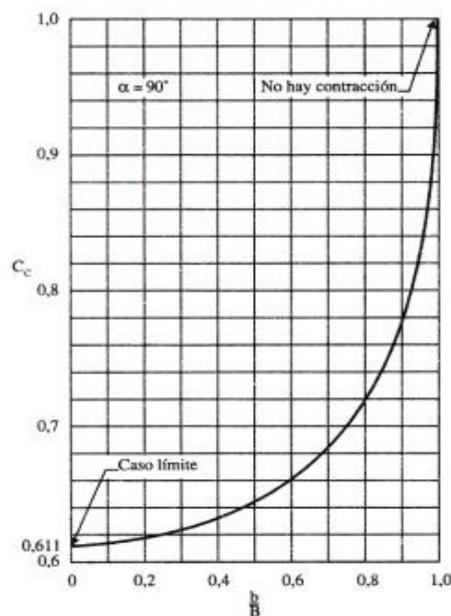
Donde:

- Q = caudal
- C_b = Coeficiente de desague
- g = gravedad
- Z_A = Altura de punto A a B

Para lo cual se asume:

$$S_0 = \frac{Q}{C_b \sqrt{2gZ_A}}$$

Lo que toma la altura desde Nivel de Agua Mínimas de operación (*NAMINO*) y Nivel de aguas máximas ordinarias (*NAMO*)



Q =	14.79	m ³ /s
Cb =	1	orificio rectangular
g =	9.81	m/s ²
Z _A =	16	m
b/B =	1	

S ₀ =	0.21	m ²
D =	0.52	
D =	0.60	m

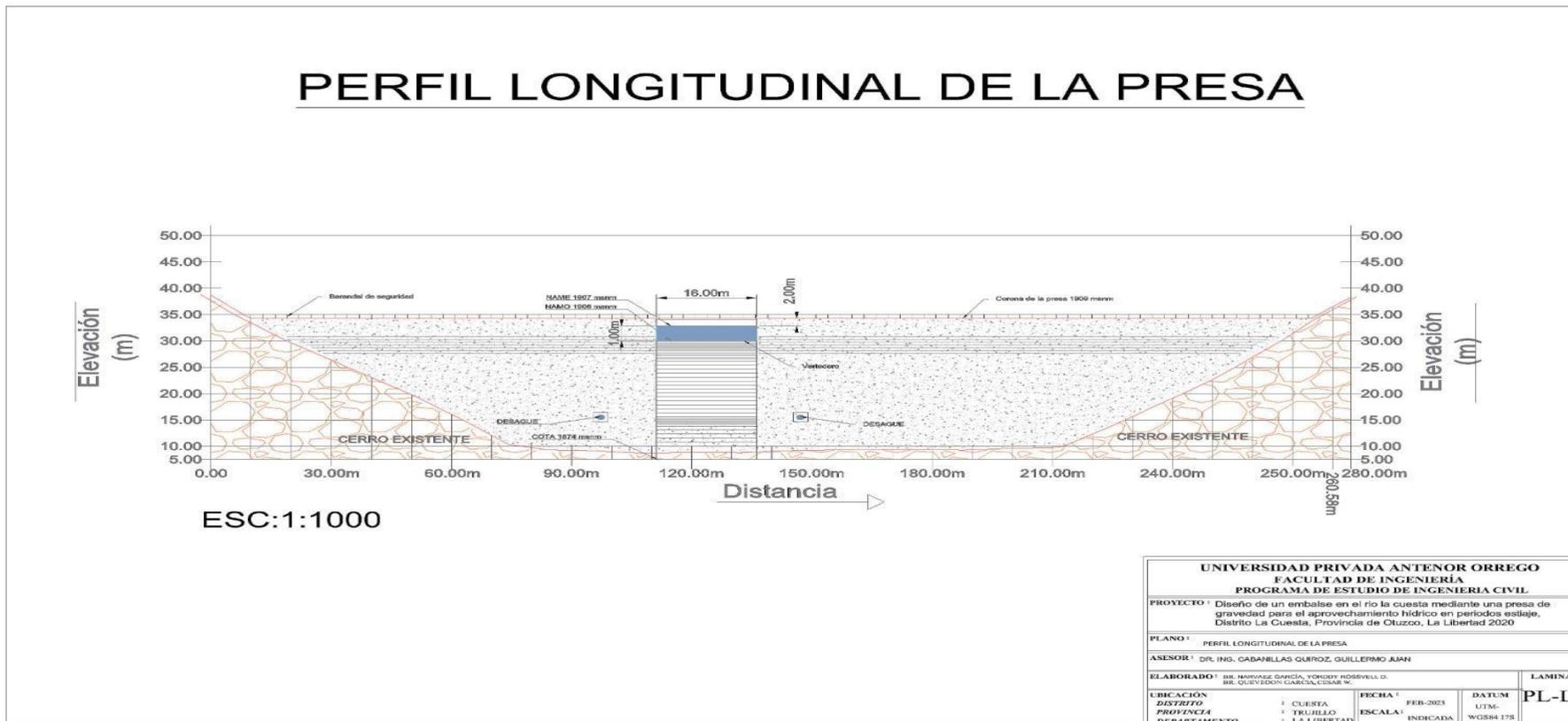
El diámetro calculado es de 0.60m lo cual se debe tener 2 desagües como mínimo en la presa, para la expulsión de agua o vaciado de la misma.

Para fines de nuestro proyecto se debe tener una galería para la supervisión de la filtración de agua y el manejo de válvulas de los desagües, con dimensiones mínimas de 1.80m por 0.80m.

4.1.7. Calcular la longitud de la corona de la presa.

Figura 24:

Perfil longitudinal de la presa



Nota: Fuente: Elaboración en AutoCAD a criterio del autor.

4.1.8. Calcular la altura de la presa.

La altura de presa se calculará teniendo en cuenta las alturas del NAME, altura del vertedero, y borde libre.

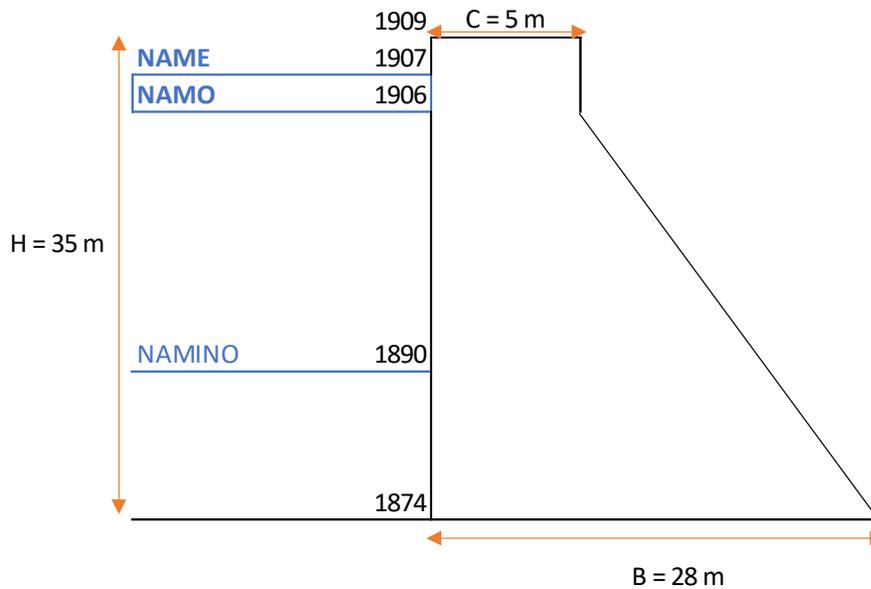
Hv	1.40
Altura de NAMO	32.00
Borde Libre	1.00
Altura total de presa (H)	35 m

Posteriormente se calcula la cresta y base de la presa. Con las fórmulas siguientes:

$$C = 1.6H^{0.315}$$

$$C = 5 \text{ m}$$

$$B: (0.7-0.8) H = 32 \text{ m}$$



Por último, el cálculo de la relación de esbeltez, mediante la siguiente fórmula:

$$\beta = \frac{B}{H}$$

Donde:

B : ancho de presa

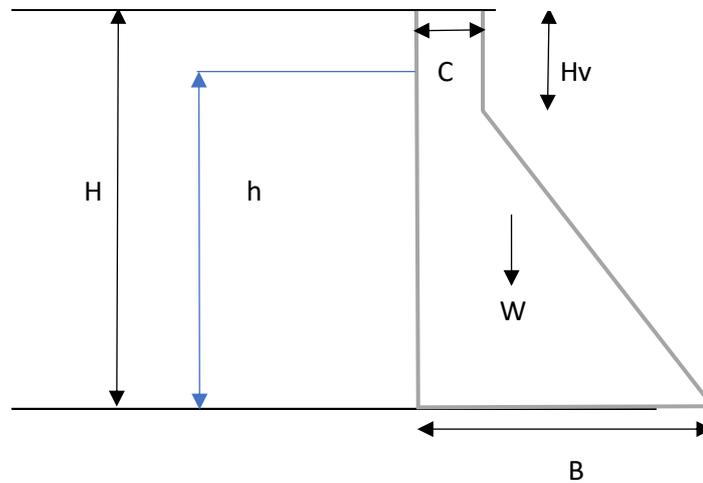
H : altura de presa

Para presas de gravedad: $0.6 \leq \beta \leq 1.0$

$$\beta = \frac{23}{35} = 0.66 \text{ (cumple con la condición)}$$

4.2. Análisis de estabilidad de la presa:

a) Carga muerta



$$W = A * \gamma$$

Donde:

