



**UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO**

**FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA**  
**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL**

Propuesta de diseño del Embalse Ángel I Microcuenca San  
Idelfonso para controlar las inundaciones por el Fenómeno El  
Niño, Trujillo

**TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE:**

Ingeniera Civil

**AUTORA:**

Rodriguez Rodriguez, Deisy Marisol ([orcid.org/0000-0001-8278-2832](https://orcid.org/0000-0001-8278-2832))

**ASESOR:**

Mg. Sagastegui Vásquez, German ([orcid.org/0000-0003-3182-3352](https://orcid.org/0000-0003-3182-3352))

**LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:**

Diseño de Obras Hidráulicas y Saneamiento

**LÍNEA DE RESPONSABILIDAD SOCIAL UNIVERSITARIA:**

Desarrollo sostenible y adaptación al cambio climático

**TRUJILLO – PERÚ**

**2023**

## DEDICATORIA

Esta tesis va dedicada a todas aquellas personas de gran sabiduría que a través de sus consejos y enseñanzas guiaron mis pasos para llegar a concretar uno de mis más anheladas metas. Dedico a mi padre

Alfonso Rodríguez Burgos

A mi madre Barnabita Rodríguez Saavedra A mi

hijo Dilan Andree Santos Rodríguez por ser mi motor y motivación

A mi esposo Leli Santos Zavaleta

A mis hermanos Marixa y Jhoan

**Rodríguez Rodríguez Deisy Marisol**

## AGRADECIMIENTO

A Dios por darme la vida para ser cada día mejor.

Al PFA en Ingeniería Civil de la UCV, por acogerme y ser parte de mi formación profesional.

Al Dr. Ing. Alan Y. Valdivieso Velarde, director de la Escuela por su dedicación como Maestro y Amigo.

Al Ing. Augusto Rodríguez Armas, por incentivar-me a enrumbar este apasionante tema de la ingeniería hidráulica y geotecnia.



**UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA**  
**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL**

### **Declaratoria de Autenticidad del Asesor**

Yo, SAGASTEGUI VASQUEZ GERMAN, docente de la FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA de la escuela profesional de INGENIERÍA CIVIL de la UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO SAC - TRUJILLO, asesor de Tesis titulada: "Propuesta de diseño del embalse Ángel I microcuenca San Idelfonso para controlar las inundaciones por el Fenómeno El Niño, Trujillo", cuyo autor es RODRIGUEZ RODRIGUEZ DEISY MARISOL, constato que la investigación tiene un índice de similitud de 16.00%, verificable en el reporte de originalidad del programa Turnitin, el cual ha sido realizado sin filtros, ni exclusiones.

He revisado dicho reporte y concluyo que cada una de las coincidencias detectadas no constituyen plagio. A mi leal saber y entender la Tesis cumple con todas las normas para el uso de citas y referencias establecidas por la Universidad César Vallejo.

En tal sentido, asumo la responsabilidad que corresponda ante cualquier falsedad, ocultamiento u omisión tanto de los documentos como de información aportada, por lo cual me someto a lo dispuesto en las normas académicas vigentes de la Universidad César Vallejo.

TRUJILLO, 08 de Julio del 2023

<b>Apellidos y Nombres del Asesor:</b>	<b>Firma</b>
SAGASTEGUI VASQUEZ GERMAN DNI: 45373822 ORCID: 0000-0003-3182-3352	Firmado electrónicamente por: GSAGASTEGUIVA el 08-07-2023 22:17:56

Código documento Trilce: TRI - 0580516





**FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA  
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL**

### **Declaratoria de Originalidad del Autor**

Yo, RODRIGUEZ RODRIGUEZ DEISY MARISOL estudiante de la FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA de la escuela profesional de INGENIERÍA CIVIL de la UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO SAC - TRUJILLO, declaro bajo juramento que todos los datos e información que acompañan la Tesis titulada: "Propuesta de diseño del embalse Ángel I microcuenca San Idelfonso para controlar las inundaciones por el Fenómeno El Niño, Trujillo", es de mi autoría, por lo tanto, declaro que la Tesis:

1. No ha sido plagiada ni total, ni parcialmente.
2. He mencionado todas las fuentes empleadas, identificando correctamente toda cita textual o de paráfrasis proveniente de otras fuentes.
3. No ha sido publicada, ni presentada anteriormente para la obtención de otro grado académico o título profesional.
4. Los datos presentados en los resultados no han sido falseados, ni duplicados, ni copiados.

En tal sentido asumo la responsabilidad que corresponda ante cualquier falsedad, ocultamiento u omisión tanto de los documentos como de la información aportada, por lo cual me someto a lo dispuesto en las normas académicas vigentes de la Universidad César Vallejo.

<b>Nombres y Apellidos</b>	<b>Firma</b>
RODRIGUEZ RODRIGUEZ DEISY MARISOL <b>DNI:</b> 46920986 <b>ORCID:</b> 0000-0001-8278-2832	Firmado electrónicamente por: DRODRIGUEZROMA el 23-10-2023 12:25:32

Código documento Trilce: INV - 1333736



## Índice de Contenidos

Dedicatoria .....	ii
Agradecimiento .....	iii
Declaratoria de Autenticidad del Asesor .....	iv
Declaratoria de Originalidad de los Autores.....	v
Índice de contenidos .....	vi
RESUMEN .....	vii
ABSTRACT .....	viii
I. INTRODUCCIÓN .....	1
II. MARCO TEÓRICO .....	6
III. METODOLOGÍA .....	11
3.1. Tipo y diseño de investigación .....	11
3.1.1. Tipo de investigación: Aplicada .....	11
3.1.2. Diseño de investigación:.....	11
3.2. Variables y operacionalización.....	11
3.2.1. Variables .....	11
3.2.2. Operacionalización .....	12
3.3. Población, muestra y muestreo.....	12
3.3.1. Población.....	12
3.3.2. Muestras.....	12
3.3.3.Muestreo .....	14
3.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos .....	14
3.5. Procedimientos .....	14
3.6. Método de Análisis de datos .....	15
3.7. Aspectos Éticos .....	24
IV. RESULTADOS .....	25
V. DISCUSIÓN.....	37
VI. CONCLUSIONES .....	39
VII. RECOMENDACIONES .....	42
REFERENCIAS .....	43
ANEXOS .....	48

## Resumen

Esta investigación estudió la problemática de la regulación de las aguas de las precipitaciones máximas extraordinarias producidas por el Fenómeno El Niño, en la quebrada de la microcuenca San Idelfonso, las que fluyen superficialmente para producir inundaciones a la ciudad de Trujillo, hasta con un caudal de  $38 \text{ m}^3/\text{s}$ , proponiéndose para ello, un embalse con capacidad para  $250,000 \text{ m}^3$ , cuya presa el Ángel I, se determinó del tipo de materiales sueltos, con impermeabilización en su paramento aguas arriba con geomembrana de 2 mm de espesor protegida en su interior con un geotextil no tejido de  $260 \text{ gr}/\text{m}^2$  y, con otro geotextil de  $260 \text{ gr}/\text{m}^2$  como filtro en su zona de transición, considerándose bermas de 2.00 m de ancho cada 4.00 m de altura. Esta presa será cimentada sobre suelos cuaternarios aluviales, impermeabilizándola con una pantalla con inyecciones de cemento, además nos permitió la evacuación regulada y laminada de las aguas fuera del embalse de hasta  $6.00 \text{ m}^3/\text{s}$ . Se determinó que la presa el Ángel I, es más factible técnica y económicamente, que otros tipos de presas de materiales sueltos zonificada o de gravedad, cuyo periodo de vida útil fue para más de 30 años.

**Palabras clave:** Inundaciones, fenómeno El Niño, presas impermeabilizadas con geomembranas, aliviaderos de demasías, laminación de caudales.

## **Abstract**

This research studied the problem of regulating the waters of the extraordinary maximum rainfall produced by the El Niño Phenomenon, in the stream of the San Idelfonso micro-basin, which flow superficially to produce floods in the city of Trujillo, up to a flow of 38 m<sup>3</sup>/s, proposing for this, a reservoir with a capacity for 250,000 m<sup>3</sup>, whose dam the Angel I, was determined to be of the type of loose materials, with waterproofing on its upstream face with a 2-mm-thick geomembrane protected inside with a 260 gr/m<sup>2</sup> non-woven geotextile and, with another 260 gr/m<sup>2</sup> geotextile as a filter in its transition zone, considering 2.00 m wide berms for every 4.00 m in height. This dam will be founded on quaternary alluvial soils, waterproofing it with a screen with cement injections, it also allowed us the regulated and laminated evacuation of water out of the reservoir of up to 6.00 m<sup>3</sup>/s. It was determined that the Ángel I dam is technically and economically more feasible than other types of zoned or gravity dams, whose useful life span was more than 30 years.

**Keywords:** Floods, El Niño phenomenon, dams waterproofed with geomembranes, overflow spillways, lamination of flows.



## I. INTRODUCCIÓN

En América, han sucedido fenómenos y desastres a la altura de la línea ecuatorial, debido a que en esa zona se producen los vientos alisios y se entrecruzan entre ellos; es por ello que, aquí ocurren fenómenos que causan lluvias intermitentes, en las costas ecuatorianas y las costas peruanas. Las lluvias son originadas por grandes elevaciones de la temperatura de la superficie del mar, debido a que logran entrar amplias cantidades de aguas cálidas del pacífico occidental (Nueva Zelanda, Mongolia, etc.) dirigidas hacia el pacífico ecuatorial (Perú, Ecuador, etc.), esto es producido por alteraciones de la presión atmosférica y los vientos alisios (Rutllant y Fuenzalida, 1991). Al incremento de la temperatura superficial promedio del mar en 0,5 °C, o más, por al menos 5 meses consecutivos, se le denomina Fenómeno del niño (FEN). Esta corriente estacional cálida que se desplaza de norte a sur a lo largo de la costa de Ecuador y Perú [2], desplazando a la corriente de Humboldt (Glantz, 1996). En la etapa cálida del ciclo, ENOS puede afectar las condiciones meteorológicas en diversas localidades del mundo. En el océano Atlántico, aproximadamente en la costa sur de África, casi siempre ocurren sequías cuando esta fase está presente. Lo cual también es contraproducente en el lado oeste del océano Pacífico (Indonesia, Malasia, Nueva Guinea, Australia oriental), las cuales se presentan como zonas de intensas precipitaciones, y sufren también grandes sequías durante un período cálido del ciclo ENOS. Por otro lado, regiones que se caracterizan por ser normalmente secas e incluso áridas, se ven afectadas por anomalías positivas severas de precipitación, dando su desarrollo en las costas de Ecuador y norte del Perú; siendo estas zonas cerca de la línea ecuatorial, las más afectadas (Rutllant y Fuenzalida, 1991). Dicho fenómeno ha ocurrido en reiteradas ocasiones en la provincia de Trujillo, desatando fuertes precipitaciones, crecidas de río; y por consiguiente desbordes y deslizamientos, siendo el último en marzo del año 2017, el cual generó el desborde de diferentes quebradas, entre ellas la quebrada de San Idelfonso, causando un deslizamiento que afectó a familias de distintos distritos de la provincia de Trujillo (Aurazo, 2017). Es por ello que, es necesario evaluar una posible solución futura y se considera que los

Sistemas de Información Geográfica son herramientas digitales que sirven de apoyo para realizar simulaciones que nos van a permitir prevenir, mitigar y controlar un futuro fenómeno del niño.

El sistema de modelamiento hidrológico (HMS), es una herramienta digital, que va permitir simular la quebrada y recorrido de un río, la respuesta que tendrá en relación al escurrimiento superficial, generado por la precipitación, mediante la muestra de la quebrada como un medio interconectado de elementos hidrológicos e hidráulicos. Existen investigaciones previas que trabajaron de la misma manera, tal es el caso de García (2016), en su trabajo buscaba alternativas para la estabilización de la quebrada Cantuta II con fines de mitigación de deslizamientos donde se estudió distintas metodologías de trabajo que consistían en un sistema mixto conformado por: zanjas de drenaje, camas de gravas y diques de piedra, ubicados estratégicamente en la zona alta, media y baja de la quebrada. El sistema mixto elegido dio resultados satisfactorios para estabilizar la quebrada y reducir efectos del deslizamiento (García, 2016). La ciudad de Trujillo, enfrenta el riesgo permanente de inundaciones, por su ubicación aguas abajo de la microcuenca San Idelfonso (MSI) en donde se acumulan las aguas de las precipitaciones máximas extraordinarias producidas por el Fenómeno El Niño (FEN), las que discurren sobre la ciudad de Trujillo. Esta problemática, es latente en un periodo de 2 a 6 años, cuyas aguas son acumuladas después de cada precipitación en su quebrada de 3 km de longitud, para después discurrir en grandes volúmenes hacia la ciudad de Trujillo, comportándose como flujo turbulento llamado huayco, por la alta concentración de sedimentos que arrastra hasta la ciudad de Trujillo, hasta su desfogue final al mar (Rodríguez, 2022). Esta investigación nació frente a la problemática de estudiar a la microcuenca San Idelfonso, que se ubica en un área de 1,125 ha, entre los 180 msnm y los 1030 msnm, lugar donde se reciben los caudales por las precipitaciones máximas extraordinarias (PME), originadas por el FEN, que producen las inundaciones sobre la ciudad de Trujillo, siendo de gran importancia el embalse, cuya presa Ángel I se investigó su tipo y dimensionamiento, cuya estructura hidráulica nos permitirá regular las aguas recepcionadas en la microcuenca. Del análisis

sobre la realidad problemática, se realizó la formulación del problema ¿Cuál es la propuesta óptima de la presa el Ángel I en la microcuenca San Idelfonso para regular las aguas a fin de controlar las inundaciones sobre la ciudad de Trujillo?