- W = Peso de concreto por metro lineal de presa (Ton/m)
- A= Área de la sección de la presa (m²)
- Y= peso unitario del concreto (2.4 Ton/m³)

$$W = W_1 + W_2$$

$$W = W_1 + W_2$$

$$W_1 = A_1 * \gamma$$

$$A_1 = H * C$$

$$A_1 = 175.00$$

$$\gamma = 2.4$$

$$W_1 = 420.00$$

$$d_1 = 11.50$$

$$W_2 = A_2 * \gamma$$

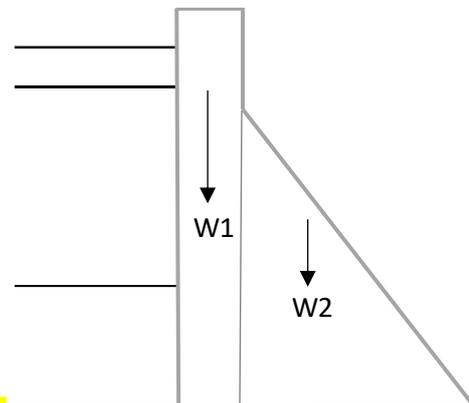
$$A_2 = ((H - H_v) * (B - C)) / 2$$

$$A_2 = 374.90$$

$$\gamma = 2.4$$

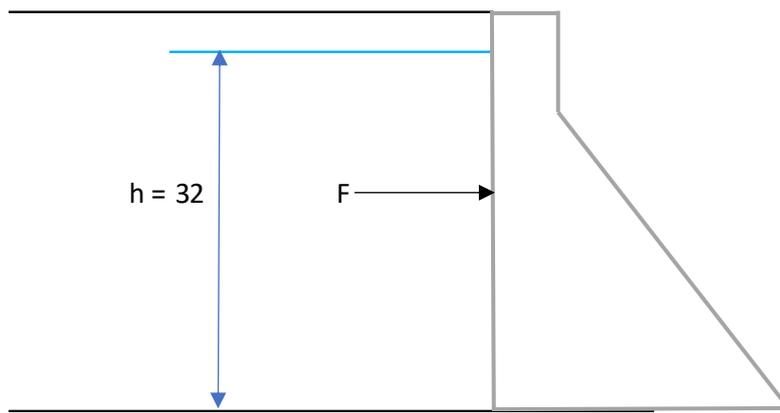
$$W_2 = 899.76$$

$$d_2 = 1.66$$



$$W = 1319.76 \text{ ton/m}$$

b) Fuerza debido a la presión del agua



$$F_{agua} = \frac{1}{2} \gamma h^2$$

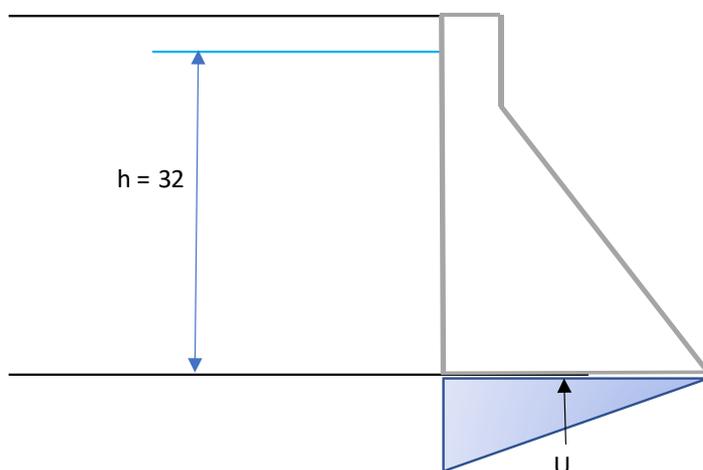
Donde:

- h= altura del nivel de agua o profundidad de agua (m)
- γ = peso específico del agua (1.0 Ton/m³)

h= 32.00 m
 γ = 1 m³/h

F_{agua} = 512.00 ton/m
d = 10.67 m

c) Sub – presión:



$$U = \frac{1}{2} h B \gamma$$

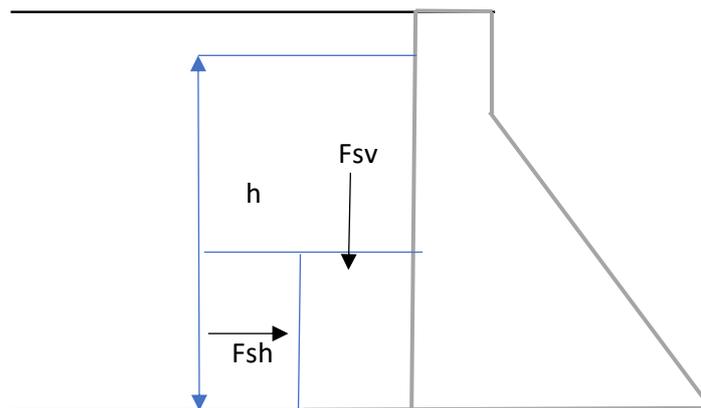
Donde:

- h= altura del nivel de agua o profundidad de agua (m)
- γ = peso específico del agua (1.0 Ton/m³)
- B= base de la presa

B=	28	m
h=	32	m
γ =	1	ton/m ³

U =	448.00	ton/m
d =	9.33	m

d) Presión de sedimentos



$$F_{sed} = \frac{\tau h^2}{2} \left(\frac{1 - \text{sen}\phi}{1 + \text{sen}\phi} \right) = \frac{\tau h^2}{2} \tan^2 \left(45^\circ - \frac{\phi}{2} \right)$$

Donde:

- τ = peso unitario sumergido de los sedimentos

Para cálculos preliminares, la acción horizontal del agua y los sólidos puede considerarse equivalente a la producida por un fluido con peso específico de 1400 kg/m³. Así mismo, la componente vertical de la fuerza debida al efecto combinado del

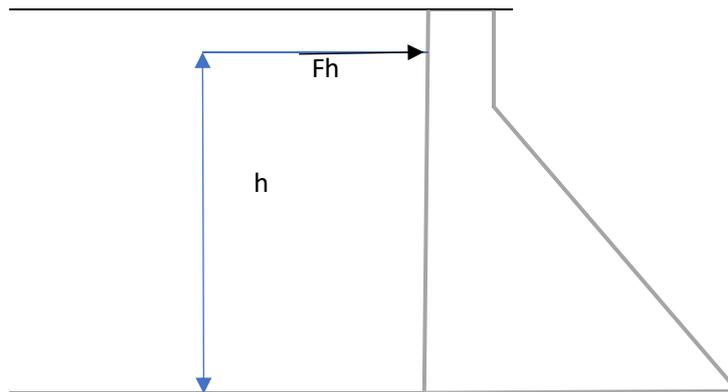
agua y sedimentos puede determinarse considerando el peso de una masa de lodo con peso específico de 1920 kg/m^3 , porque el fango se compacta.

- h = altura de la capa de sedimentos
- ϕ = ángulo de fricción interna

$\tau_v =$	1.92	ton/m^2
$\tau_h =$	1.4	ton/m^2
$h =$	16	m
$\phi =$	0	-

$F_{sv} =$	245.76	ton/m
$F_{sh} =$	176.07	ton/m
$d_h =$	5.33	m
$d_v =$	14.00	m

e) Presión de hielo:

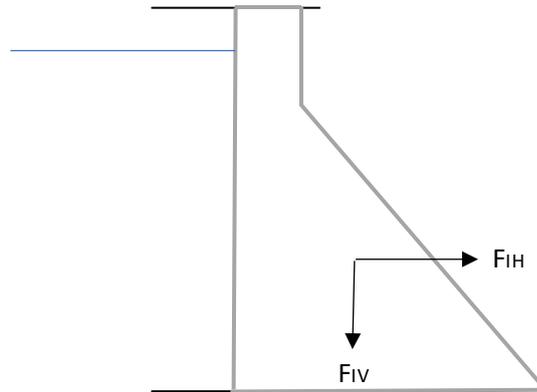


Estudios recientes efectuados en los E.U.A señalan como valores probables máximos de la presión del hielo entre 7500 kg y 30000 kg por metro lineal de presa.

Cálculos estimados pueden efectuarse tomando un valor intermedio de 15000 kg/m , para un espesor de la capa de hielo de 60 cm o más. La fuerza es pequeña, pero como se encuentra en la parte superior origina un momento significativo.

$F_h =$	15	ton/m
$d =$	33	m

f) Fuerzas sísmicas:



$$F_s = m * a$$

La aceleración de sismo usualmente considera lo siguiente

Para sismo horizontal: $a_{sh} = 0.1g$

Para sismo vertical: $a_{sv} = 0.0g$

Las fuerzas de inercia debido a sismo actuante en el centro de la presa, se determina mediante las relaciones:

$$F_{IH} = m * a_{SH} = m(0.1g) = 0.1W$$

$$F_{IV} = m * a_{SV} = m(0.05g) = 0.05W$$

Fuerza vertical

W=	1319.00
F _{SV} =	245.76
U=	448.00
ΣF_V=	1117.52

Fuerza horizontal

F _{agua} =	512.00
F _{sh} =	176.07
F _h =	15.00
ΣF_h=	703.07

F _{IV} =	55.88	ton/m
d =	9	m

F _{IH} =	70.31	ton/m
d =	11.67	m

g) Empuje hidrodinámico del agua

$$P_E = C_E \phi_n \gamma_w H$$

Donde:

PE : presión originada por empuje hidrodinámico

ϕ_n : intensidad del sismo horizontal ($\phi_h = a_{SH}/g$). Usualmente se considera $\phi_n = 0.1$

γ_w : peso específico del agua

H : profundidad total del agua en el embalse

CE : coeficiente de empuje hidrodinámico, es función de la relación Y/H y de Θ , donde : $CE = f(Y/H, \Theta)$

Y : profundidad del punto considerado respecto de la superficie libre (superficie Y=0; fondo Y=H)

Θ : ángulo de inclinación de la cara anterior de la presa

El coeficiente de empuje hidrodinámico puede ser determinado mediante las aproximaciones de Zangar (1953) y Westergard.

Método de Zangar:

$$C_E = \frac{C_m}{2} \left[\frac{y}{H} \left(2 - \frac{y}{H} \right) + \sqrt{\frac{y}{H} \left(2 - \frac{y}{H} \right)} \right]$$

Donde:

Cm : coeficiente que toma en cuenta la influencia de la inclinación de la cara anterior de la presa en el coeficiente de sobrepresión sísmica. Coincide además con el máximo valor de CE para una inclinación de Θ de la cara anterior de la presa.

De acuerdo a Zangar:

$$C_m = g(\theta) = 0.0193(90^\circ - \theta)^{0.808}$$

Tabla 31:*Valores de C_m en función del ángulo Θ*

Angulo de inclinación de cara anterior Θ (grados)	Coficiente $C_m = g(\Theta)$
0	0.7321
10	0.6657
15	0.6318
20	0.5976
30	0.5276
45	0.4182

Nota. Fuente: Zangar; 1953

Para efectos de cálculo, tabularemos intervalos de 2m de altura

H=	32 m	$\phi_n =$	0.1
$C_m (\Theta=0)$	0.7321	$\gamma_\omega =$	1
=			

Tabla 32:*Empuje hidrodinámico*

Y	Y/H	CE	PE	Δfi	Di	M
2	0.063	0.172	0.549	1.391	31	43.125
4	0.125	0.263	0.842	1.923	29	55.756
6	0.188	0.338	1.081	2.368	27	63.943
8	0.250	0.402	1.287	2.756	25	68.892
10	0.313	0.459	1.468	3.097	23	71.222
12	0.375	0.509	1.628	3.398	21	71.348
14	0.438	0.553	1.769	3.662	19	69.583
16	0.500	0.592	1.893	3.894	17	66.190
18	0.563	0.625	2.001	4.093	15	61.397
20	0.625	0.654	2.093	4.262	13	55.410
22	0.688	0.678	2.170	4.402	11	48.423
24	0.750	0.698	2.232	4.513	9	40.619
26	0.813	0.713	2.281	4.596	7	32.173
28	0.875	0.724	2.315	4.651	5	23.256
30	0.938	0.730	2.336	4.679	3	14.036
32	1.000	0.732	2.343	2.343	1	2.343
				56.027		787.718
	PE=	2.34	ton/m		d =	14.06 m

Nota. Fuente: El autor

Solución aproximada de Empuje hidrodinámico

$$F = 0.726P_E y$$

Así mismo, el momento de volteo por encima de dicha elevación es:

$$M = 0.299P_E y^2$$

Si se requiere el efecto total del momento en la base de la presa, se considera $y=H$

$$F = 0.726P_E y$$

$$M = 0.299P_E y^2$$

$$PE = 2.34$$

$$H = 32$$

F =	54.43	ton
M =	717.31	ton/m2

$$d = M/F$$

d =	13.18	m
------------	--------------	----------

h) Impacto de ola:

$$F_{ola} = 2\gamma_w H_s^2$$

Donde:

- H_s = es la altura de la ola significativa, de cual depende de la velocidad y duración del viento, así como del alcance (fetch) del mismo
- γ_w = peso específico del agua

Tabla 33:*Altura de ola en función del viento y fetch*

Fetch (km)	Velocidad del viento (m/s)			
	10	15	20	30
0.1	0.06	0.12	0.17	0.26
0.2	0.11	0.16	0.22	0.34
0.4	0.16	0.23	0.32	0.47
1.0	0.24	0.35	0.47	0.72
2.0	0.32	0.48	0.66	1.00
4.0	0.45	0.67	0.94	1.40
10.0	0.67	1.06	1.43	2.15

Nota. De Estructuras Hidráulicas Embalses; Ricardo Narvaez Aranda; 2016; (pag.80).

Yw = 1.00

Fetch = Le = 1.18

Velocidad de
viento 7.3

Hs = 0.06

Fola = 0.0072 ton/m

i) Factor de seguridad por Volteo (con combinaciones de carga inusual)

Fuerzas opuestas al volteo		I	M
$W_1 =$	420.00	11.50	4830
$W_2 =$	899.76	1.66	1493.60
$F_{SV} =$	245.76	14.00	3440.64
$F_{IV} =$	55.88	9.00	502.88
			10267.13
			$\Sigma F_v =$ ton/m
Fuerzas activas al volteo		I	M
$F_{agua} =$	512.00	10.67	5461.33
$F_{SH} =$	176.07	5.33	939.05
$F_h =$	15.00	33.00	495.00
$F_{IH} =$	70.31	11.67	820.25
$F_H =$	54.43	13.18	717.31
			8432.95
			$\Sigma F_h =$ ton/m

$$FS(\text{volteo}) = \frac{\sum \text{momentos de las fuerzas opuestas al volteo}}{\sum \text{momentos de las fuerzas activas al volteo}}$$

$$FSV = 1.22$$

El factor de volteo es mayor al mínimo sugerido de 1.2, por lo que no existirá volcamiento, es decir la presa es estable.

j) Factor de Deslizamiento (con combinaciones de carga)

Fuerzas verticales		Fuerzas horizontales	
W =	1319.00	Fagua =	512.00
U =	448.00	FSH =	176.07
F _{sv} =	245.76	Fh =	15.00
F _{iv} =	55.88	FIH =	70.31
		FH =	54.43
	<hr/>		<hr/>
	1173.40		827.81
ΣFv =	ton/m	ΣFh =	ton/m

$$F = \tan \theta = \frac{\sum F_H}{\sum F_V}$$

$$F = 0.71$$

El factor de deslizamiento es menor al factor con combinaciones de cargas $f \leq 0.75$ (*usual e inusual*), por lo que no hay deslizamiento, es decir es estable

k) Factor de fricción por corte (SFF)

$$SFF = \frac{CA + \sum V \tan \phi}{\sum H}$$

Donde:

C : cohesión o resistencia al corte del material (así mismo, la resistencia al corte del concreto varía entre 42 kg/cm² y 70 kg/cm²)

A : área de la base considerada

ΣH : suma de fuerzas de corte (horizontales)

tanφ : coeficiente de fricción interna (comprendido entre 0.65 y 0.75)

ΣV : suma de las fuerzas verticales

$$SFF = 3.54$$

El factor de fricción por corte es mayor al mínimo sugerido en combinaciones inusuales de 2.00, por lo que no existirá volcamiento, es decir la presa es estable.

l) Esfuerzos:

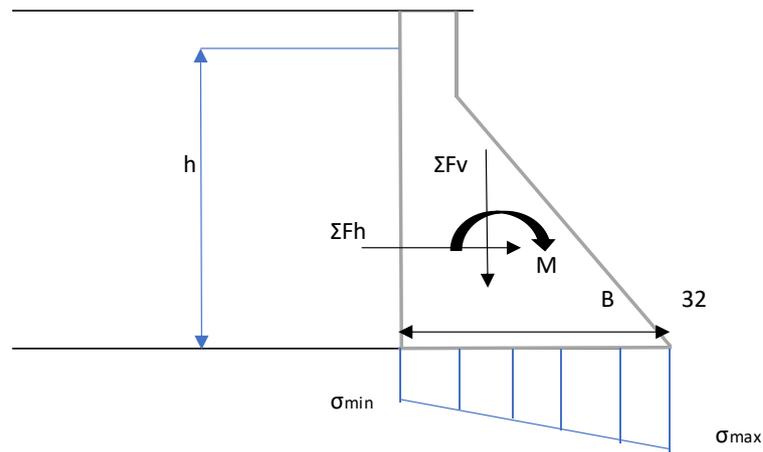
$$FS_{esf} = \frac{\text{Esfuerzo admisible}}{\text{Esfuerzo maximo actuante}}$$

Tabla 34:

Resistencias a la comprensión de diferentes materiales

Material	Resistencia a la comprensión (kg/cm2)
Granito	42 - 70
Caliza	28 - 56
Arenisca	28 - 42
Grava	2.8 - 5.6
Arena	1.4 - 4.2
Arcilla Firme	1.1 - 3.5
Arcilla Blanda	1.1
Concreto	210 - 350

Nota. Fuente: Estructuras Hidráulicas; Ricardo Narvaez Aranda; (pag.85); 2016



Adicionalmente se señala que los esfuerzos a la compresión no deben superar los siguientes valores:

Usual - inusual: 10 MN/m² (105.46 kg/cm²)

$$\sigma_{max/min} = \frac{\sum V}{B} \mp \frac{6M}{B^2}$$

	FV	I	M
W ₁ =	420.00	11.50	5711.02
W ₂ =	899.76	1.66	1905.03
U =	448.00	9.33	-2902.08
FH =	54.43	13.18	717.31
ΣV =	871.76 ton	ΣM =	2859.58 ton/m

σ_{max} =	53.02	ton/m²
σ_{min} =	9.25	ton/m²

De la tabla 34, se toma el esfuerzo admisible de acuerdo al material de la zona del río, tomando como dato la caliza que se asemeja a las rocas en el río.

$$FS_{esf} = \frac{280}{105.68} = 5.28$$

El factor de seguridad por esfuerzo calculado es mayor al mínimo inusual de 2.7 con respecto a la resistencia a la compresión de la fundación.

A continuación, se presenta la tabla 35: donde se detalla el resumen de los factores de seguridad, como el mínimo y el calculado.

Tabla 35:

Resumen de Factores de seguridad

Combinación de Cargas			FSV		FSD		Esf. Compresión	
			min	cal.	min	cal.	min	cal.
<i>Peso muerto (W)</i>	1319.76	ton/m						
<i>Fuerza de agua (Fa)</i>	512.00	ton/m						
<i>Subpresion (U)</i>	448.00	ton/m						
<i>Presion de sedimentos (FSv)</i>	245.76	ton/m						
<i>Presion de sedimentos (FSH)</i>	176.07	ton/m						
<i>Presion de hielo (Fh)</i>	15.00	ton/m	$1.2 \leq f$	1.22	$2 \leq f$	3.54	$2 \leq f$	5.28
<i>Fuerza sismica (Flv)</i>	55.88	ton/m						
<i>Fuerza sismica (Flh)</i>	70.31	ton/m						
<i>Fuerza hidrodinamica (FH)</i>	54.43	ton/m						
CUMPLE			si		si		si	

Nota. Fuente: El autor.