La justificación práctica, buscó determinar la propuesta óptima de la presa el Ángel I en la microcuenca San Idelfonso para regular las aguas a fin de controlar las inundaciones sobre la ciudad de Trujillo, utilizando geomembranas impermeabilizantes en la presa zonificada. En lo que respecta a la justificación teórica, se efectuó con el propósito de aportar nuevos conocimientos para la selección del tipo de presa con otros componentes impermeabilizantes y los tipos de suelos disponibles en la zona para la presa zonificada, además del diseño hidráulico de los aliviaderos de descarga regulada con tuberías a desnivel. Desde el punto de vista de la investigación, para analizar y conceptualizar el tipo de presa zonificada con geomembranas impermeabilizantes, a fin de viabilizar económicamente este tipo de estructuras de regulación de aguas, con la determinación de la propuesta óptima de la presa el Ángel I en la microcuenca San Idelfonso para regular las aguas a fin de controlar las inundaciones sobre la ciudad de Trujillo. En cuanto a la justificación metodológica, se buscó crear un nuevo instrumento o metodología para recolectar y analizar datos hidrológicos que nos permitió controlar las inundaciones del fenómeno climatológico del FEN, a fin de seleccionar y relacionar variables, demostrando su validez para ser utilizado como herramienta en investigaciones futuras en ingeniería de presas. En lo referente a la justificación social, nos permitió trascender ante la sociedad trujillana, por la seguridad y confianza que se proyecta lograr, por la regulación de las aguas en el embalse, que permitirá controlar las inundaciones hacia la ciudad de Trujillo, cuya población actual beneficiada se proyecta al 2024, en casi 1 millón de personas, con alcance a nivel provincial y regional. Desde la justificación ambiental, nos permitió controlar los impactos ambientales negativos, en las personas y en la infraestructura de la ciudad de Trujillo y, alrededores, originados por las inundaciones, las que originaron contaminación del aire debido al polvo y los desechos en

descomposición de las aguas servidas por la rotura de tuberías de alcantarillado y por los suelos contaminados del cementerio de Mampuesto que fueron transportados a zonas urbanas de Trujillo, que produjeron enfermedades respiratorias, oculares, gastrointestinales, dérmicas y otras enfermedades complejas. En cuanto a la justificación económica, nos permitió reducir los costos de construcción con el tipo de presa propuesta, utilizando las geomembranas impermeabilizantes y los geotextiles, además de la utilización de los tipos de suelos disponibles en la zona del embalse, los que requirieron tamizaje para su utilización en cada zona. Además, nos permitió evitar los daños y, las consecuentes pérdidas a las edificaciones públicas y privadas, a la agroindustria, industria, minería, pesquería y comercio, por la interrupción de las vías de comunicación y caída de puentes, los que impidieron el libre desplazamiento de bienes, insumos y mercancías y, personas en la región, y, la consecuente caída estacional del producto bruto interno (PBI), regional y por ende nacional. Esta investigación tuvo como objetivo general, proponer el diseño del embalse Ángel I en la microcuenca San Idelfonso para control de inundaciones por El fenómeno El niño, Trujillo. En esta investigación, se plantearon tres objetivos específicos; (1) Determinar el tipo de suelo con fines de cimentación de la presa el Ángel I, (2) Determinar el caudal de agua para el dimensionamiento de la presa el Ángel I, (3) Determinar la simulación del embalse Ángel I. Se planteó la hipótesis: es posible determinar la propuesta óptima de la presa Ángel I en la microcuenca San Idelfonso para regular las aguas a fin de controlar las inundaciones sobre la ciudad de Trujillo. El sistema de drenaje estaba integrado por un canal de drenaje principal de 5.83 km, para un caudal de diseño de  $21.29 \text{ m}^3/\text{s}$ , y para captar el agua de las nanocuenca medias, se propusieron dos canales de drenaje secundarios, de 3.1 km para un caudal máximo de  $7.03 \text{ m}^3/\text{s}$ , y, el otro canal de drenaje de 2.4 km para un caudal máximo de  $3.31 \text{ m}^3/\text{s}$ , que fueron captados para su regulación en el embalse Ángel I, con una presa de materiales sueltos, para una capacidad de  $250,000 \text{ m}^3$ , a fin de regular el caudal instantáneo de las PME a un caudal de  $1.74 \text{ m}^3/\text{s}$ " (Rodríguez, 2022).

Seleccionando el tipo de presa y su dimensionamiento propuesto en esta investigación, se demostró la hipótesis determinando la propuesta óptima de la presa el Ángel I en la microcuenca San Idelfonso para regular las aguas a fin de controlar las inundaciones sobre la ciudad de Trujillo.

## II. MARCO TEÓRICO

Antecedentes nacionales (Córdova, 2015). En esta investigación tuvo como objetivo general realizar un diseño hidráulico de un embalse regulador de caudales en máximas avenidas con fines de control de inundaciones en la quebrada Apanguraico, Picota, San Martín esta investigación es tipo de aplicada, diseño de investigación no experimental, tuvo como resultado un levantamiento topográfico de 50.66 Ha, por motivos de la no existencia de estaciones hidrométricas se elaboró hidrograma sintético, los máximos caudales se obtuvieron con diferentes métodos: métodos directo situación normal: 7.82 m<sup>3</sup>/s, método directo situación no inundable es 22.00 m<sup>3</sup>/s, método del número de curva periodo de retorno 100 años es 204.58 m<sup>3</sup>/s, método hidrograma sintético 280.37 m<sup>3</sup>/s, coeficiente de Manning 0.063, con un cauce 0.058 y el margen izquierdo de 0.063, coeficientes que se ingresaron en el modelo. El área inundable con el hidrograma sintético fue de 8.75 hectáreas de los cuales 5.46 hectáreas corresponden al área urbana de la localidad de Alfonso Ugarte. La altura del embalse regulador de caudales del punto más bajo hasta la corona es de 35.13 metros con una cota de 329.40 m.s.n.m., esto se debe a la cercanía de éste con la localidad de Alfonso Ugarte. Se consideró un borde libre de 1.02 metros. El ancho de corona fue de 3.00 metros y el talud propuesto es de 2 en vertical y 1 en horizontal. Con lo cual se almacena 17.12 MMC de agua. El nivel máximo no inundable que podría tener el espejo de agua es de 293.00 m.s.n.m. Se concluyen la infraestructura cumple con los parámetros de las dimensiones hidráulicas del embalse regulador de caudales (Pinchi y Hidalgo, 2020) En esta investigación Diseño hidráulico de un embalse regulador de caudales en máximas avenidas con fines de control de inundaciones en la quebrada Apanguraico de la localidad de Alfonso Ugarte, distrito de Shamboyacu, provincia de Picota – San Martín 2018: El presente trabajo de investigación se realizó para la localidad de Alfonso Ugarte, ubicada en la provincia de Picota, departamento de San Martín, con el propósito de realizar el diseño hidráulico de un embalse regulador de caudales, mediante el modelo de simulación hidráulica HecRas. La metodología se realizó en 3 etapas: En la primera fase se recolectó datos de fuente primaria y secundaria. En la

segunda fase se realizó la salida de campo, en la cual se realizó el reconocimiento de la zona en estudio y conversar con los pobladores sobre la problemática, en la siguiente salida de campo se realizó el levantamiento topográfico. En la fase de gabinete se hizo el procesamiento de los datos topográficos obtenidos, con el software Civil 3D para luego usando el software ArcGIS rasterizar dicha información exportándolo a un archivo que pueda ser leído por el HecRas en donde se procedió con el modelamiento hidráulico. Finalmente se puso la infraestructura del embalse obteniendo así las dimensiones hidráulicas del embalse regulador de caudales y se discuten los resultados. Antecedentes internacionales (Comas y Espino, 2018) En esta investigación el objetivo es diseñar un embalse desde el punto de vista hidrológico en la cuenca del río Boba, tiene una investigación aplicada, diseño de investigación no experimental, tuvo como resultados volumen de operaciones o activo, el volumen muerto corresponde a un 25% del volumen de almacenamiento y el valor obtenido es de 34,295,656.98 m<sup>3</sup>. Este volumen está formado por la acumulación de sedimentos provenientes del escurrimiento de la cuenca tributaria de 237 km<sup>2</sup>. La precipitación media anual de la zona es de 2387.9 mm, razón por la que el volumen de escurrimiento presenta un valor de 14, 148,307.5 m<sup>3</sup> anuales. La evaporación media anual en la zona de estudio es de 71.2 mm. Este valor corresponde a una pérdida total por evaporación de aproximadamente 796,633.16 m<sup>3</sup> para el embalse. La cortina de retención tendrá una altura de 60 metros de altura hasta el nivel del agua, añadiéndose un borde libre de 2 m, esto suma un total de 62 m de altura. La corona de la cortina por criterios ya mencionados entra 15.5 metros para brindar estabilidad a la estructura de retención. Se concluye que tomando en cuenta las entradas por escurrimiento, caudal del río y las pérdidas generadas por demanda, infiltración y evaporación, se estima que el embalse podría llenarse en 2 años. Este tiempo puede variar de acuerdo a las precipitaciones de la zona (Triana y Leal, 2022) en esta investigación propuesta sostenible para la mitigación del riesgo de inundación en la cuenca alta del río Combeima municipio Ibagué, Tolima. Colombia. En las últimas décadas se ha presenciado como distintos fenómenos y amenazas de considerables

temperaturas han alcanzado frecuentemente en el país, pues el incremento de las precipitaciones y la presencia de largas temporadas invernales, producen efectos negativos sobre los sistemas hidrológicos y generan un alto nivel de vulnerabilidad en las poblaciones, esto se debe a que la gran mayoría de la distribución geográfica del país, se encuentra expuesta a inundaciones, por lo que históricamente en Colombia, este fenómeno cuenta con el mayor número de eventos registrados. Así las cosas, la presente investigación tiene como objetivo plantear una propuesta sostenible para el control del riesgo por eventos de inundación a través del desarrollo de una metodología basada en la implementación de Sistemas de Información Geográfica, lenguaje Python y WEAP en la cuenca alta del río Combeima, municipio de Ibagué, Tolima. Estas herramientas computacionales permitieron realizar un diagnóstico detallado de la zona de estudio y un procesamiento de datos de las series hidrometeorológicas reportadas por una vez estaciones del IDEAM, ubicadas en la cuenca alta del río. Así mismo, por medio del despliegue del modelo hidrológico en WEAP se analizó el comportamiento histórico de la cuenca, lo que determinó determinar que, según las características y particularidades de la zona, la implementación de embalses y el diseño en línea clave para la reforestación con árboles maderables y cultivos de arroz, son las soluciones basadas en la naturaleza más pertinentes para reducir el riesgo de inundación en la cuenca alta del río Combeima. Bases teóricas, en esta investigación definimos y nombramos al área en estudio como Microcuenca San Idelfonso (MSI). El concepto de una cuenca hidrográfica, viene a ser el espacio de terreno limitado por las partes más altas de las montañas, laderas y colinas, en él se desarrolla un sistema de drenaje superficial que concentra sus aguas en un río o quebrada principal, el cual se integra al mar, lago u otro río más grande. Este espacio se puede delimitar en una carta altimétrica, siguiendo la divisoria de las aguas *divortium aquarum* (Becerra, 2019). Cuencas: dependiendo del grado de concentración de la red de drenaje, definen unidades menores como; (1) Subcuenca, es toda área que desarrolla su drenaje directamente al curso principal de la cuenca, pudiendo varias subcuencas formar una cuenca, (2) Microcuenca, es toda área que desarrolla su drenaje directamente al curso



principal de una subcuenca, pudiendo varias microcuencas formar una subcuenca (Becerra, 2019). Otra clasificación es, según el tamaño del área que encierran, siendo; (A) Microcuenca, de orden 1, 2, 3 y con área entre 10 a 25 km<sup>2</sup>, siendo en nuestro caso en estudio el área de 11,25 km<sup>2</sup>, (B) Subcuenca, de orden 4, 5 y con área entre 250 a 500 km<sup>2</sup>, (C) Cuenca, de orden 6, 7 o más y con área mayor a 500 km<sup>2</sup> (Ruiz & Torres, 2011). En esta investigación nos referimos a la microcuenca hidrográfica (MH), porque nos referimos exclusivamente a las aguas superficiales, siendo distinta de una “cuenca hidrológica” que se refiere a todos recursos hídricos tanto superficiales como subterráneos. En esta investigación se dividió la microcuenca hidrográfica en varias nanocuencas hidrográficas, siendo la delimitación del territorio por medio de subdivisiones consecuentes, microcuenca y nanocuenca, las cuales se comportan como parte de un sistema (Rodríguez, 2022). Actualmente, la información hidrológica, disponible y tratada, referente al FEN y sus implicancias, es escasa y poco consistente, por la falta de estudios que nos permitan determinar la lámina bruta y neta, a fin de predecir los volúmenes de agua generados, a su paso por las ciudades producen inundaciones, cuyo escurrimiento superficial produce destrucción a la propiedad pública y privada, cuyo fluido de agua con sedimentos, se tornó incontrolable. Específicamente, en la ciudad de Trujillo, el FEN produjo desolación, caos y miseria, en muchas familias trujillanas, principalmente en el Distrito El Porvenir, donde estos huaycos, erosionaron y socavaron viviendas de adobe y barro, que se encuentran dentro del cauce antiguo por donde discurría este flujo superficial hace varios miles de años, cuyo ancho era mayor a 200 metros, por ende, se encuentran en riesgo permanente, haciéndolos vulnerables. Por ello, esta investigación, se orientó a proponer un sistema de drenaje dentro de la microcuenca San Idelfonso, que nos permita controlar estas inundaciones a la ciudad de Trujillo (Rodríguez, 2022). Según el Glosario “El Niño costero”: Evento climático anómalo con altas temperaturas del mar en la costa norte que puede coincidir con el FEN y/o con El Niño global, pero no necesariamente. La definición operacional está en ENFEN (2012) (Takahashi K. , 2017). Las inundaciones producidas en la ciudad de Trujillo, como variable

independiente, fueron investigadas, a fin de determinar su comportamiento teórico y, físico-matemático, que nos permitió la simulación hidrológica e hidráulica del escurrimiento superficial del agua en las nanocuenca de la Microcuenca San Idelfonso. Las presas de los embalses con revestimiento de geomembrana, que viene a ser el conjunto de las capas superpuestas, necesarias para la realización, colocación y protección de la geomembrana; siendo en la mayoría de los casos, este dispositivo constar de tres capas; siendo una capa de soporte o apoyo, una geomembrana impermeable y una capa de protección con geotextil (Comité Español de Grandes Presas, 1994). Las presas con impermeabilización de geomembranas son mucho más baratas que las presas zonificadas con materiales sueltos con núcleo de arcilla y éstas a su vez, mucho más baratas que las presas de concreto armado o presas de gravedad. En lo referente a la determinación por caracterización geológica de los tipos de suelos con fines de cimentación para la presa el Ángel I, en la parte alta de la quebrada San Idelfonso, se basó en los análisis de laboratorio de mecánica de suelos, cuyos resultados se presentan más adelante. En cuanto a la determinación de los volúmenes de agua para el dimensionamiento de la presa Ángel I, se consideró el estudio de la hidrología, cuyos cálculos y resultados se presentan en las tablas respectivas.