CAPITULO V: DISCUSION DE RESULTADOS

Caudal de Máxima Avenida:

En la evaluación de dicho parámetro se indican periodo de retorno de 2 a 5 años tomando en cuenta que el tiempo de vida útil de la presa es de 20 años, tras la aplicación del método de Gumbell se encuentra que el caudal es 50.35 m³/s, tomando en cuenta las precipitaciones obtenidas de la estación SINSICAP en el periodo 1998 – 2018, de acuerdo con el Vol. N°01: Diseño Hidrológico (2011) establece que el método elaborado para el manejo de las precipitaciones debe recopilar datos de 20 años como mínimo de acuerdo a ello se determina que en relación con la toma de datos se debe aplicar técnicas como evaluación de las precipitaciones con las intensidades aplicando posterior a ello el método previamente mencionado para embalses de tipo mediano como lo establece la tabla N°01

Caudal de aprovechamiento hídrico:

Bajo el método de Christensen se obtiene que el caudal es de 5.16 m³/s, tomando en cuenta que de acuerdo con el método obtenido en el software ArcGIS se encuentra un área de 13.56 hectáreas, igualmente de acuerdo con el Vol. N°01: Diseño Hidrológico (2011) se establece que es necesario contar con el conocimiento previo de la cobertura vegetal para lo cual no existe más que una herramienta de codificación de colores por medio del software ArcGIS y posterior a ello con la evaluación de técnicas como lo es lamina de riego bruta, lamina de riego neta se hallan el volumen de demanda y por consiguiente el caudal. De acuerdo a lo que establece el MINAGRI (2018) la represa “Gallito Ciego” tiene la capacidad de ser fuente de reserva hídrica para un total de 13500 hectáreas de cultivo aproximadamente distribuidas desde Ciudad de Dios a Tembladera en cultivos propiamente reconocidos como frutales y granos como lo es el arroz, el aprovechamiento hídrico se da en aproximadamente 52 m³/ s ya que su fuente de abastecimiento es la vertiente del rio “San Pablo” perteneciente a la provincia de Cajamarca, en contraste con ello del ministerio establece que el volumen y la capacidad de abastecimiento se debe esencialmente a la vertiente que lo alimenta tomando en consideración si estas son denominadas como primarias o secundarias, en el caso del Rio “La Cuesta” es reconocida como

secundaria ya que proviene del Rio “Otuzco” por lo cual su volumen es mínimo en comparación al que nutre a la represa “Gallito Ciego”

Volumen del embalse:

Por medio del método de curva – masa se identifica el volumen muerto es de 0.71 MMC y el volumen útil es de 5.96 MMC, identificando que el nivel extraordinario por medio del método Altura – Volumen – Altura es de 1.28 MMC, demostrando que la sumatoria de los volúmenes de 7.07 MMC, este método es corroborado por el método Área – Volumen – Altura (AVH) que por medio de la data catastral recopilada de las cartas nacionales del MINEDU (2012) que establece cuales son las curvas del área de estudio por medio del software ArcGIS, este método es contrastado por varios autores ya que su representación puede variar de acuerdo con el volumen de ingreso de cada presa el Manual de Pequeñas Presas (2016) establece que este método apoya cuando los volúmenes no superan los 15 MMC, de acuerdo a ello las presas no superan los 50 mt. de altura.

Área del embalse:

Por medio del método Altura – Volumen – Altura se identifica que en distribución del territorio encontramos un área 861,890 m² es decir de 86.18 hectáreas, en relación con la información catastral obtenidas de las cartas nacionales del MINEDU este método es de relación empírica proporcionado por las tablas de atributos extraídas por medio el software ArcGIS tras lo cual se hace uso de la herramienta “hidrology” que permite el análisis del comportamiento hidrológico de la cuenca, la represa “Gallito Ciego” cuenta con una extensión de 856 hectáreas en su totalidad de extensión por que como ya se comentó previamente su caudal de acuerdo a lo que establece el MINAGRI (2018) es de 52 m³/ s, lo que hace necesario dicha extensión para poder abastecer a tanto territorio.

Cota máxima del embalse:

Por medio del método Altura – Volumen – Altura se identifica que en distribución del territorio encontrado que la cota máxima en relación con el nivel de agua de máximo

de operaciones es 1907 m.s.n.m, en el volumen forzado y el volumen útil es de 1906 m.s.n.m en relación con la información catastral obtenidas de las cartas nacionales del MINEDU

Altura de vertedero:

Por medio del sistema de ecuaciones de Di March se establece que el vertedero es de 1.40 m, indicando que acuerdo al método de Bernoulli se establece un diámetro de desagüe de operaciones de 0.60 mt, dicha ecuación se encuentra establecido en el Vol. N°01: Diseño Hidrológico (2011) donde establece que la altura del vertedero se debe encontrar en relación con la relación entre la altura de la ola tomando en consideración el comportamiento de los volúmenes de la presa.

Longitud de la corona:

Por medio de la aplicación análisis topográfico, en relación con el perfil longitudinal de la data catastral obtenida de las cartas nacionales se establece una medida de 260.58 m, esto se realiza por medio de la herramienta “hidrology” en el software ArcGIS donde se establece por medio de la data obtenida una tabla de atributos en relación al comportamiento del embalse que permitirá la zona para poder hallar sus medidas y establecer los límites de dicho modelo.

Altura de la presa:

Por medio del método Area– Volumen – Altura, se establece la distancia entre los distintos niveles demostrando que esta el nivel de agua máximo de operaciones tiene una altura de 32 m, el borde libre de 1 m y altura del vertedero es de 1.40 m dando como resultado a la altura de presa de 35 m con la información catastral obtenidas de las cartas nacionales del MINEDU este método es de relación empírica proporcionado por las tablas de atributos extraídas por medio el software ArcGIS tras lo cual se hace uso de la herramienta “hidrology” que permite el análisis del comportamiento hidrológico de la cuenca.

Estabilidad de la presa:

Por medio de los factores de volteo que responde a un valor de 1.29, debido a que el factor de volteo es mayor a 1.2, por lo que no habrá volcamiento, es decir es estable. Por lo que el factor de seguridad de 3.54, demostrando que se observa que el factor es mayor a 2.0 por lo tanto, no se deslizará, en relación con los factores de deslizamiento es de 0.71, dicho factor es menor a los 0.75, por lo que no hay deslizamiento, es decir es estable. En relación con los esfuerzos se establece que el esfuerzo mínimo tiene un valor mínimo es de 9.25 ton/m² estando en los esfuerzos a compresión, lo que indica que no habrá fisuramiento en la presa de gravedad. El factor de esfuerzo a compresión es de 5.28 mayor a lo mínimo de 2.0, por lo que es resistente.

Comparación de nuestra presa con presa nacional:

Al tener por resultados de la presa de gravedad los siguientes valores como: 35m de altura de presa, 260.58m de longitud de corona y con un embalse de 7.66MMC para una cantidad de 13.56ha de cultivo; haciendo la comparación con otra presa nacional, se encuentra la REPRESA GALLITO CIEGO, la cual se ubica en los límites entre el distrito de Cajamarca y La Libertad, específicamente entre los distritos de Ciudad de Dios y Tembladera la cual tiene una altura de presa de 105.4 m, 797 m de longitud de corona, 13500 hectáreas aproximadamente distribuidas desde Ciudad de Dios a Tembladera en cultivos propiamente reconocidos como frutales y granos como lo es el arroz, el aprovechamiento hídrico se da en aproximadamente 52 m³/s, 900 MMC, esto de acuerdo a lo que establece el Ministerio de Agricultura y Riego (MINAGRI) en conjunto con Servicio Nacional de Sanidad Agraria del Perú (SENASA)

Así mismos damos a conocer que según la comparación, si es factible y viable la construcción de una presa en el distrito la cuesta. para la construcción de la misma, que sería financiada mediante la autoridad nacional de Agua (ANA). Gestionada por municipalidad provincial de Otuzco y autoridades de gobierno regional.

CAPITULO VI: CONCLUSIONES

- El Caudal de máxima avenida en el Rio “La Cuesta” es de 50.35 m³/s en un periodo de retorno de 20 años bajo la aplicación del método de gumbell
- La cobertura vegetal del distrito “La Cuesta” responde a una sectorización de 13.56 hectáreas de acuerdo al reconocimiento de zonas agrícolas costeras y andinas dando como valor el Caudal promedio para el aprovechamiento hídrico en el riego de cultivos es de 5.16 m³/s. tomando en cuenta cultivos como lo son leguminosas, críticos y granos que se dan especialmente en la zona; de manera concisa en épocas de lluvia durante los meses de enero – marzo y octubre – diciembre.
- El volumen total del embalse es de 7.66 MMC, el volumen muerto es de 0.71 MMC y el volumen útil es de 5.96 MMC
- El área del embalse es de 861,890 m² es decir de 86.18 hectáreas esto es obtenido por medio del análisis de la información catastral previamente mencionada y por medio del análisis de la calculadora geométrica aplicada en el software ArcGIS tomando en cuenta el análisis hidrológico por medio de la herramienta “Hidrology”
- La Cota máxima de agua en el embalse es de 1907 msnm, según información topográfica recopilada en la zona y en contraste con los datos obtenidos por medio de información catastral en las cartas nacionales del MINEDU, que corresponde al nivel máximo de operación.
- La altura del vertedero corresponde a un valor de 1.40 m donde se especifica por medio de la fórmula de Di March y un cuadro de análisis de tránsito de avenidas cual es el valor optimo tomando en cuenta un desagüe de operación de 0.60 mt por medio del método Bernulli.
- La Longitud de la corona de la presa es de 260.58 m tomando en consideración las dimensiones del talud y que el canal obtendría una forma trapezoidal dentro de su diseño.
- La altura de presa es de 35 m tomando en consideración el tirante de agua y el nivel forzado.
- El esfuerzo mínimo es de 9.25 ton/m², lo que indica que está en compresión. Por lo tanto, no habrá fisura.

CAPITULO VII: RECOMENDACIONES

Se recomienda que el tema acerca de embalses, específicamente el diseño de estos, sea objeto de estudio por más personas en nuestro país, así como también, de las entidades reguladoras de los recursos hídricos, con el fin de elaborar:

1. Un Manual de diseño de embalses del Perú, que cuente con las características de cada región y que a su vez considere los impactos ambientales que se puedan generar.
2. Un Reglamento Nacional sobre Seguridad de Presas y Embalses, normativa que permita obtener y mantener en el tiempo la mayor optimización del recurso agua dentro de unos niveles de seguridad aceptados por la sociedad.
3. Establecer parámetros para el aprovechamiento hídrico de los recursos de acuerdo a las zonas tomando en cuenta su valoración agrícola y el beneficio brindado a cada una de las poblaciones.
4. Analizar las estructuras hídricas con el fin de mantener condiciones óptimas para el desarrollo de lo que se puede denominar como sus “labores” en un tiempo de vida adecuado.
5. Establecer un manual de presas en las distintas categorías tomando en cuenta valoraciones adecuadas según los requerimientos por zona y no de forma general.
6. En caso de fisuramiento se recomienda que todos los esfuerzos sean en comprensión no en tracción para eliminar la posibilidad de la existencia del mismos.
7. Se recomienda tener como mínimo una galería a mitad de presa, para la facilitar el control y vigilancia de la presa, con dimensiones suficientes que permitan el desplazamiento de los equipos y personas.

CAPITULO VIII: REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- ACA. 2003. Caracterització i propostes d'estudi dels embassaments catalans segons la Directiva 2000/60/CE del Parlament Europeu. Agència Catalana de l'Aigua, Barcelona, Spain.
- Ainzúa, A. (07 de Diciembre de 2007). *Embalses por causas naturales*. Obtenido de Monografias.com: <http://www.monografias.com>
- Alvarez MA., Fernandes S., Mariano A. C., Pimenta MT. y Verissimo MR. 1991. Monitorização batimétrica em albufeiras. ESIG 2001. Sao Paulo, pp.1-11.
- Alvarez, MC., & SA, P. (s.f.). *Impacto de embalses de centrales hidroeléctricas y balance de producción de gases de efecto invernadero*. Obtenido de <http://www.mecanica-cdl.org/>
- Arango Tobón, J. C. (s.f.). *Las obras de captación para riego*. Obtenido de <http://www.bdigital.unal.edu.co/4785/13/70064307.2002.5.pdf>
- Armengol, J. (2007). *La gestión de los embalses en relación con la calidad del agua en condiciones de sequía extrema. VII Encuentro de Cáceres*. España.
- Bureau Of Reclamation, U. S. (1970). *Proyecto de Presas Pequeñas*. Madrid: Dossat.
- Burneo Borrero, N. (2013). Manejo Ambiental de la central hidroeléctrica ingeniero "Carlos Mora Carrión": Fase de Operación y Mantenimiento. *Tesis Doctoral*.
- Bustamante Fernández, C. A. (2010). Efectos ambientales generados por la construcción y operación de un embalse. *Tesis Doctoral*. Bogotá.
- Bustamante, J. (1996). *Manual de obras menores de riego*. Santiago de Chile: Antártico.
- Cánovas Del Castillo, E. V. (1998). *Tratado básico de presas* (4ta ed.). Madrid.
- (2011). *Construcción de presas, represas y embalses con capacidad mayor a 200 millones de m3*. Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial, Dirección de Licencias Permisos y Trámites Ambientales, BOGOTA, D.C. Obtenido de [http://www.bdlaw.com/assets/htmldocuments/Colombia%20-%20term ref construccion embalses.pdf](http://www.bdlaw.com/assets/htmldocuments/Colombia%20-%20term%20ref%20construccion%20embalses.pdf)
- Davis, C.V., Sorensen, K.E. (ed) (1969) "Handbook of Applied Hydraulics". Mc Graw-Hill.

- de Célix Caballero, MR., & del Campo Benito, J. (2006). Programa de seguridad de presas y embalses. *Ambienta: la revista del Ministerio de Medio Ambiente*(58),40-46. Obtenido de http://www.magrama.gob.es/ministerio/pags/biblioteca/revistas/pdf_AM/AM_2_006_58_40_45.pdf
- DINAGUA. (2011). Diseño de las obras necesarias, Aliviadero. En DINAGUA, *Manual de Diseño y Construcción De Pequeñas Presas* (Vol. 1, págs. 32 - 45). Montevideo, Uruguay: 2da. Edición (Edición Digital). Obtenido de <http://www.mvotma.gub.uy/dinagua/manualdepequenaspresas>
- DOUROJEANNI, MJ. (Diciembre, 2011). *Amazonia probable y deseable: ensayo sobre el presente y futuro de la Amazonia*. Lima: Universidad Inca Garcilaso de la Vega.
- Estudio de impacto ambiental y Evaluación ambiental Estratégica. (s.f.). *FORUM SOLIDARIDAD PERÚ*.
- Fattorelli, S., & Fernandez, P. C. (2011). *Diseño Hidrológico*. 2da. Edición (Edición Digital). Obtenido de http://www.ina.gov.ar/pdf/Libro_diseno_hidrologico_edicion_digital.pdf
- Gamarra, T. (10 de Octubre de 2014). *Tipos de presas*. Obtenido de Academia.edu: https://www.academia.edu/8981172/Tipos_de_presas-tania
- Genta J.L., Charbonnier F., Rodríguez A. (1998). "Precipitaciones máximas en elUruguay". Congreso Nacional de Vialidad, 1998.
- Giraldo Betancourt, J. S. (2014). *Operación óptima de una cadena de plantas hidráulicas de generación con embalses*. Obtenido de http://repositorio.utp.edu.co/dspace/bitstream/11059/4922/1/6213121_G516.pdf
- Guevara, M(2000). Embalses. En *Estructuras Hidráulicas* (págs. 1-31). Obtenido de http://www.academia.edu/7223828/Obras_hidraulicas_Embalses
- Han, B.P., Armengol, J., Garcia, J. C., Comerma, M., Roura, M., Dolz, J., Straskraba, M2000. The thermal structure of Sau Reservoir (NE: Spain): a simulation approach. *Ecological Modelling*, 125(2-3), 109-122.
- Instituto Español del Cemento y sus Aplicaciones, I. (Enero de 2012). *Presas de hormigón*. Obtenido de Colegio de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos: <http://www.ciccp.es>
- Junta de Usuarios del Distrito de Riego San Lorenzo (2008). Informe batimétrico. Piura.

- Lane, E.W. y Koelzer V.A. (1953). Density of Sediments Deposited in Reservoirs. Report No. 5 of Study of Methods used in Measurement and Analysis of SedimentLoa Streams, St.Paul, U.S. Engr. Dist. Sub-Office Hydr. Lab., Univ. of Iowa, IowaCity.
- Moreno-Ostos, E., Marcé, R., Ordóñez, J., Dolz, J., Armengol, J. 2008. Hydraulic Management Drives Heat Budgets and Temperature Trends in a Mediterranean Reservoir. *International Review of Hydrobiology*, 93(2), 131-147.
- Organización de las Naciones Unidas para la Educación, I. C. (Septiembre de 2009). Colmatacion de los embalses de generación hidroeléctrica del noereste argentino aplicacion de nuevas metodologías batimétricas. *Programa Hidrológico Internacional (PHI) de la Oficina Regional de Ciencia para AméricaLatina y el Caribe, II*, 93-104.
- Palau, A. 2006. Integrated environmental management of current reservoirs and regulated rivers. *Limnetica*, 25(1-2), 287-302.
- Palmieri A., F. Shah y Dinar A. 2001. Economics of reservoir sedimentation and sustainable management of dams. *Journ. EnvironmManage.* Vol 61 2, pp. 149- 163
- Prats, J., Armengol, J., Dolz, J., & Morales-Baquero, R. (2014). Aportaciones de la limnología a la gestión de embalses. *Ingeniería del Agua*, pp. 80-94. Obtenido de <https://hal-insu.archives-ouvertes.fr/hal-01128334/document>
- Prats, J., Val, R., Armengol, J., Dolz, J. 2010. Temporal variability in the termal regime of the lower Ebro River (Spain) and alteration due to anthropogenic factors. *Journal of Hydrology*, 387(1-2), 105-118.
- Reyes Salazar, J. D. (UDEP 2014). *Dimensionamiento de una presa, orificios depurga y comportamiento sedimentológico del embalse*. Apuntes del curso DOH, Piura.
- Rocha Felices, A. (Mayo 2011). Los embalses laterales y sus aspectos sedimentológicos, aplicación al reservorio de Palo Redondo. *IV Congreso Internacional HIDRO 2011, Obras de Saneamiento, Hidráulica, Hidrología y Medio Ambiente*. Lima: Instituto de la Construcción y Gerencia (ICG).
- Roldán Pérez, G., & Ramirez Restrepo, J. J. (2008). *Fundamentos de limnología neotropical*. (2 ed., Vol. 15). Medellín, Colombia: Universidad de Antioquia.