### III. METODOLOGÍA

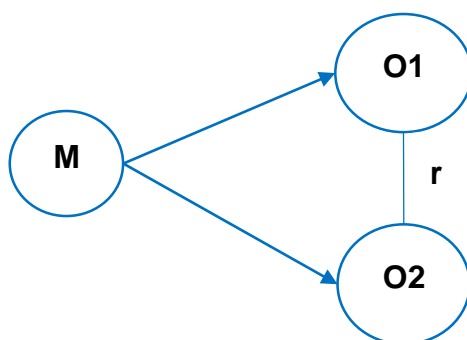
#### 3.1 Tipo y diseño de investigación

##### 3.1.1. Tipo de investigación

Esta investigación se enmarcó dentro de una investigación aplicada, porque siendo una base de las ciencias formales, nos permite formular hipótesis sobre fenómenos naturales, a fin de proponer la presa el Ángel I en la microcuenca San Idelfonso para regular las aguas a fin de controlar las inundaciones sobre la ciudad de Trujillo (Esteban, 2018).

##### 3.1.2. Diseño de investigación

Esta investigación es de tipo no experimental, puesto que no tiene control sobre las variables y que no fueron manejadas, por lo tanto, es de tipo transversal, donde se obtuvo información histórica del año 2017, de un caudal pico generado por las precipitaciones máximas extraordinarias. Por su importancia es correlacional, ya que determina la relación de variables, implicando el esclarecimiento de causas (Hernandez-Sampieri & Mendoza, 2018).



**Figura 1.** Esquema del *diseño de investigación*. Fuente: *Elaboración Propia* Donde:

M : Muestra

O1 : Observación de la variable regulación de inundaciones en Trujillo

O2 : Observación de la variable el tipo de presa en la microcuenca San Idelfonso, Trujillo.

#### 3.2 Variables y operacionalización

##### 3.2.1 Variables

- Variable independiente: Inundaciones en la ciudad de Trujillo
- Variable dependiente: Presa en la microcuenca San Idelfonso

### **3.2.2 Operacionalización**

La operacionalización de la variable independiente y dependiente investigadas, se presenta en el Anexo 1: Tabla de operacionalización de variables.

## **3.3 Población, muestra y muestreo**

### **3.3.1 Población**

La población en estudio fue una serie histórica de datos definidos por las inundaciones en la ciudad de Trujillo, limitados y accesibles, que formará parte de la muestra, y que cumple con los criterios hidrológicos. Por ello nuestra población en ese contexto se consideró a las inundaciones en la ciudad de Trujillo, como el objeto en estudio.

### **3.3.2 Muestra**

Es una parte de la población, es decir de las inundaciones que fueron consideradas en la investigación. Los procedimientos para obtenerlos fueron mediante una selección directa del pico más alto. La muestra estuvo representada por la inundación del año 2017. Los criterios de inclusión de la muestra, fueron todas las inundaciones que se encuentren dentro del periodo que deben tener para ser consideradas en la investigación. Los criterios de exclusión de la muestra, fueron las inundaciones que estuvieron fuera de la estacionalidad y que pudieron alterar los resultados, que en consecuencia fueron desechadas para el estudio.

**Tabla 1** Datos de las PME en la MSI en Trujillo, marzo 2017.

Ítem N°	Fecha (dd-mm-aa)	Horas (hh-mm)	Pp/hr (mm)	Fenómeno El Niño (Tipo de descarga)
1	14-03-2017	21:20	16.9	Lluvias intensas en El Porvenir
2	15-03-2017	16:30	1.5	1ra descarga de las PME
3	17-03-2017	15:20	9.0	2da descarga de las PME
4	17-03-2017	17:20	2.8	3ra descarga de las PME
5	18-03-2017	13:18	3.2	4ta descarga de las PME
6	18-03-2017	17:20	5.8	5ta descarga de las PME
7	<b>19-03-2017</b>	<b>12:30</b>	<b>27.5</b>	<b>6ta descarga de las PME</b>
8	22-03-2017	13:50	3.4	7ma descarga de las PME

Fuente: (Solar, 2017) Municipalidad Distrital de El Porvenir.

Esta investigación fue iniciada con la información hidrometeorológica del año 2017, que consideró a las inundaciones producidas por el FEN. De la Tabla 1, la información obtenida fue representativa como las PME, que originó la inundación a la ciudad de Trujillo en un periodo de ocho (08) días calendario continuos, cuyas descargas se muestran en diversos escenarios en la escala de Likert, que es un instrumento de medición de datos cuantitativos.

**Tabla 2** Cronología de los eventos de las PME en la MSI en Trujillo, marzo 2017.

Ítem N°	Fecha (dd-mm-aa)	Horas (hh-mm)	Pp/hr (mm)	FEN N° Descarga	Escenario en la Escala de Likert
1	14-03-2017	21:20	16.9	Lluvias intensas	Algo pesimista
2	15-03-2017	16:30	1.5	1ra descarga	Muy optimista
3	17-03-2017	15:20	9.0	2da descarga	Algo optimista
4	17-03-2017	17:20	2.8	3ra descarga	Muy optimista
5	18-03-2017	13:18	3.2	4ta descarga	Muy optimista
6	18-03-2017	17:20	5.8	5ta descarga	Optimista
7	19-03-2017	12:30	27.5	6ta descarga	Muy pesimista
8	22-03-2017	13:50	3.4	7ma descarga	Muy optimista

Fuente: (Solar, 2017) Municipalidad Distrital de El Porvenir.

### **3.3.3 Muestreo**

En esta investigación, es no probabilística a conveniencia, el cual se consideraron criterios para el muestreo: primero, se consideró a los tipos de suelos en la quebrada de la microcuenca; segundo, a los volúmenes de agua para el dimensionamiento de la presa y; tercero a los parámetros hidráulicos para el dimensionamiento de las estructuras en la presa el Ángel I, de acuerdo a los procedimientos de las normas técnicas NTP / ASTM, que serán la unidad de análisis.

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

En esta investigación se recolectó mediante la técnica de revisión documentaria donde los datos de la serie histórica de las inundaciones, registrando los datos de manera sistemática y confiable, con procedimientos normalizados, siendo fundamental de esta técnica que debe ser estructurada, donde se clasifican, ordenan y relacionan los datos de las inundaciones a investigar en forma precisa y objetiva (Mejía, 2005). Con respecto a los instrumentos se consideró ficha resumen referente a toma de datos, información y revisión.

### **3.5 Procedimientos**

Se determino, el flujo del procedimiento el cual se muestra en el siguiente diagrama.

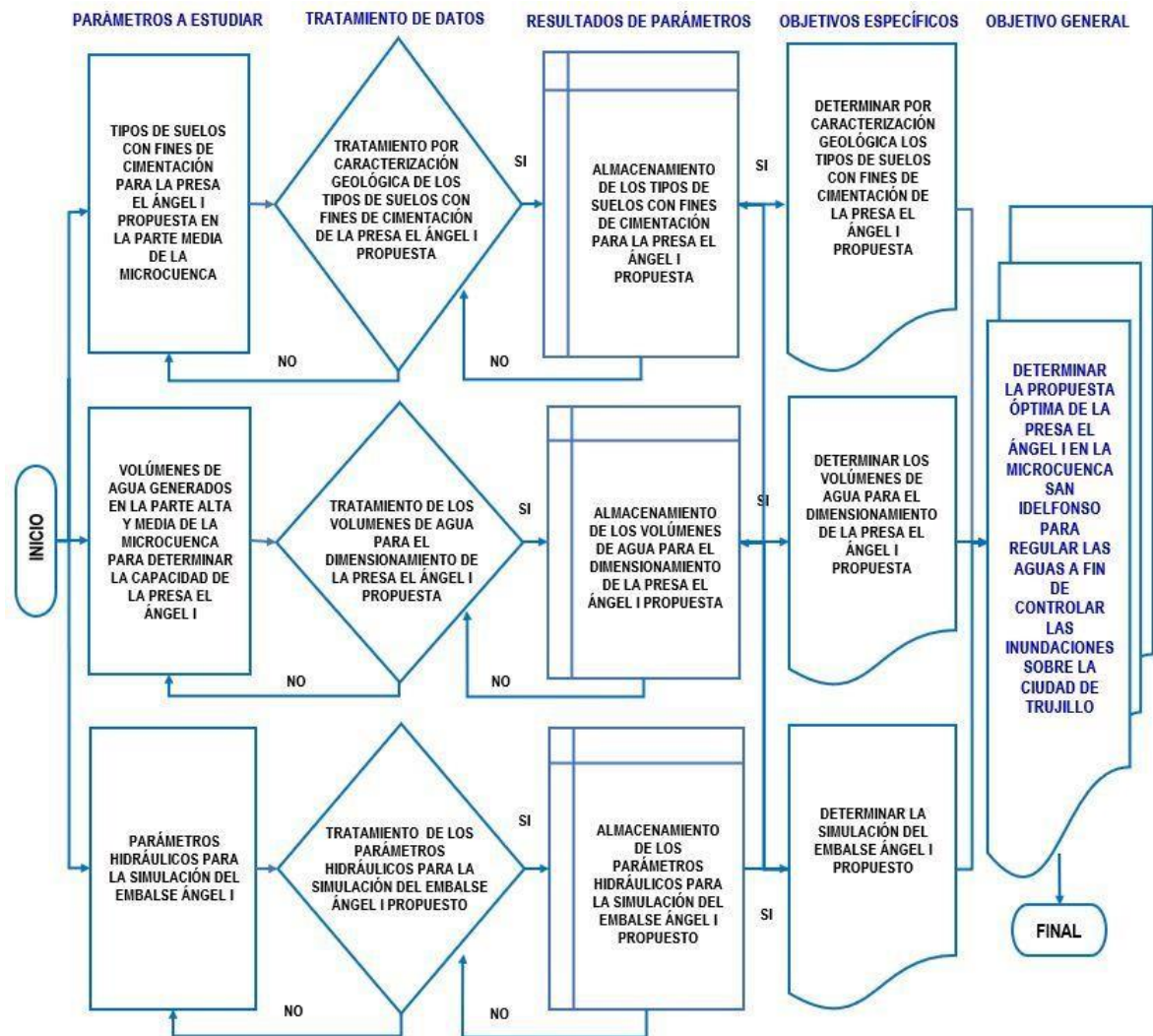


Figura 2. Diagrama de flujo del procedimiento. Fuente: Elaboración Propia

### 3.6 Método de análisis de datos

Luego de obtenidos los resultados del tratamiento de datos hidrológicos, éstos serán ingresados y *procesados estadísticamente*, en forma ordenada, para una mejor lectura y entendimiento, luego serán representados mediante tablas promedios y figuras. Luego del ordenamiento y *procesamiento de datos*, por métodos hidrológicos, se obtuvo una base de datos cuantitativa, que nos permitió definir los picos de las precipitaciones extraordinarias con sus respectivas laminas brutas y netas, y a su vez, se trató la información para determinar la capacidad del embalse a proponer en el cauce de la quebrada principal San Idelfonso, en la que se almacenaron las aguas que

después fueron laminadas y descargadas aguas abajo del mismo, fuera de la microcuenca San Idelfonso, determinándose las conclusiones respecto a la hipótesis y objetivos planteados en la investigación.

En esta investigación, se realizaron actividades de reconocimiento de las áreas de las microcuencas vecinas, las cuales se presentan a continuación y que fue plasmada en los planos presentados en esta investigación. Se determinó las áreas de las microcuencas especificadas en la Tabla 3 y Figura 3:

**Tabla 3** Áreas de las microcuencas vecinas a la MSI.

Ítem N°	Nombre de las Microcuencas	Área de las Microcuencas		
		(m <sup>2</sup> )	(ha)	Refer. MSI (%)
1	San Idelfonso (base %)	11.249.112,632	1,125	100.00%
2	Bello Horizonte	20.042.199,517	2,040	178.17%
3	San Carlos	46.714.706,095	4,671	415.27%
4	Pedregal	114.208.109,797	11,421	1015.26%
5	El León	139.431.774,120	13,943	1239.49%

*Fuente:* (Rodríguez, 2022)

En la Figura 3, se observa el plano con cuadrículas cada 2,000 m y con curvas de nivel cada 50 m, con la delimitación hidrológica de las microcuencas ubicadas en la cabecera de la ciudad de Trujillo. Los trabajos fueron procesados en Autodesk Civil 3D. La microcuenca San Idelfonso, es la más pequeña en área y la que drena sus aguas directamente a la ciudad de Trujillo.