ANEXOS

ABREVIATURAS

- $\Delta H_i - i + 1$: Pérdida de carga entre puntos i e $i+1$
- Δt : Intervalo de tiempo
- Δz : Pérdida de carga debido a una grada
- a : Longitud de contacto entre la base de la presa y el cimiento
- A : Área de la cuenca
- A_1, A_2 : Situaciones normales de combinaciones de carga
- ab : Aceleración básica
- ac : Aceleración de cálculo
- a_{ext} : Aceleración básica para sismo extremo
- apr : Aceleración básica de sismo de proyecto
- A_r : Pérdida del suelo
- B : Altura de esfuerzo producido por N_2
- $B_{11}, B_{21}, B_{22}, B_{23}$: Situaciones accidentales de combinaciones de carga
- c : Coeficiente adimensional del terreno
- C : Coeficiente de escorrentía
- CD : Coeficiente de descarga real
- CIR : Centro instantáneo de rotación
- Co : Coeficiente de descarga
- Cr : Factor de cobertura natural
- C_{vt} : coeficiente de corrección para v_t
- C_w : Coeficiente de presión adimensional de presión de Westergaard
- d : Distancia entre el paramento aguas arriba y la galería perimetral
- d_i : Calado o tirante de agua del punto i respecto al eje horizontal
- e : Altura de grada
- $E_1, E_{21}, E_{22}, E_{23}, E_{24}$: Situaciones extremas de combinaciones de carga
- E_p : Empuje hidrostático pasivo
- EPS : Estudio previo de soluciones
- E_w : Esfuerzo de sobrepresión hidrodinámica de Westergaard
- f : Factor amplificador
- F : Número de Froude
- h_a : altura de presión del embalse

- Hb: Altura de agua en la cola de pie de presa
- He: Altura de lámina de agua vertiente real
- ho: altura de lámina de agua vertiente drenando por el aliviadero
- Ho: Altura de lámina de agua vertiente de diseño
- hs: Altura de oleaje de sismo
- hv: Altura de oleaje del viento
- I: Intensidad de precipitación máxima horaria
- K: Coeficiente de uniformidad
- k, n: Parámetros adimensionales para el cálculo del perfil Creager
- Kc: Coeficiente de seguridad de cohesión
- Kr: Factor de erosividad debido a la precipitación fluvial
- kv: Coeficiente adimensional de la velocidad sísmica
- $K\phi$: Coeficiente de seguridad de rozamiento
- L: Propiedad de la longitud de la cuenca
- Le: Longitud eficaz
- Llecho: Longitud del lecho amortiguador
- Lrisberma: Longitud de risberma
- Lu: Longitud útil
- n: Coeficiente de Manning
- N: Fuerza normal hacia arriba
- NAE: Nivel de avenida extrema
- NAP: Nivel de avenida de proyecto
- NMN: Nivel máximo normal
- \emptyset : coeficiente de pérdida de carga que depende de la forma de la grada
- P: Altura de la presa desde el lecho del río hasta el labio del vertedero
- Pr: Factor de prácticas de conservación q: Caudal específico
- Q: Caudal de descarga de diseño
- $Q_{extremo}$: Caudal para avenida extrema
- R: Factor de erosividad
- R1, R2: Radios de diseño para el cálculo del perfil Creager
- RH_i : Radio hidráulico en el punto i
- s: Coeficiente adimensional sísmico
- S: Propiedad de la gradiente de la cuenca

- Sh: Fuerza horizontal de sismo
- Si: Fuerza de subpresión SI: Sistema internacional
- SOA: Sobreelevación por oleaje de avenidas
- SOM: Sobreelevación por oleaje máximo
- Sv: Fuerza vertical de sismo
- t: Periodo
- T: Periodo de retorno
- tc: Tiempo de concentración
- Tn: Fuerza tangencial
- TW: Tail water
- USBR: US Bureau of Reclamation
- USDA: US Department of Agriculture
- UTM: Transversal Universal Mercator
- USLE: Universal Soil Loss Equation
- v1: Velocidad media a la entrada del lecho amortiguador
- v2: Velocidad media en el lecho amortiguador o velocidad conjugada
- v3: Velocidad media aguas abajo del lecho amortiguador
- vi: Velocidad media en el punto i
- vt: Velocidad teórica a la entrada del lecho amortiguador
- x: Coordenada horizontal del perfil tipo Creager
- Xc, Yc: Parámetros de diseño para el cálculo del perfil Creager
- y: Coordenada vertical del perfil tipo Creager
- y1: Calado o tirante de agua a la entrada del lecho amortiguador
- y2: Calado o tirante de agua en el lecho amortiguador o tirante conjugado
- y3: Calado o tirante de agua aguas abajo del lecho amortiguador
- yc: Tirante crítico
- Z: Altura entre la solera del lecho amortiguador y Ho
- z': Diferencia entre la altura de agua y zg
- zg: Distancia entre la base de la presa y la galería perimetral
- zi: Cota del punto i
- η : coeficiente de pérdida de carga relacionado a TW
- κ : Constante de pérdida de carga para pérdida local
- ρ : Coeficiente adimensional de peligrosidad

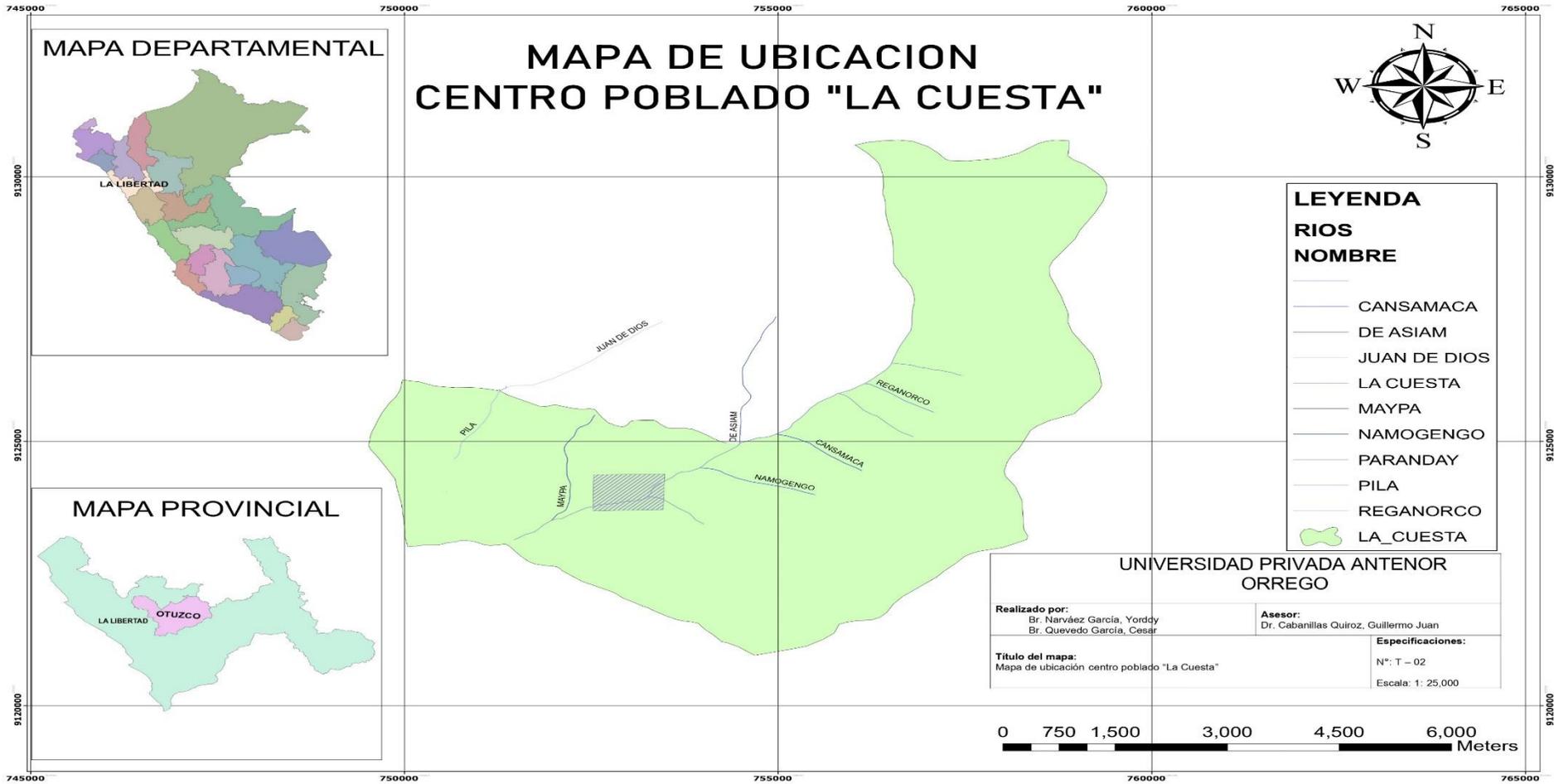
- σ_1, σ_2 : Tensión aguas arriba y aguas abajo, respectivamente
- ϑ_i : Tensión máxima
- ϕ : Ángulo de rozamiento del terreno

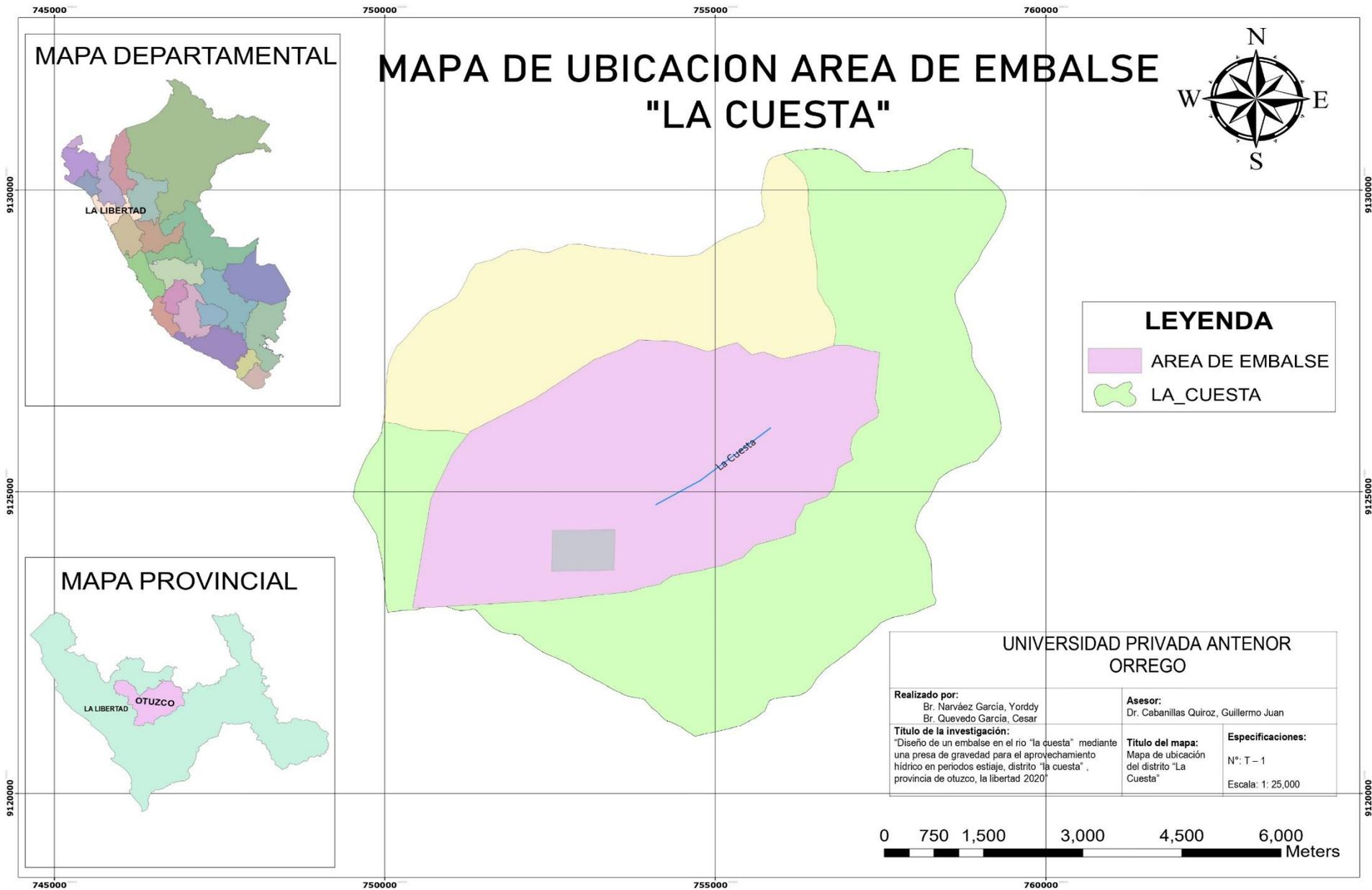
TABLA DE OPERABILIZACION DE VARIABLES

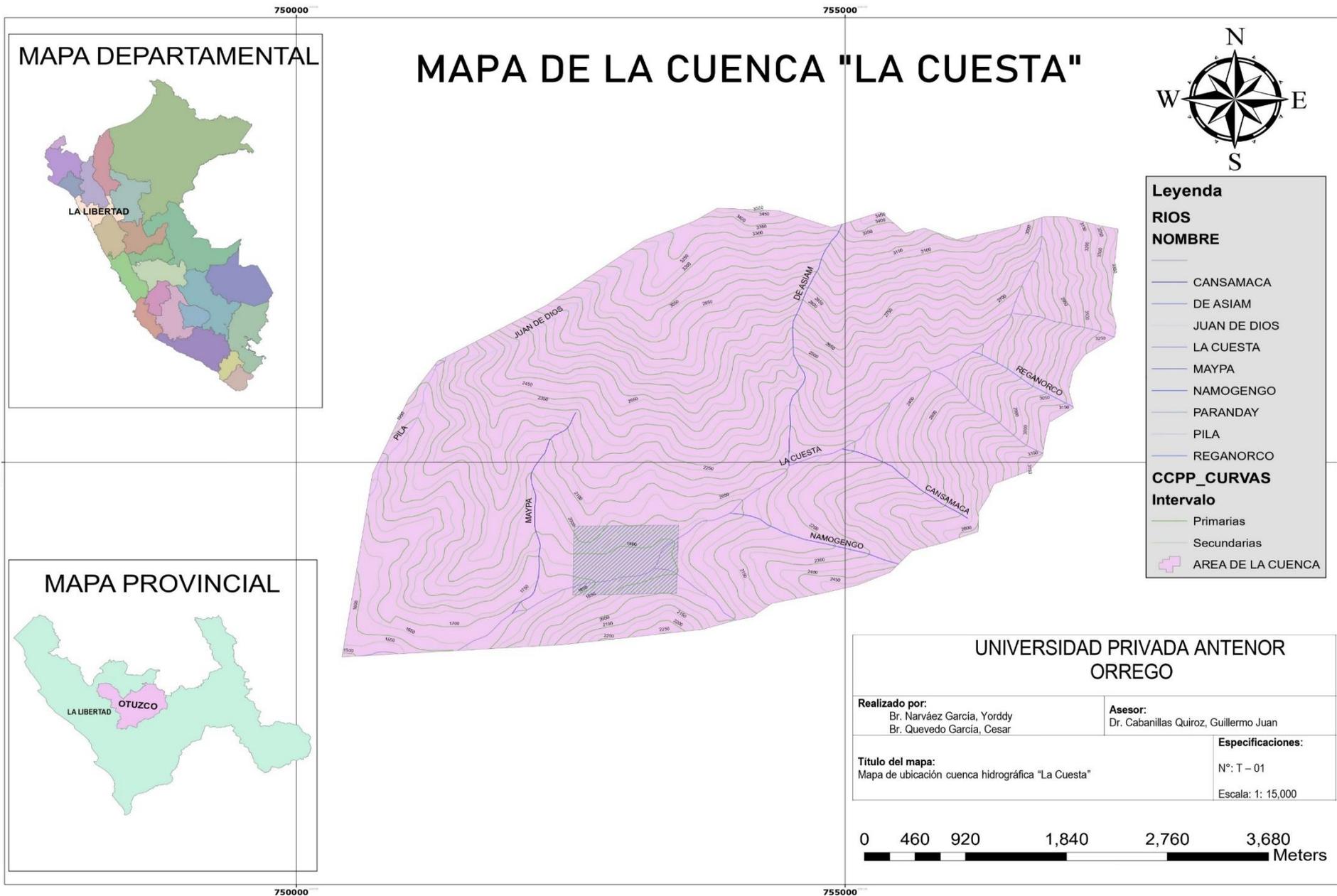
VARIABLE	DEF. CONCEPTUAL	DIMENSIONES	INDICADORES	UNIDADES
CAUDAL DE MÁXIMA AVENIDA	Caudal por encima de los niveles normales de aforo promedio en el afluente en los meses más lluviosos.	Caudal de máximas avenidas en el rio "La Cuesta"	Caudal	m ³ /s
APROVECHAMIENTO AGRICOLA	Empleo de los recursos hídricos con la finalidad de satisfacer los requerimientos de los terrenos de cultivo	Aprovechamiento Agrícola en riego de cultivos	Caudal de riego	m ³ /s
			Volumen de riego	m ³
			Hectáreas de riego	Ha
EMBALSE	Empozamiento del caudal de un afluente mediante condiciones naturales o artificiales	Embalse en el rio "La Cuesta"	Cota de agua	m
			Volumen del embalse	m ³
			Área del embalse	m ²

REPRESA	Es un dique colocado de manera perpendicular a la corriente de un rio con la finalidad de embalsar el caudal de dicho cauce	Presa de gravedad en el rio "La Cuesta"	Longitud de la corona	m
			Altura de la Presa	m
			Altura del vertedero	m

PLANOS:







MAPA DEPARTAMENTAL



MAPA PROVINCIAL



MAPA DE LA CUENCA "LA CUESTA"



Leyenda

RIOS
NOMBRE

- CANSAMACA
- DE ASIAM
- JUAN DE DIOS
- LA CUESTA
- MAYPA
- NAMOGENGO
- PARANDAY
- PILA
- REGANORCO

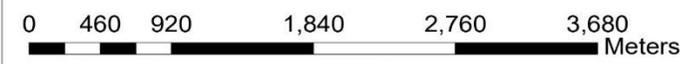
CCPP_CURVAS
Intervalo

- Primarias
- Secundarias
- AREA DE LA CUENCA

UNIVERSIDAD PRIVADA ANTONOR ORREGO

Realizado por: Br. Narváez García, Yorddy Br. Quevedo García, Cesar	Asesor: Dr. Cabanillas Quiroz, Guillermo Juan
--	---

Título del mapa: Mapa de ubicación cuenca hidrográfica "La Cuesta"	Especificaciones: Nº: T - 01 Escala: 1: 15,000
--	---