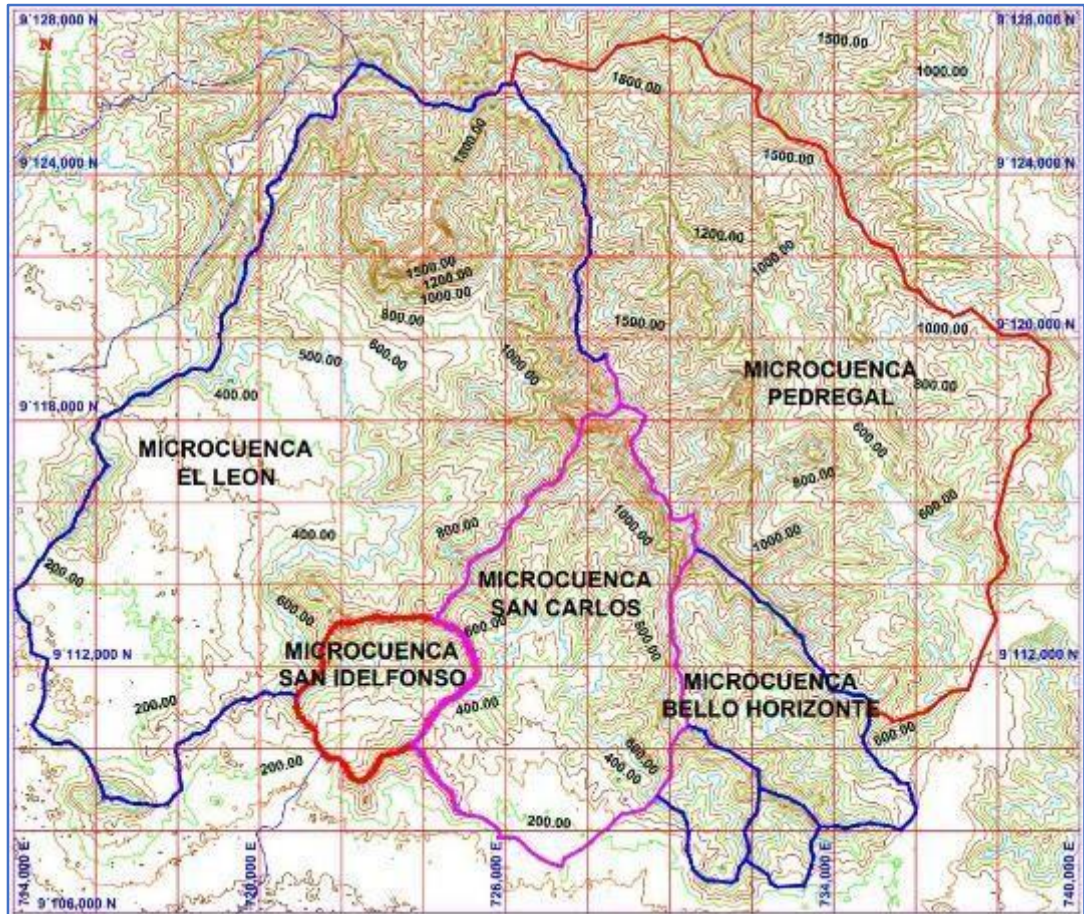


Figura 3. Plano de delimitación de las microcuencas vecinas a la MSI. Fuente: (Rodríguez, 2022)

La topografía del terreno en la quebrada San Idelfonso, dentro de la Microcuenca San Idelfonso (MSI), con curvas de nivel cada un (01) metro, nos permitió proponer la estructura hidráulica de regulación denominada embalse Ángel I, con su respectiva presa Ángel I, con materiales sueltos disponibles en la zona.

En este plano, se determinó las áreas de las nanocuenas altas, medias y bajas, con sus porcentajes respecto del área total de la microcuenca, mostrados en la Tabla 4:

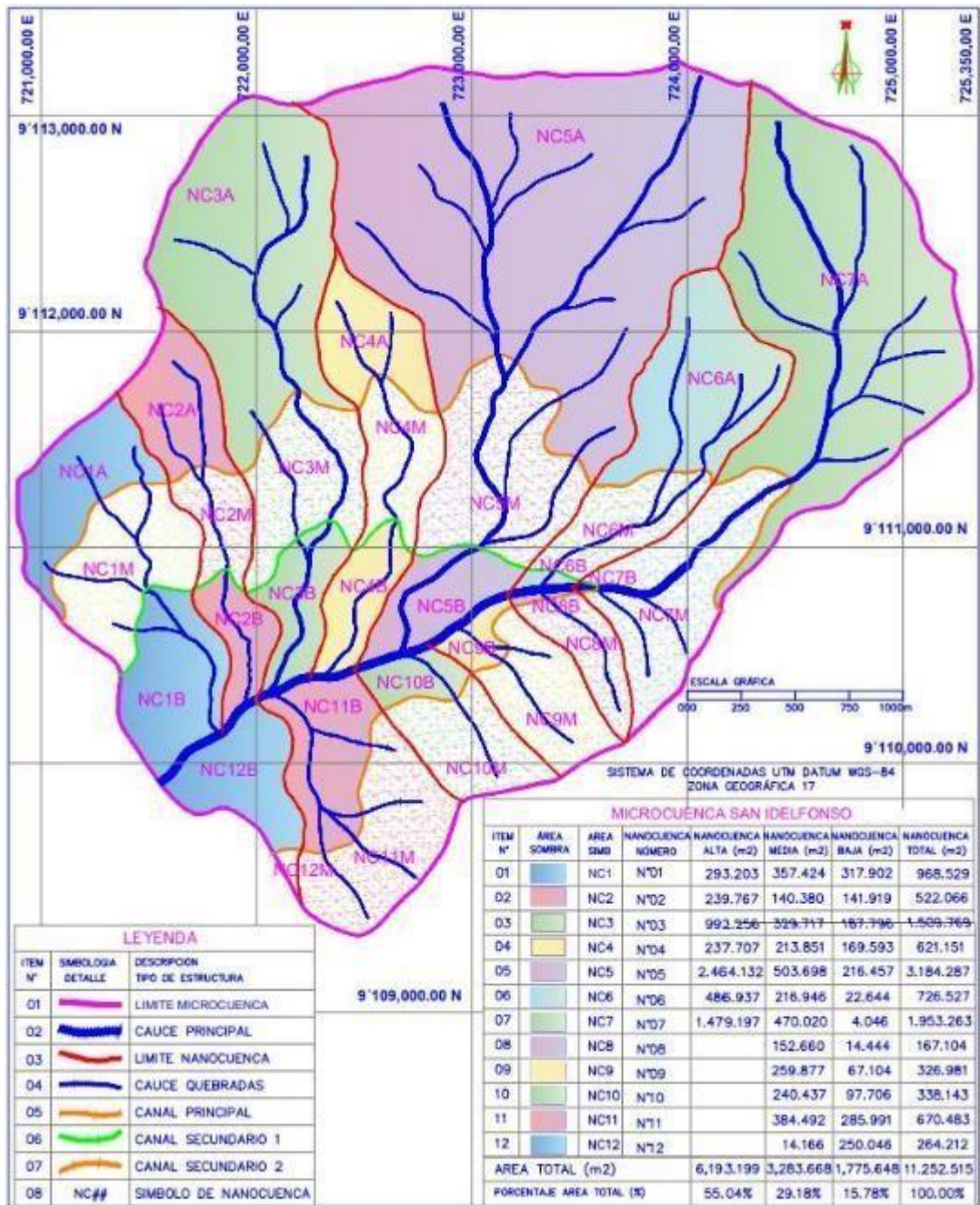


Figura 4. Plano hidrográfico con las nanocuenas en la MSI. Fuente: (Rodríguez, 2022)

**Tabla 4. Áreas de las nanocuencas altas, medias y bajas en la MSI.**

Áreas de las nanocuencas (m <sup>2</sup> )					
Ítem N°	Nanocuenca Símbolo	Nanocuencas Altas (m <sup>2</sup> )	Nanocuencas Medias (m <sup>2</sup> )	Nanocuencas Bajas (m <sup>2</sup> )	Nanocuencas TOTAL (m <sup>2</sup> )
1	NC1	293,203	357,424	317,902	968,529
2	NC2	239,767	140,380	141,919	522,066
3	NC3	992,256	329,717	187,796	1,509,769
4	NC4	237,707	213,851	169,593	621,151
5	NC5	2,464,132	503,698	216,457	3,184,287
6	NC6	486,937	216,946	22,644	726,527
7	NC7	1,479,197	470,020	4,046	1,953,263
8	NC8		152,660	14,444	167,104
9	NC9		259,877	67,104	326,981
10	NC10		240,437	97,706	338,143
11	NC11		384,492	285,991	670,483
12	NC12		14,166	250,046	264,212
Área Subtotal (m <sup>2</sup> )		6,193,199	3,283,668	1,775,648	11,252,515
Área Porcentaje (%)		55.04%	29.18%	15.78%	100.00%
Área Drenaje (m <sup>2</sup> )			9,476,867	1,775,648	11,252,515
Área Porcentaje (%)			84.22%	15.78%	100.00%

Fuente: (Rodríguez, 2022)

En esta investigación, se aplicó un instrumento de medición de datos cuantitativos, denominado la escala de Likert (Tabla 8), tomando como base la condición muy pesimista que corresponde a la PME del año 2017, cuyo factor de seguridad es uno (1.00), hasta la condición muy optimista que corresponde a un factor de seguridad, quince decimales (0.15). Los resultados de estos siete escenarios se muestran con su respectivo factor de seguridad (FS) y la correspondiente lámina de precipitación bruta asumida para simulación hidrológica de 4.0, 8.0, 12.0, 16.0, 20.0, 24.0 y 27.5 mm. La lámina bruta máxima, con precipitación de 27.5 mm, se muestra en la Tabla 5.

**Tabla .** Escenarios en la escala de Likert para la simulación hidrológica en la Presa Ángel I.

Escenarios en la escala de Likert en la MSI en un $A_{mc}=94.77$ ha. (84.22%)					
Ítem	Escenarios	Factor	Lámina P.	Volumen	Volumen Bruto
N°	Condición	de	Bruta	Precipitado	Embalsado (-40%)
	Escala de	seguridad	24 horas	P=100%	P=60%
	Likert	F.S.	$L_{pb}$	$V_p=A_{mc}*L_{pb}$	$V_b=A_{mc}*L_{pb}*0.60$
	(adim)	(adim)	(mm)	( $m^3$ )	( $m^3$ )
1	Muy optimista	0.15	4.0	37,907	22,744
2	Optimista	0.29	8.0	75,815	45,489
3	Algo Optimista	0.44	12.0	113,722	68,233
4	Promedio	0.58	16.0	151,630	90,978
5	Algo pesimista	0.73	20.0	189,537	113,722
6	Pesimista	0.87	24.0	227,445	136,467
7	Muy pesimista	1.00	27.5	260,614	156,368

Fuente: Elaboración propia

En esta investigación, para el diseño más confiable propuesto, de las estructuras hidráulicas, se consideró el factor de seguridad 1.00, porque corresponde a la lámina de precipitación bruta -  $L_{pb}$ , más alta que originó el mayor impacto por la inundación a la ciudad de Trujillo el 19-03-2017.

Se determinó la simulación hidrológica, para los caudales generados con la precipitación máxima extraordinaria – PME, en la Microcuenca San Idelfonso – MCSI, con una lámina de precipitación bruta de  $L_{pb}=27.5$  mm (19-03-2017), mostrada en la Tabla 3, cuyas aguas se aportaron al canal principal de sección rectangular y telescópica, en la margen derecha, con una persistencia al 75%. Se determinó, el caudal neto generado, en las nanocuenca altas y en cada tramo del canal principal margen derecha y, para el diseño hidráulico de los canales de drenaje de sección telescópica, el caudal neto acumulado.

**Tabla***Aportes de agua de las nanocuencas altas en la MSI con  $L_{pb}=27.5$  mm*CAUDALES GENERADOS: ESCENARIO MUY PESIMISTA ( $L_{pb}=27.5$  mm)

Ítem N°	Aporte de las nanocuencas altas al Canal Principal (margen derecha)	NanoCuenca Símbolo (M.D.) (NC#A)	Área Nano Cuenca $A_{nc}$ ( $m^2$ )	Caudal Neto Pers=75% $Q_n=Q_b*75%$ ( $m^3/s$ )	Caudal Neto Acumulado Persiste=75% $Q_{na}=Q_n$ ( $m^3/s$ )
Aportes al canal principal: margen derecha en $A_{mc}=6,193,199$ $m^2$ (55.04%)					
1	Nanocuenca 1 Alta	NC1A	293,203	1.01	1.01
2	Nanocuenca 2 Alta	NC2A	239,767	0.82	1.83
3	Nanocuenca 3 Alta	NC3A	992,256	3.41	5.24
4	Nanocuenca 4 Alta	NC4A	237,707	0.82	6.06
5	Nanocuenca 5 Alta	NC5A	2,464,132	8.47	14.53
6	Nanocuenca 6 Alta	NC6A	486,937	1.67	16.20
7	Nanocuenca 7 Alta	NC7A	1,479,197	5.09	21.29

Fuente: Elaboración propia

Los escenarios de los caudales generados por los aportes al canal de drenaje principal margen derecha, para las láminas de precipitación bruta  $L_{pb}$  de 4.0, 8.0, 12.0, 16.0, 20.0 y 24.0 mm en 24 horas, se presentan en las tablas 16 a la 21, en el anexo 2: Cálculos hidráulicos.

Se determinó, el caudal neto generado, en las nanocuencas medias que alimentaron a cada tramo de los canales secundarios margen derecha y margen izquierda. Para el diseño hidráulico de los canales de drenaje de sección telescópica, se empleó el caudal neto acumulado.

**Tabla**

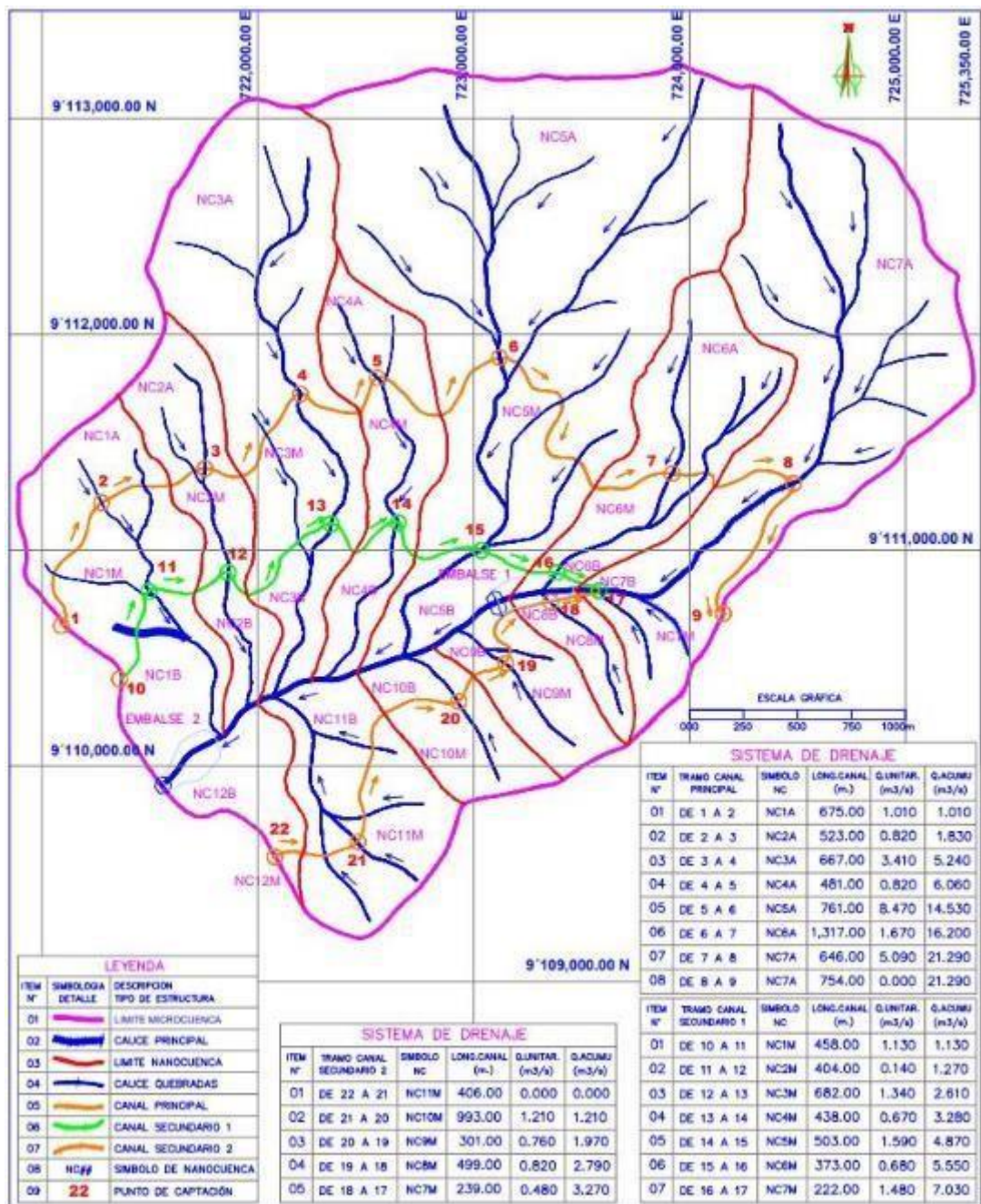
*Aportes de agua de las nanocuenca medias en la MSI con  $L_{pb}=27.5$  mm*

CAUDALES GENERADOS: ESCENARIO MUY PESIMISTA ( $L_{pb}=27.5$  mm)

Ítem N°	Aporte de la Nanocuenca medias al Canal Secundario (margen derecha)	NanoCuenca Símbolo (M.D.) (NC#A)	Área Nano Cuenca $A_{nc}$ (m <sup>2</sup> )	Caudal Neto P=75% $Q_n=Q_b*75%$ (m <sup>3</sup> /s)	Caudal Neto Acumulado P=75% $Q_{na}=Q_n$ (m <sup>3</sup> /s)
Aportes al canal secundario 1: margen derecha $A_{mc}=2,232,036$ m <sup>2</sup> (19.84%)					
1	Nanocuenca 1 Media	NC1M	357,424	1.13	1.13
2	Nanocuenca 2 Media	NC2M	140,380	0.14	1.27
3	Nanocuenca 3 Media	NC3M	329,717	1.34	2.61
4	Nanocuenca 4 Media	NC4M	213,851	0.67	3.28
5	Nanocuenca 5 Media	NC5M	503,698	1.59	4.87
6	Nanocuenca 6 Media	NC6M	216,946	0.68	5.55
7	Nanocuenca 7 Media	NC7M	470,020	1.48	7.03
Aportes al canal secundario 2: margen izquierda $A_{mc}=1,051,632$ m <sup>2</sup> (9.35%)					
8	Nanocuenca 12 Media	NC12M	14,166	0.12	0.12
9	Nanocuenca 11 Media	NC11M	384,492	0.36	0.48
10	Nanocuenca 10 Media	NC10M	240,437	0.82	1.30
11	Nanocuenca 9 Media	NC9M	259,877	0.76	2.06
12	Nanocuenca 8 Media	NC8M	152,660	1.11	3.17
13	Nanocuenca 7 Media	NC7M	7,000	0.10	3.27

Fuente: Elaboración propia

Los escenarios de caudales generados por los aportes a los canales de drenaje secundarios, margen derecha y margen izquierda, para las láminas de precipitación bruta  $L_{pb}$  de 4.0, 8.0, 12.0, 16.0, 20.0 y 24.0 mm en 24 horas, se presentan en las tablas 22 a la 27, en el anexo 2: Cálculos hidráulicos. Se determinó, el caudal neto generado, en las nanocuenca bajas, aportantes a la quebrada San Idelfonso, desde la margen derecha y margen izquierda.



**Figura 5.** Plano hidrográfico con la red de drenaje en la MSI.

Fuente: Elaboración propia

Se determinó, la simulación hidráulica, para los caudales generados por las PME, en la Microcuenca San Idelfonso (MSI), con el escenario muy pesimista, con una lámina de precipitación bruta de  $L_{pb}=27.5$  mm en 24 horas. Se consideró el volumen de pérdida de agua en el embalse por infiltración de 15% y el volumen de pérdida de agua por evaporación de 5%.

Se determinó, la capacidad del Embalse Ángel I y Embalse Ángel II, de acuerdo a los aportes de agua del canal principal y de los canales secundarios, en un área de la microcuenca de  $A_{mc}=9,476,867 \text{ m}^2$  y de  $A_{mc}=11,252,515 \text{ m}^2$  respectivamente, con factores de seguridad (FS) para la lámina de precipitación bruta ( $L_{pb}$ ) de 1.00, 1.09, 1.27, 1.45, 1.64, 1.82 y 2.00.

### **3.7 Aspectos éticos**

En esta investigación, valoramos como indispensable los aspectos éticos, los cuales estuvieron presentes en todas las etapas y procesos en la elaboración de nuestra investigación, de tal manera de garantizar la fidelidad y rectitud de los resultados, estos serán obtenidos en cumplimiento estricto en lo establecido en la norma técnica peruana - NTP; así mismo, será considerada la responsabilidad social, respetándose la autoría de los documentos considerados para su desarrollo.

Esta investigación fue realizada con ficha de registro actualizada, utilizándose normas APA 7<sup>a</sup> edición, aplicada para las citas de autores y años, y, el marco teórico. Se respetó la guía metodológica de la Universidad Cesar Vallejo y los reportes de precipitaciones proporcionados por la Municipalidad Distrital de El Porvenir (Senamhi no tenía actualizada su base de datos), los cuales se manejaron con confidencialidad.



#### IV. RESULTADOS

Respondiendo al objetivo 1) Determinar el tipo de suelo con fines de cimentación de la presa el Ángel I

**Tabla 8.** Análisis granulométrico del suelo por tamizado

Tamiz Estándar	Abertura (mm)	Peso reten. (gr)	% Reten. Parcial	% Reten. Acum.	% Que pasa
11/2"	37.500	0.00	0.00	0.00	100.00
1"	25.000	186.30	8.87	8.87	91.13
3/4"	19.000	91.70	4.37	13.24	86.76
1/2"	12.500	116.20	5.53	18.77	81.23
3/8"	9.500	70.00	3.33	22.10	77.90
1/4"	6.300	115.90	5.52	27.62	72.38
N° 4	4.750	78.20	3.72	31.35	68.65
N°8	2.360	298.70	14.22	45.57	54.43
N°10	2.000	62.00	2.95	48.52	51.48
N°16	1.180	243.50	11.60	60.12	39.88
N°20	0.850	100.80	4.80	64.92	35.08
N°30	0.600	79.10	3.77	68.69	31.31
N° 40	0.425	53.70	2.56	71.24	28.76
N° 50	0.300	144.50	6.88	78.12	21.88
N° 60	0.250	213.00	10.14	88.27	11.73
N° 80	0.180	189.20	9.01	97.28	2.72
N° 100	0.150	41.70	1.99	99.26	0.74
N° 200	0.075	12.70	0.60	99.87	0.13
Plato		2.80	0.13	100.00	0.00
Total	-	2100.00	100.00		

Fuente: Elaboración propia

Se aprecia el resultado de las pruebas del material extraído de la zona de investigación donde contamos con los pesos retenidos en cada tamiz, un total de 2,100 gr. en peso retenido, al 100% al porcentaje de retención.

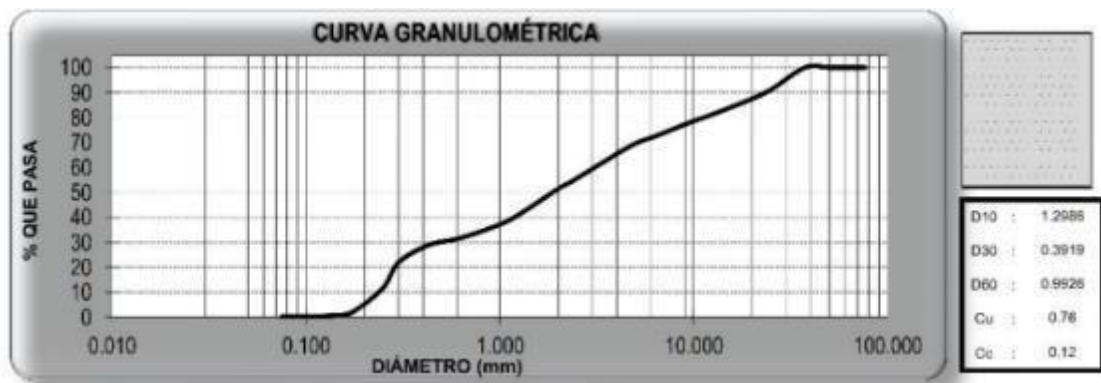


Figura 6: Se observa la curva granulométrica del suelo extraído de la zona de investigación.

**Tabla 9.** Límites de consistencia

Descripción	Limite Líquido			Limite Plástico	
	NP	NP	NP	NP	NP
N° de golpes					
Peso de tara (g)					
Peso de tara + suelo húmedo (g)					
Peso de tara + suelo seco (g)					
Contenido de humedad %	NP	NP	NP	NP	NP
Límites %	NP			NP	

Fuente: Elaboración propia

Se observa en nuestra tabla luego del análisis para los límites de consistencia, el material no presenta límite líquido ni límite plástico del material extraído de la zona de investigación.

**Tabla 10.** Contenido de humedad

Descripción	Muestra 01	Muestra 02	Muestra 03
Peso de la tara (g)	50.50	90.50	52.10
Peso de la tara + suelo húmedo	510.40	550.30	590.19
Peso de la tara + suelo seco (g)	508.20	548.97	588.20
Peso del suelo seco (g)	457.70	458.47	535.10
Peso del agua (g)	2.20	1.33	1.99
% de humedad (%)	0.48	0.29	0.37
% de humedad promedio (%)	0.38		

Fuente: Elaboración propia

Se observa la tabla donde se extrajeron 3 muestras para el contenido de humedad, en la muestra 01 tenemos 0.48%, en la muestra 02 tenemos 0.29% y en la muestra 3 tenemos 0.37%

**Tabla 11.** Peso específico y absorción de agregados gruesos

<b>Peso específico y absorción de A° G°</b>	<b>Ensayo 01</b>	<b>Ensayo 02</b>
A = peso en el aire de la muestra seca (g)	2554.00	2566.00
B = peso en el aire de la muestra saturada con superficie seca (g)	2564.80	2575.10
C = peso sumergido en agua de la muestra saturada (g)	1600.00	1620.00
Peso específico de masa (pem)	2.65	2.69
Peso específico de masa saturada con superficie seca (PeSSS)	2.66	2.70
Peso específico aparente (pea)	2.68	2.71
Absorción (%)	0.42	0.35
Peso específico de masa promedio (Pem)	2.67	
Peso específico de masa saturada con superficie seca promedio (PeSSS)	2.68	
Peso específico aparente promedio (Pea)	2.69	
Absorción Promedio (%)	0.39	

Fuente: Elaboración propia

Se observa la tabla un peso específico de masa promedio 2.67, peso específico de masa saturada con superficie seca promedio 2.68, peso específico aparente promedio 2.69 y absorción promedio de 0.39%

**Tabla 12.** Proctor Modificado Método C

<b>Muestra N°</b>	<b>#1</b>	<b>#2</b>	<b>#3</b>	<b>#4</b>
Peso del suelo húmedo + molde (g)	10760	11040	10950	10820
Peso del molde (g)	6730	6730	6730	6730
Peso del suelo húmedo (g)	4030	4310	4220	4090
Densidad húmeda (gr/cm <sup>3</sup> )	1.90	2.03	1.99	1.93
<b>Contenido de humedad</b>				
Peso del suelo húmedo + tara (g)	261.40	311.80	239.30	296.48
Peso del suelo seco + tara (g)	253.70	285.80	223.62	270.50
Peso del agua (g)	7.70	16.00	15.68	25.98
Peso de la tara (g)	62.50	50.50	60.10	55.10
Peso del suelo seco (g)	191.20	245.30	163.52	215.40
<b>% de humedad (%)</b>	<b>4.03</b>	<b>6.52</b>	<b>9.59</b>	<b>12.06</b>
<b>Densidad del suelo seco (g/cm<sup>3</sup>)</b>	<b>1.82</b>	<b>1.90</b>	<b>1.81</b>	<b>1.72</b>

Fuente: Elaboración propia

Se observa la tabla donde para el ensayo 1 tenemos 4.03% de humedad, ensayo 2 tenemos 6.52% de humedad, ensayo 3 tenemos 9.59% de humedad y ensayo 4 tenemos 12.06% de humedad, así mismo densidades de suelo seco 1.82 g/cm<sup>3</sup>, 1.90 g/cm<sup>3</sup>, 1.81 g/cm<sup>3</sup>, 1.72 g/cm<sup>3</sup> respectivamente.



Figura 7. Se observa la curva de compactación del ensayo Proctor teniendo una máxima densidad seca de 1.906 g/cm<sup>3</sup> y un óptimo contenido de humedad 6.421%

**Tabla 13.** Peso unitario volumétrico

Muestra N°	1	2
Peso del frasco (gr)	294.70	294.70
Volumen del frasco (cm <sup>3</sup> )	1180.60	1180.60
Peso del suelo húmedo + frasco (gr)	2353.50	2405.80
Peso del suelo húmedo (gr)	2058.80	2111.10
Peso unitario húmedo (gr/cm <sup>3</sup> )	1.744	1.788
Contenido de humedad (%)	0.38%	
Peso unitario seco (gr/cm <sup>3</sup> )	1.744	1.788
Peso unitario seco promedio (gr/cm <sup>3</sup> )	<b>1.766</b>	

Fuente: Elaboración propia

Se observa en la tabla del ensayo de peso unitario volumétrico en la muestra 1 con 1.744 gr/cm<sup>3</sup> y muestra 2 con 1.788 gr/cm<sup>3</sup> teniendo un promedio de 1.766 gr/cm<sup>3</sup>.