COBERTURA VEGETAL



LEYENDA

COBERTURA VEGETAL _ LA CUESTA

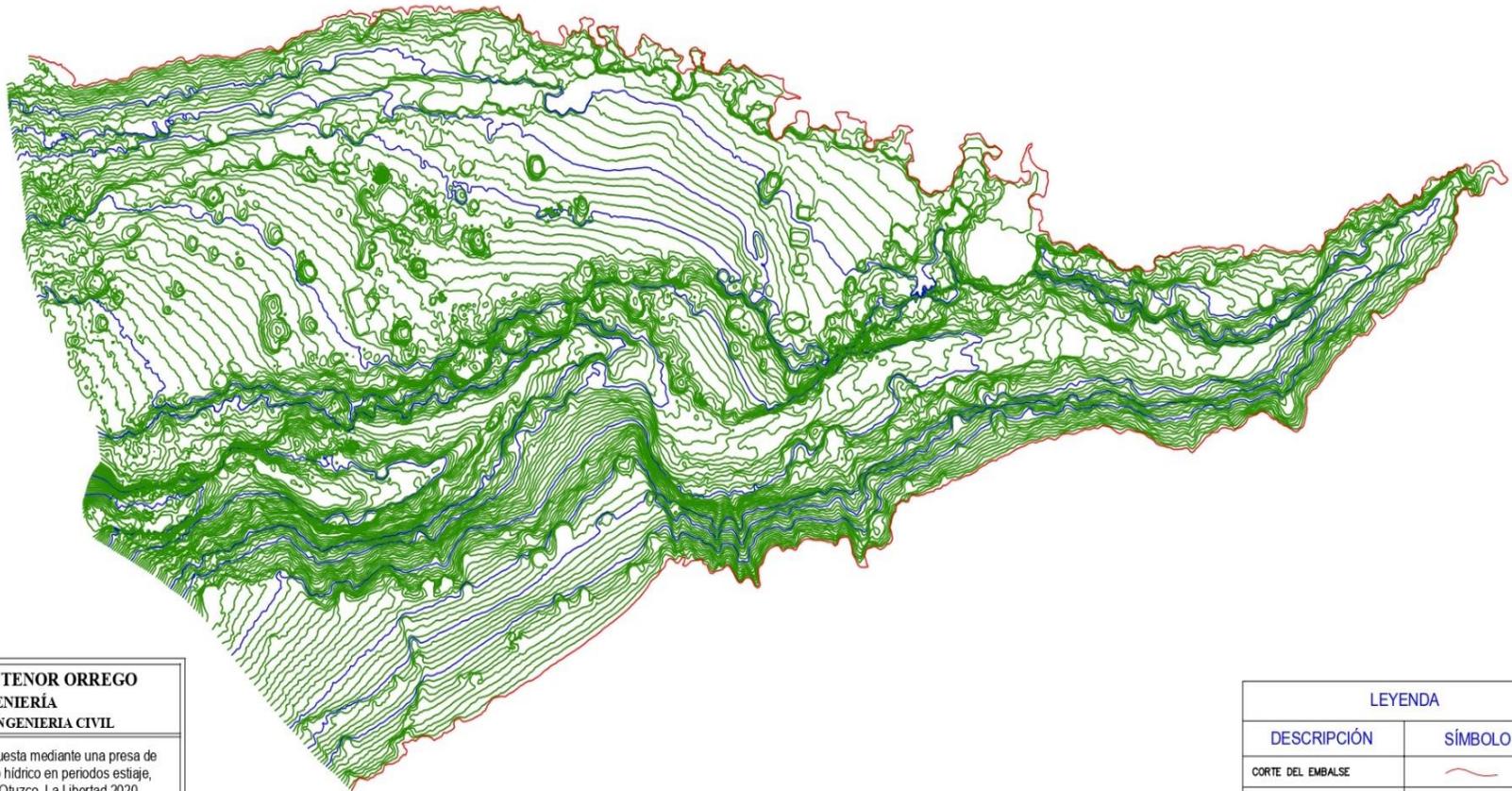
CobVeg2013

-  Agricultura costera y andina
-  Bosque seco de montaña
-  Matorral arbustivo
-  Pajonal andino
-  LA_CUESTA



ID	COBERTURA VEGETAL	PERIMETO (m)	AREA (hect.)
0	Bosque seco de montaña	5812.42	0.01
1	Bosque seco de montaña	42246.43	0.06
2	Matorral arbustivo	92009.38	0.35
3	Pajonal andino	159883.69	1.01
4	Agricultura costera y andina	1644861.17	13.56
TOTAL		1944813.09	14.99

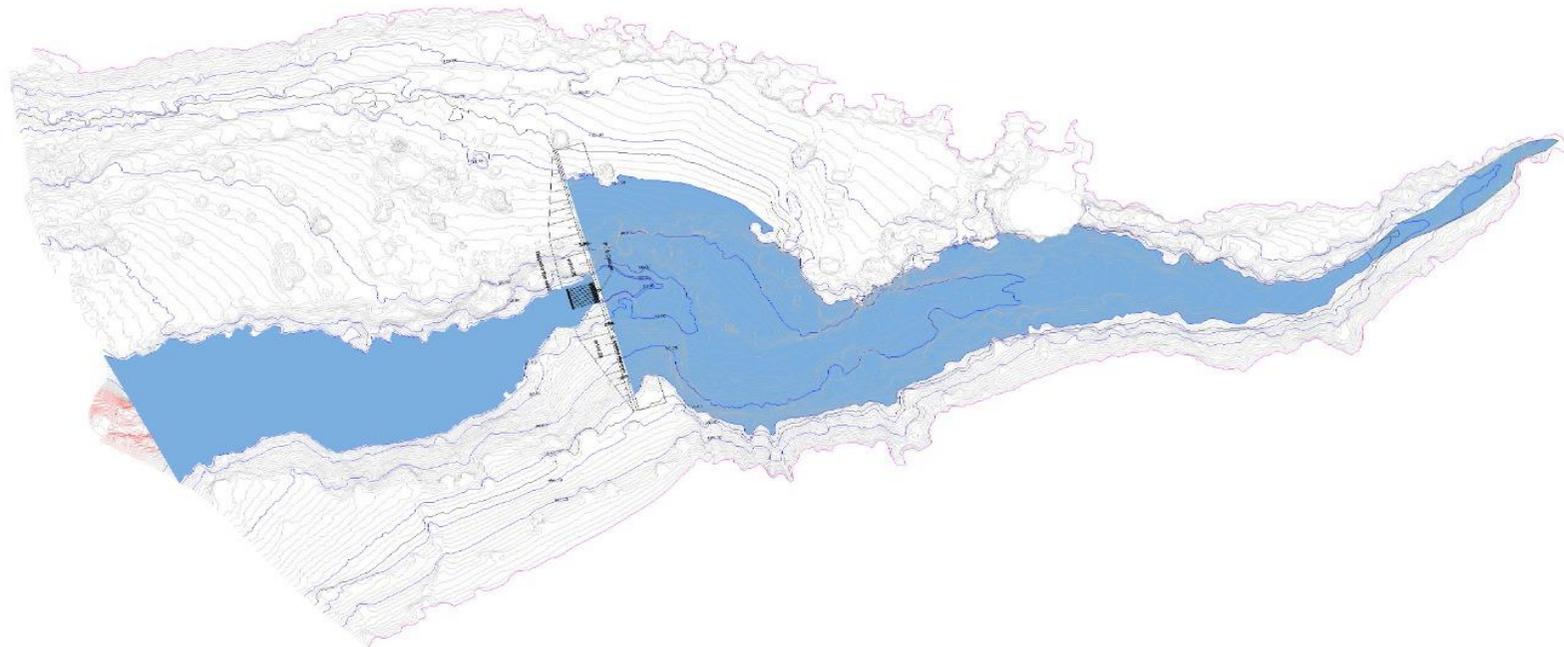
UNIVERSIDAD PRIVADA ANTONOR ORREGO FACULTAD DE INGENIERÍA PROGRAMA DE ESTUDIO DE INGENIERIA CIVIL			
PROYECTO: Diseño de un embalse en el río la cuesta mediante una presa de gravedad para el aprovechamiento hídrico en periodos estiaje, Distrito La Cuesta, Provincia de Chuazo, La Libertad 2020			
PLANO: COBERTURA VEGETAL			
ASISOR: DR. H.G. CABRILLAS QUIROZ, GUILLERMO JEAN			
ELABORADO: DR. INGENIERIA VIVERO POTSWELLO BR DAL RLOD-HUARDIA, CESAR			
UBICACIÓN	DISTRITO	FECHA	DATUM
: CUESTA	: CUESTA	: FEB-2013	: UTM-
PROVINCIA	DEPARTAMENTO	ESCALA	PROYECTO
: TUXTECO	: LA LIBERTAD	: 1:80000	: PL-A
			WGS84 17S



UNIVERSIDAD PRIVADA ANTONOR ORREGO			
FACULTAD DE INGENIERÍA			
PROGRAMA DE ESTUDIO DE INGENIERIA CIVIL			
PROYECTO : Diseño de un embalse en el río la cuesta mediante una presa de gravedad para el aprovechamiento hídrico en periodos estiaje, Distrito La Cuesta, Provincia de Otuzco, La Libertad 2020			
PLANO : COMPORTAMIENTO HIDRICO - RÍO LA CUESTA			
ASESOR : DR. ING. CABANILLAS QUIROZ, GUILLERMO JUAN			
ELABORADO : BR. NARVAEZ GARCÍA, YORDY ROSSWELL D. BR. QUEVEDÓN GARCÍA, CESAR W.			LAMINA
UBICACIÓN	FECHA :	DATUM	PL-1
DISTRITO : CUESTA	FEB-2023	UTM-	
PROVINCIA : TRUJILLO	ESCALA :	WGS84 175	
DEPARTAMENTO : LA LIBERTAD	INDICADA		

LEYENDA	
DESCRIPCIÓN	SÍMBOLO
CORTE DEL EMBALSE	—
COMPORTAMIENTO HIDRICO	—
CURVAS DE NIVEL	—

IMPLANTACIÓN DE LA PRESA



ESC:1:5000

LEYENDA	
DESCRIPCIÓN	SÍMBOLO
CURVAS DE NIVEL PERIMÉTRICAS	
CURVAS DE NIVEL PRIMARIAS	
CURVAS DE NIVEL SECUNDARIAS	
CURVAS DE NIVEL TERCIARIAS	

UNIVERSIDAD PRIVADA ANTONOR ORREGO FACULTAD DE INGENIERÍA PROGRAMA DE ESTUDIO DE INGENIERIA CIVIL			
PROYECTO: Diseño de un embalse en el río la cuesta mediante una presa de gravedad para el aprovechamiento hídrico en periodos estiaje, Distrito La Cuesta, Provincia de Otuzco, La Libertad 2020			
PLANO: PRESA EN PLANTA			
ASESOR: DR. ING. CABANILLAS QUIROZ, GUILLERMO JUAN			
ELABORADO: BK NAVIAZ GARCIA, YOREDY ROSSVELL D. BK OLIVEROS GARCIA, LINDA V.			LAMINA
UBICACIÓN	FECHA	DATUM	PL-P
DISTRITO : CUESTA	FEB-2023	UTM-	
PROVINCIA : TRUJILLO	ESCALA: INDICADA	WGS84 17S	
DEPARTAMENTO : LA LIBERTAD			