Respondiendo al objetivo 2) Determinar el Caudal de agua para el dimensionamiento de la presa el Ángel I

**Tabla 14.** Áreas de las nanocuencas en la microcuenca San Idelfonso

MICROCUENCA SAN IDELFONSO									
ITEM	NANOCUENCA	MICROCUENCA	ÁREAS DE LAS NANOCUENCAS (m <sup>2</sup> )						
N°	SÍMBOLO		NANOCUENCAS ALTAS	DRENAJE A:	NANOCUENCAS MEDIAS	DRENAJE A:	NANOCUENCAS BAJAS	DRENAJE A:	NANOCUENCAS TOTAL
	(NC)	(m <sup>2</sup> )		(m <sup>2</sup> )		(m <sup>2</sup> )		(m <sup>2</sup> )	
1	NC1	MARGEN DERECHA	293.203	DRENAJE PRINCIPAL	357.424	DRENAJE SECUNDA RIO M.D.	317.902	QUEBRADA M.D.	968.529
2	NC2		239.767		140.380		141.919		522.066
3	NC3		992.256		329.717		187.796		1.509.769
4	NC4		237.707		213.851		169.593		621.151
5	NC5		2.464.132		503.698		216.457		3.184.287
6	NC6		486.937		216.946		22.644		726.527
7	NC7		1.479.197		470.020		4.046		1.953.263
SUBTOTAL (m <sup>2</sup> )			6.193.199		2.232.036		1.060.357		9.485.592
PORCENTAJE (%)			55,04%		19,84%		9,42%		84,30%
8	NC8	MARGEN IZQUIERDA			152.660	DRENAJE SECUNDA RIO M.I.	14.444	QUEBRADA M.I.	167.104
9	NC9				259.877		67.104		326.981
10	NC10				240.437		97.706		338.143
11	NC11				384.492		285.991		670.483
12	NC12				14.166		250.046		264.212
SUBTOTAL (m <sup>2</sup> )					1.051.632		715.291		1.766.923
PORCENTAJE (%)					9,35%		6,36%		15,70%
ÁREA SUBTOTAL (m <sup>2</sup> )			6.193.199		3.283.668		1.775.648		11.252.515

ÁREA PORCENTAJE (%)	55,04%		29,18%		15,78%		100,00%
ÁREA SUBTOTAL (m2)			9.476.867		1.775.648		11.252.515
ÁREA PORCENTAJE (%)			84,22%		15,78%		100,00%

Fuente: Elaboración propia

En la tabla se observa las áreas microcuenca San Idelfonso para poder considerar los caudales para la simulación.

**Tabla 15.** Tabla de precipitaciones en la microcuenca San Idelfonso

	ESCENARIOS		ÁREA	LÁMINA	VOLUMEN	VOLUMEN
	CONDICIÓN	FACTOR	MICRO	PRECIPI-	PRECITADO	GENERADO
		DE	CUENCA	TACIÓN		
ÍTEM	ESCALA DE	SEGU-		BRUTA		75%
	LIKERT	RIDAD	9.476.867	24 horas	$V_p = A_{mc} * L_{pb}$	$V_g = V_p * 75\%$
N°			A mc	Lpb	Vp	Vg
	(adim)	(adim)	(m2)	(mm)	(m3)	(m3)
	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)
1	MUY OPTIMISTA	0,15	9.476.867	4,0	37.907	28.431
2	OPTIMISTA	0,29	9.476.867	8,0	75.815	56.861
3	ALGO OPTIMISTA	0,44	9.476.867	12,0	113.722	85.292
4	PROMEDIO	0,58	9.476.867	16,0	151.630	113.722
5	ALGO PESIMISTA	0,73	9.476.867	20,0	189.537	142.153
6	PESIMISTA	0,87	9.476.867	24,0	227.445	170.584
7	MUY PESIMISTA	1,00	9.476.867	27,5	260.614	195.460

Se observa los escenarios según escala de Likert para muy optimista 28.431m<sup>3</sup>, optimista 56.861m<sup>3</sup>, algo optimista 85.292m<sup>3</sup>, promedio 113.722m<sup>3</sup>, algo pesimista 142.153m<sup>3</sup>, pesimista 170.584m<sup>3</sup>, muy pesimista 195.460m<sup>3</sup>

A continuación, se estructura en base a las microcuencas y caudales encontrados según los escenarios para NCA

16. Caudales generados en escenario muy pesimista para Nanocuencas Altas NCA

CAUDALES GENERADOS: ESCENARIO MUY PESIMISTA (Lpb=27.5 mm)										
APORTES DE NANOCUENCAS ALTAS AL CANAL PRINCIPAL: Q max= 7.00 m3/s										
	PARTE	ÁREA	LÁMINA	APORTE	VOLUMEN PÉRDIDO		CAUDALES GENERADOS			
ÍTEM	NANO	NANO-	PRECIP.	VOLUMEN	EVAPORAC.	INFILTRAC	CAUDAL	CAUDAL	CAUDAL	
	CUENCA	CUENCA	BRUTA	PRECIPITADO	(T° media)	(Roca)	BRUTO	NETO	NETO	
N°	SÍMBOLO	ALTA	24 horas	$V_p = A_{mc} * L_{pb}$	20%	20%		75%	ACUMULADO	
		A nc	Lpb	Vp	$V_e = 20\% V_p$	$V_i = 20\% V_p$	$Q_b = V_p / 3600$	$Q_n = Q_b * 75\%$	$Q_{na} = Q_n$	
	(NC) # #	(m2)	(mm)	(m3)	(m3)	(m3)	(m3/s)	(m3/s)	(m3/s)	
	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	
1	NC1A	293.203	27,5	8.063,08	1.612,62	1.612,62	1,34	1,01	1,01	
2	NC2A	239.767	27,5	6.593,59	1.318,72	1.318,72	1,10	0,82	1,83	
3	NC3A	992.256	27,5	27.287,04	5.457,41	5.457,41	4,55	3,41	5,24	
4	NC4A	237.707	27,5	6.536,94	1.307,39	1.307,39	1,09	0,82	6,06	
5	NC5A	2.464.132	27,5	67.763,63	13.552,73	13.552,73	11,29	8,47	14,53	
6	NC6A	486.937	27,5	13.390,77	2.678,15	2.678,15	2,23	1,67	16,20	
7	NC7A	1.479.197	27,5	40.677,92	8.135,58	8.135,58	6,78	5,08	21,29	
	CAUDAL A M.C. SAN CARLOS DEL CANAL PRINCIPAL; Q max=							7,00	m3/s	14,29
	VOLUMEN DE AGUA DEL CANAL PRINCIPAL A EMBALSE									51.441
	N°1 V máx = (m3)									

Fuente: Elaboración propia

A continuación, se estructura en base a las microcuencas y caudales encontrados según los escenarios para las Nanocuencas Medias NCM

17. Caudales generados en escenario muy pesimista para Nanocuencas Medias

NCM

CAUDALES GENERADOS: ESCENARIO MUY PESIMISTA (Lpb=27.5 mm)										
APORTES DE NANOCUENCAS MEDIAS A LOS CANALES SECUNDARIOS 1 Y 2: Q max= 5.00 m3/s										
	PARTE	ÁREA	LÁMINA	APORTE	VOLUMEN PÉRDIDO		CAUDALES GENERADOS			
ÍTEM	NANO	NANO-	PRECIP.	VOLUMEN	EVAPORAC.	INFILTRAC	CAUDAL	CAUDAL	CAUDAL	
	CUENCA	CUENCA	BRUTA	PRECIPITADO	(T° media)	(Roca)	BRUTO	NETO	NETO	
N°	SÍMBOLO	MEDIA	24 horas	$Vp=Amc*Lpb$	20%	20%		75%	ACUMULADO	
		A nc	Lpb	Vp	$Ve=20\%Vp$	$Vi=20\%Vp$	$Qb=Vp$	$Qn=Qb*75\%$	$Qna=Qn$	
	(NC) # #	(m2)	(mm)	(m3)	(m3)	(m3)	(m3/s)	(m3/s)	(m3/s)	
	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	
1	NC1M	357.424	27,5	9.829,16	1.965,83	2.457,29	1,50	1,13	1,13	
2	NC2M	140.380	27,5	3.860,45	772,09	965,11	0,59	0,44	1,57	
3	NC3M	329.717	27,5	9.067,22	1.813,44	2.266,80	1,39	1,04	2,61	
4	NC4M	213.851	27,5	5.880,90	1.176,18	1.470,23	0,90	0,67	3,28	
5	NC5M	503.698	27,5	13.851,70	2.770,34	3.462,92	2,12	1,59	4,87	
6	NC6M	216.946	27,5	5.966,02	1.193,20	1.491,50	0,91	0,68	5,55	
7	NC7M	470.020	27,5	12.925,55	2.585,11	3.231,39	1,97	1,48	7,03	
8	NC8M	152.660	27,5	4.198,15	839,63	1.049,54	0,64	0,48	0,48	
9	NC9M	259.877	27,5	7.146,62	1.429,32	1.786,65	1,09	0,82	1,30	
10	NC10M	240.437	27,5	6.612,02	1.322,40	1.653,00	1,01	0,76	2,06	
11	NC11M	384.492	27,5	10.573,53	2.114,71	2.643,38	1,62	1,21	3,27	
12	NC12M	14.166	27,5	389,57	77,91	97,39	0,06	0,04	3,31	
	CAUDAL A TRASVASAR POR TÚNEL A MC.SC.; Q max=						5,00	m3/s		5,35
	VOLUMEN DE AGUA DEL CANAL SECUNDARIO A "EMBALSE ÁNGEL I" Vmáx = (m3)									19.249

Fuente: Elaboración propia

Respondiendo al Objetivo 3) Simular el embalse Ángel I



### 18. Simulación de la capacidad del Embalse Ángel I

**SIMULACIÓN "EMBALSE ÁNGEL I": Aportes de las nanocuenclas altas y medias**

Lámina de precipitación bruta  $L_{pb}=27.5$  mm en 24 horas  $A_{mc}=9,476,867$  m<sup>2</sup> (84.22%)

Ítem N°	Escenarios Condición Escala de Likert (adim)	Lám Bruta L <sub>pb</sub> (mm)	Factor Segur L <sub>pb</sub> F.S. (adim)	Vol. Bruto al Embalse $V_p = L_{pb} * A_{mc}$ $V_b = V_p * 60\%$ (m <sup>3</sup> )	Caudal Neto Gen. $V_{ng} = V_b - V_i - V_e$ $Q_{ng} = V_{ng}/3600$ (m <sup>3</sup> /s)	Vol. Neto Gen. Embalsado=FS $V_{em}=250,000$ m <sup>3</sup> $V_{ng}=V_b-20\%V_b$ (m <sup>3</sup> )
1	Muy optimista	27.5	1.00	156,368	34.75	125,095 = 4.00
2	Optimista	30.0	1.09	170,584	37.91	136,467 = 3.66
3	Algo Optimista	35.0	1.27	199,014	44.23	159,211 = 3.14
4	Promedio	40.0	1.45	227,445	50.54	181,956 = 2.75
5	Algo pesimista	45.0	1.64	255,875	56.86	204,700 = 2.44
6	Pesimista	50.0	1.82	284,306	63.18	227,445 = 2.20
7	Muy pesimista	55.0	2.00	312,737	69.50	250,189 = 2.00

Fuente: Elaboración propia

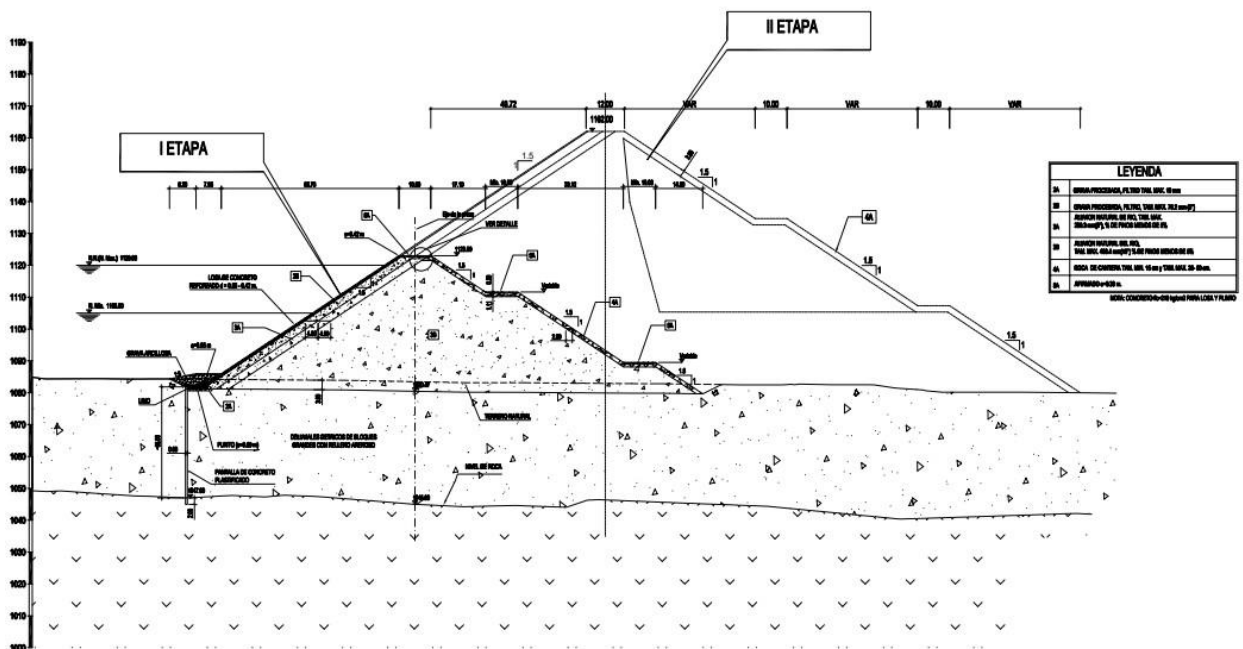


Figura 8. Sección típica de la propuesta de diseño. Fuente: Elaboración propia

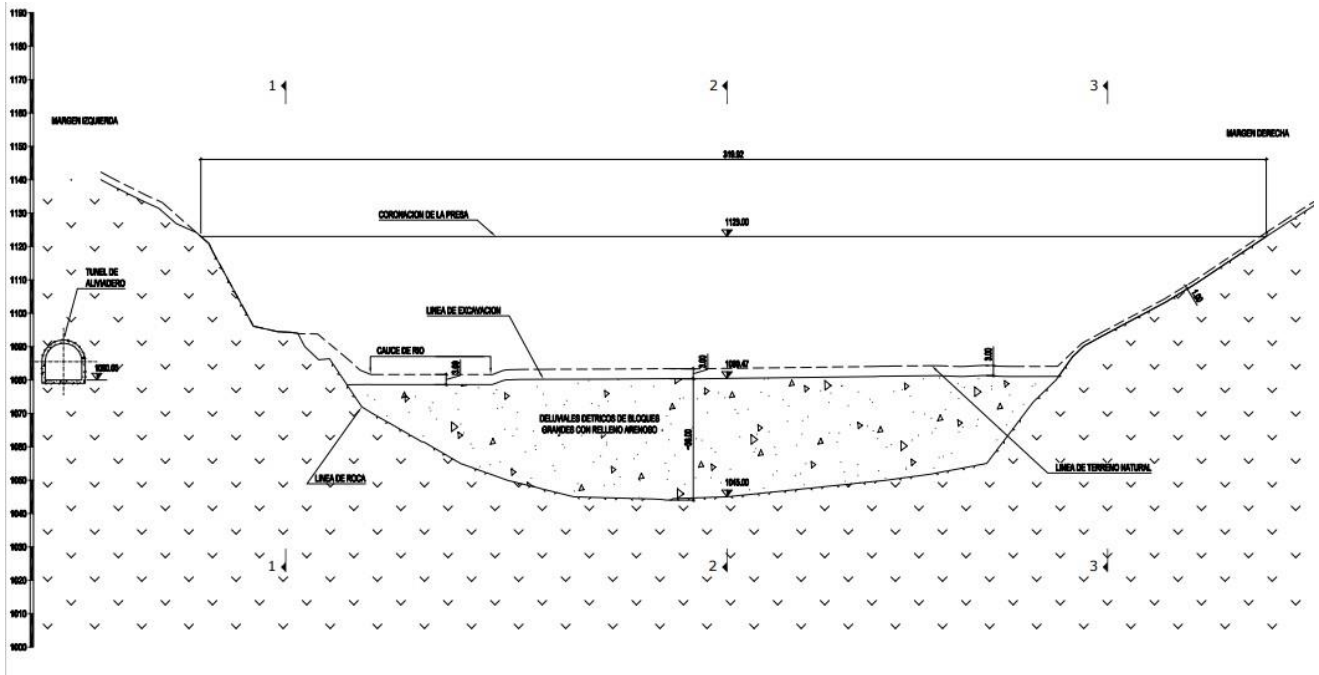


Figura 9. Sección transversal por el eje de la presa. Fuente: Elaboración propia

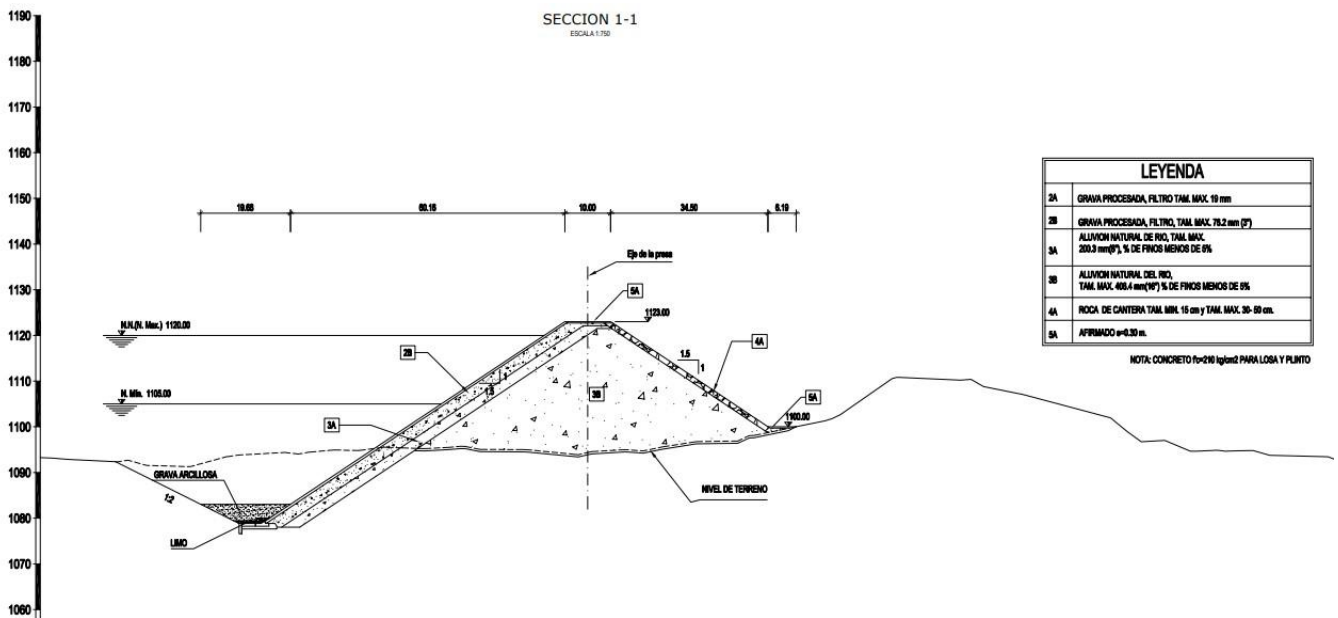


Figura 10. Sección típica 1-1 de la presa. Fuente: Elaboración propia

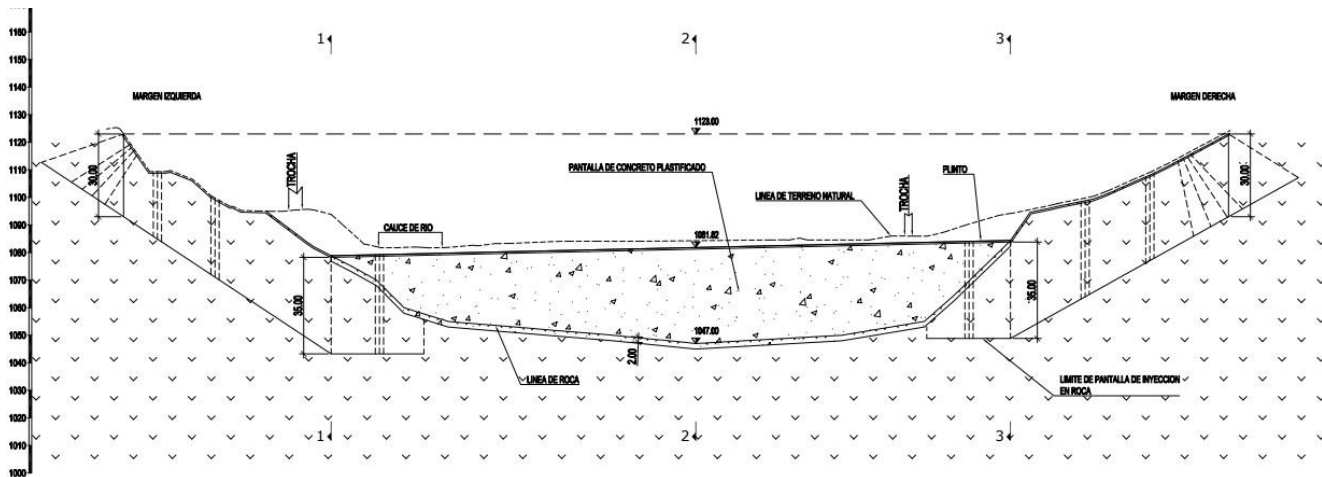


Figura 11. Pantalla de inyección aguas arriba. Fuente: Elaboración propia

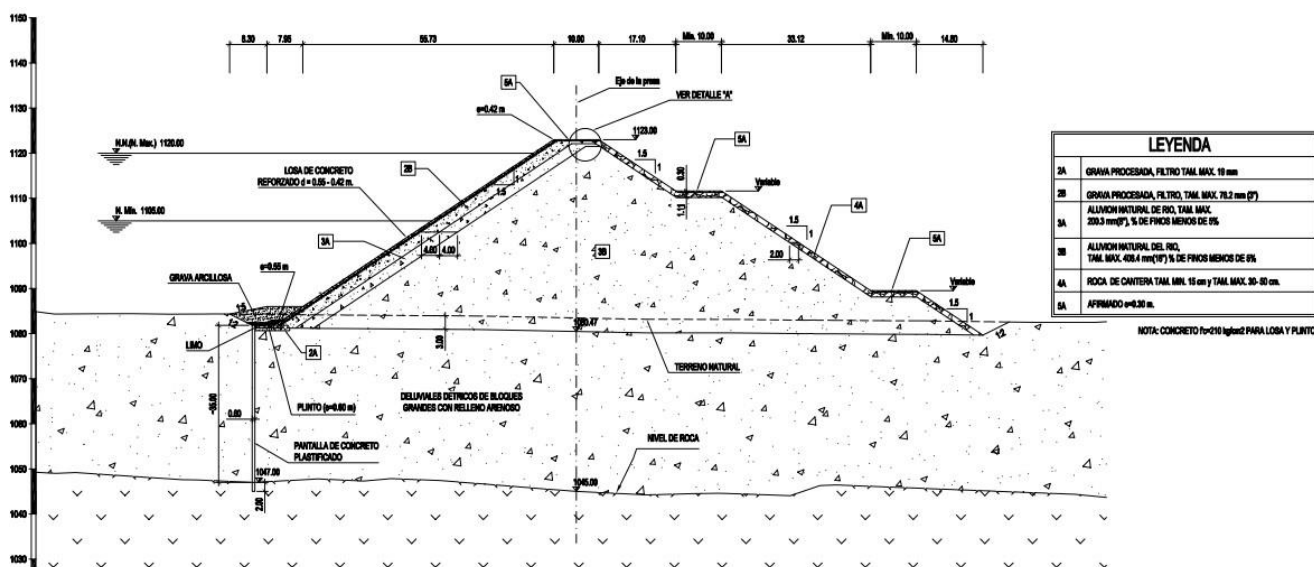


Figura 12. Sección típica 2-2 de la presa. Fuente: Elaboración propia

# DETALLE "A"

ESCALA 1:250

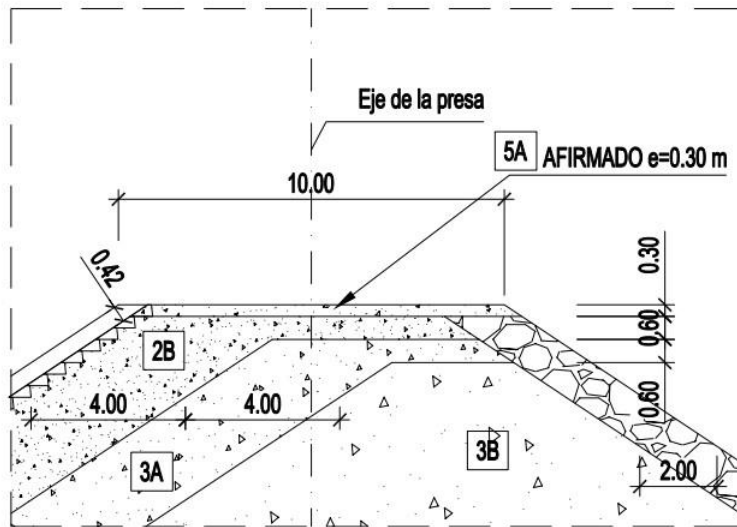


Figura 13. Detalle A de la presa. Fuente: Elaboración propia

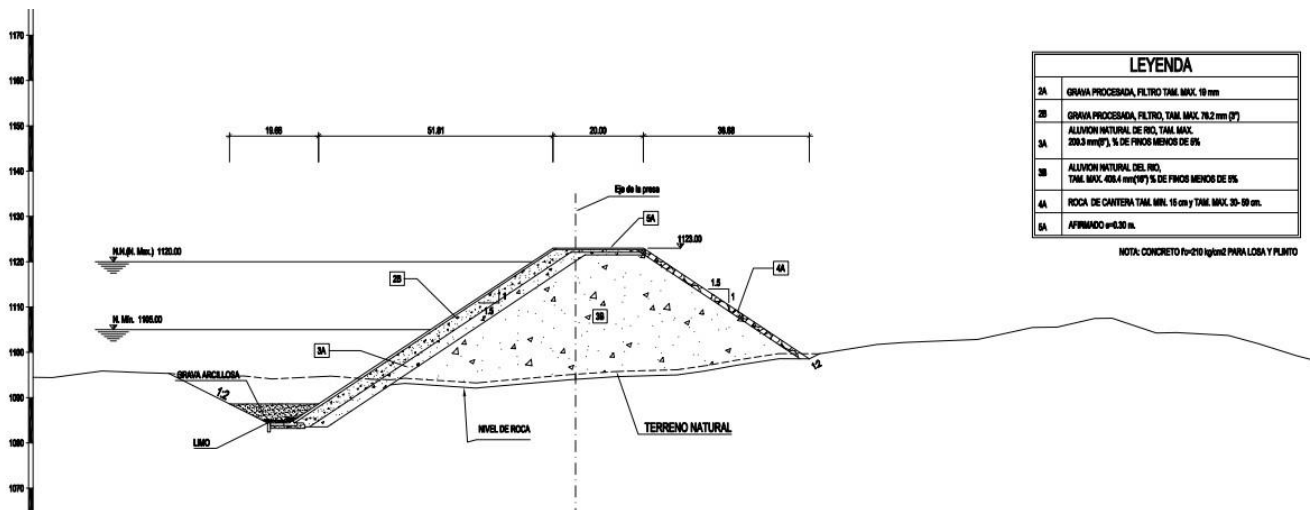


Figura 14. Sección típica 3-3 de la presa. Fuente: Elaboración propia

## V. DISCUSIÓN

Según el objetivo específico 1, se realizó la calicata ensayada en la zona de estudio, se determinó la alta capacidad admisible de los suelos con fines de cimentación,  $q_a > 1.5 \text{ kg/cm}^2$ , en donde se propuso construir el embalse Ángel I, donde se dispone de grandes cantidades de suelos de diversa granulometría, que nos permite aprovechar dentro del lecho de la quebrada sobre material aluvial, la presa de embalse de las aguas, para esta estructura de materiales sueltos con paramento aguas arriba impermeabilizado con geomembrana protegida con geotextil. En tal sentido, se adoptó por considerar parámetros mucho más conservadores, aun así, estos influyeran en el sobredimensionamiento de las estructuras hidráulicas propuestas. Según el objetivo específico 2, estos caudales laminados para que no atraviesen la ciudad de Trujillo de este a oeste, se consideró utilizar el canal de riego denominado La Mochica que tiene una capacidad útil de hasta  $4 \text{ m}^3/\text{s}$  por donde se evacuará hasta el mar. Estos datos de las precipitaciones fueron comparados con la solución a las precipitaciones extremas e inundaciones (Pinchi y Hidalgo, 2020), en donde no se pudo encontrar un planteamiento o propuesta dentro de la cuenca generadora de caudales, por la falta de espacio para plantear un embalse dentro de la quebrada, cuyas precipitaciones extremas requerían de un embalse de gran capacidad. Con estos resultados del diseño del embalse Ángel I, propuesto, nos permite presentar una solución a esta problemática respecto de las inundaciones a la ciudad de Trujillo, similar a la originada en el año 2017.

Según el objetivo específico 3, la simulación determina la propuesta óptima de diseño del embalse Ángel I en la microcuenca San Idelfonso, para controlar las inundaciones por el Fenómeno El Niño, Trujillo, motivo el presente trabajo de investigación, el cual demostró mediante cálculos hidrológicos e hidráulicos los caudales netos generados en cada una de las nanocuenas, que drenan a la quebrada y, que serán regulados por el embalse Ángel I y su laminación para ser evacuados fuera de la microcuenca. (Triana y Leal, 2022) de igual manera indica que realizó un estudio de cuencas mediante software, por medio del despliegue del modelo hidrológico en WEAP se analizó el comportamiento histórico de la cuenca, lo

que determinó determinar que, según las características y particularidades de la zona, la implementación de embalses y el diseño en línea clave.

Según el objetivo general fue de proponer un tipo de presa para el embalse cumpliendo normativas en función a su capacidad de almacenar el agua precipitada y con capacidad para regular estos caudales en función de su laminación y de su evacuación, a la cuenca vecina de San Carlos. Se decidió que pueda recepcionar los caudales generados de las nanocuenca altas y medias. También se discutió el tipo de túnel para trasvasar las aguas de esta microcuenca a la cuenca vecina de San Carlos, por donde se evacuaría al Río Moche y éste a su vez al mar. Este túnel se propuso de una sección mínima constructiva, con capacidad para evacuar hasta 4.00 m<sup>3</sup>/s.

## VI. CONCLUSIONES

Determinó la caracterización geológica de los tipos de suelos tanto de la cimentación de la presa, como de los materiales a utilizar en el cuerpo de la misma. Lo más importante de la generación de esta caracterización, fue que se determinó la calidad y granulometría de los materiales disponibles en la zona, desde arenas, gravas y rocas de gran tamaño, a emplear en la presa zonificada. Lo que más ayudo, fue que nos determinó la caracterización geológica, fue la topografía y la disponibilidad de maquinaria en la zona para realizar las calicatas en el emplazamiento de la presa zonificada, porque en función a ello se determinó la altura máxima de la presa, para una capacidad de hasta 250,000 m<sup>3</sup> de agua a embalsar. Lo más difícil, fue que no se determinó la calidad de los tipos de suelos de la cimentación a una profundidad de más de 6.00 m, para determinar la granulometría y algunos parámetros geotécnicos.

Determinó los volúmenes de agua para el dimensionamiento de la presa en altura, longitud y taludes, con los coeficientes de seguridad permitidos, a fin de darle calidad y durabilidad no menor de 30 años. Lo más importante, fue que se trabajó en los cálculos hidráulicos con la precipitación máxima extraordinaria – PME, cuya lámina bruta precipitada fue 27.5 mm en 24 horas, siendo respaldados los cálculos hidrológicos para sistemas de drenaje con otras investigaciones similares. Lo que más ayudo, para determinar los volúmenes de agua fue la investigación del sistema de drenaje en la microcuenca San Idelfonso, propuesto por, Rodríguez 2022. Lo más difícil, fue determinar los coeficientes de seguridad con capacidad para embalsar la mayor cantidad de agua posible precipitada en las nanocuencas altas y nanocuencas medias, considerando los excedentes que se puedan generar por un pico de lámina bruta precipitada mayor a la considerada en esta investigación.

Determinó una “propuesta óptima de la presa el Ángel I en la microcuenca San Idelfonso, para regular las aguas a fin de controlar las inundaciones sobre la ciudad de Trujillo”, con una capacidad de almacenamiento de 250,000 m<sup>3</sup> de agua, y con un factor de seguridad de 2.0. Esta presa almacenará las aguas por las “PME” por el “FEN” en Trujillo, de tres (03)

canales; un canal de drenaje principal de sección hidráulica telescópica, para un caudal máximo de 21.29 m<sup>3</sup>/s y, otros dos (02) canales secundarios, de sección hidráulica telescópica, para un caudal máximo de 7.03 m<sup>3</sup>/s y, el otro canal de sección hidráulica telescópica, para un caudal máximo de 3.31 m<sup>3</sup>/s. Lo más importante de la generación de esta propuesta fue determinar el tipo de presa, cuya impermeabilización está en el paramento aguas arriba con una geomembrana de 2 mm de espesor, protegida por un geotextil no tejido de 260 gr/m<sup>2</sup>, y como filtro en la zona de transición otro geotextil de 260 gr/m<sup>2</sup>. Esta presa fue diseñada con bermas de 2.00 m de ancho, cada 4.00 m de altura, para evitar que la geomembrana falle por solicitaciones mecánicas por; deslizamiento, perforación, punzonamiento, tensiones debidas a la colocación, impacto, viento, subpresión de agua o de gas y dilatación. Esta presa nos permitió la evacuación regulada y laminada de las aguas desde 1.74 m<sup>3</sup>/s, a la quebrada fuera de la microcuenca. Lo que más ayudo a generar esta propuesta fue la impermeabilización de la presa con la geomembrana de 2.0 mm de espesor, que permitió su factibilidad técnica y económica. Lo más difícil, en la generación de la propuesta fue determinar el tipo de presa utilizando los materiales disponibles en la zona y, a su vez, el tratamiento de la cimentación con un muro cortina con inyecciones de lechada a todo lo largo, puesto que estuvo cimentada en cuaternarios aluviales de difícil impermeabilización.

Determinó los parámetros hidráulicos para el dimensionamiento de las estructuras en la presa, como fueron aliviaderos, descargas de fondo, que nos permitió controlar los caudales máximos generados para evitar que estos volúmenes de agua lleguen al cauce principal o quebrada, a fin de evitar que el agua se mezcle con los finos del cauce fluvial, para que no arrastre sedimentos fuera de la microcuenca. Lo más importante, de la determinación de estos parámetros fue considerar la descarga de fondo a diferentes alturas, a fin de que la laminación sea en forma mecánica y progresiva de acuerdo a los caudales máximos generados en cada nanocuenca, en función a las láminas brutas precipitadas, porque en función a estos, se determinó la capacidad de conducción de las descargas de fondo propuestas. Lo que más ayudo para la determinación de estos parámetros



hidráulicos fueron los datos históricos y las marcas producidas por las precipitaciones y descargas de agua generadas sobre el cauce de la quebrada San Idelfonso. Lo más difícil fue encontrar una formulación físico matemática tridimensional que pueda ser demostrada con un modelo físico, que nos determine que estos parámetros fueron definidos en un diseño óptimo para que las estructuras sean durables en el tiempo y no puedan ser subdimensionadas, siendo necesario para ello, ensayar en un modelo hidráulico a escala reducida, en donde todos los parámetros puedan ser estudiados en detalle a fin de que las estructuras propuestas sean óptimas.

## **VII. RECOMENDACIONES**

Se recomienda proseguir con las investigaciones para detallar las estructuras hidráulicas propuestas a fin de tomar decisión para elaborar la ingeniería definitiva.

Se recomienda, que los gobiernos locales y/o regionales, tomen la decisión de decretar como zona intangible a la microcuenca San Idelfonso, por su alta vulnerabilidad, por ser un espacio hidrológico en donde se generaron los caudales de agua, que inundan la ciudad de Trujillo.

Se recomienda, proseguir con los estudios hidrológicos y geológicos a fin de determinar parámetros más actualizados, con la información hidrológica generada en las estaciones hidrometeorológicas a instalar en la microcuenca, con el objetivo de generar estudios hidrológicos más profundos a fin de decidir sobre las obras hidráulicas propuestas a ejecutar en la microcuenca.

Se recomienda, considerar dentro de la propuesta el modelamiento tridimensional del comportamiento del escurrimiento superficial en la microcuenca, en un modelo hidráulico a escala reducida, a fin de determinar cuáles son las zonas en las nanocuecas que presentan mayor precipitación, para recomendar el tipo de estructuras hidráulicas a proponer. Se recomienda, que estas estructuras puedan controlar las precipitaciones, proponiendo el embalse Ángel I, con materiales disponibles en la zona, considerando su cimentación sobre un cauce de origen aluvial, debiendo ser del tipo zonificada con granulometrías variables, en función a cada zonificación, considerando además su impermeabilización con materiales funcionales de menor costo, como son las geomembranas y los geotextiles, puesto que estas estructuras funcionarán con una periodicidad mayor a seis (6) años y por un tiempo corto de máximo diez (10) días, según las "PME" por el "FEN".

## REFERENCIAS

- Aponte, J. (2011). *Evaluación de Metodos No Convencionales de Caracterizacion Geotecnica*. Tesis, Pontificia Universidad Javeriana, Bogota, Colombia.
- Archer, D., & Fowler, H. (2015). *Characterizing flash flood response to intense rainfall and using historical information and gauged data in Britain*. *Journal of Flood Risk Management* 11.
- Arias-Gomez, J., Villasis-Keever, M., & Miranda, M. (2016). El protocolo de investigación III: la poblacion de estudio. *Revista Alergia Mexico*.
- Balbastre, R. (2018). *Análisis Comparativo de Metodologías de Cálculo de Tormentas de Diseño para su Aplicación en Hidrología Urbana*. Universidad Politécnica de Valencia, Ingeniería Hidráulica y Medio Ambiente, Valencia.
- Becerra, R. (2019). *Caracterización hidrogeológica de la microcuenca La Quispa, Crisnejas - distrito de la Encañada*. Cajamarca: Universidad Nacional de Cajamarca.
- Belletti, B., Durfour, S., & Piégay, H. (2014). *Regional assessment of the multidecadal changes in braided riverscapes following large floods*. *Advances in Geosciences* 37, example of 12 reaches in South East of France, Paris, Francia.
- Borga, M., Stoffel, M., Marchi, L., Marra, F., & Jakob, M. (2014). *Hydrogeomorphic response to extreme rainfall in headwater systems: Flash floods and debris flows*. *Journal, Journal of Hydrology* 518.
- Braja M., D., & Khaled, S. (2018). *Principles of Geotechnical Engineering*. Boston, MA, USA: Cengage.
- Braja M., D., & Nagaratman, S. (2019). *Principles of Foundation Engineering*. Boston, MA, USA: Cengage.
- Cabrera, J. (2012). *Modelos hidrológicos*. Instituto para la Mitigación de los Efectos del Fenómeno El Niño. Lima, Perú: Universidad Nacional de Ingeniería.
- Cajamarca, J. (2022). *La importancia de ordenar las subcuencas hídricas y regular los ríos de Cuenca*. Universidad Politécnica Salesiana. Cuenca: Universidad Politécnica Salesiana sede Cuenca del Ecuador.
- Cenepred. (2012). *Escenarios de riesgos ante la probabilidad de ocurrencia del Fenómeno El Niño*. Lima: Cenepred.

- Chávez, L., Hernández, M., & Benítez, G. (2020). Intervención y transformación de áreas naturales, en el contexto nanocuenca, como espacios públicos en la ciudad de Xalapa-México. *ACE Architecture, City and Environment*, 23.
- Chong-yu Xu. (2002). *Hydrologic models*. Suecia: Uppsala University.
- Chow, V., Maidment, D., & Mays, L. (1994). *Hidrología Aplicada*. Santafé de Bogotá, Colombia: McGraw-Hill Interamericana, S.A.
- Comité Español de Grandes Presas. (1994). *Geomembranas impermeables para presas*. Madrid, España: Comité Nacional Español de Grandes Presas.
- Córdova, J. (2015). *Diseño de embalses teniendo en consideración los impactos ambientales*. Universidad de Piura. Piura: Repositorio Institucional Pirhua.
- D.S. 025-2016-EM. (2016). *Ley del sistema de cuadrículas mineras en coordenadas UTM WGS84, Ley 30428*. Lima: El Peruano.
- D.S. N°038-2021-PCM. (2021). *Política Nacional de Gestión del Riesgo de Desastres al 2050*. PCM. Lima: El Peruano.
- Díaz-Onofre, O. (2003). Fundamentos de la Hidráulica de Huaycos. *XIV Congreso Nacional de Ingeniería Civil, Iquitos, Perú*, (pág. 11). Iquitos, Perú.
- Ergen, K., & Kentel, E. (2016). *An integrated map correlation method and multiplesource sites drainage-area ratio method for estimating streamflows at ungauged catchments: A case study the Western Black Sea Region, Turkey*.  
Journal, Journal of Environmental Management 166, Turkey.
- Esteban, N. (2018). Tipos de Investigación. *Repositorio Institucional-USDG*.
- Georgakakos, K., Unnikrishna, P., Bravo, H., & Cramer, J. (1991). *A national system for determining threshold runoff values for flash-flood prediction*. Iowa Institute of Hydraulic Research, Department of Civil and Environmental Engineering. Iowa: The University of Iowa.
- Grayson, R., & Blöschl, G. (2000). *Spatial Patterns in Catchment Hydrology*. Cambridge University Press. United States of America: Cambridge University Press.
- Groisman, P., Knight, R., Easterling, D., Karl, T., Hegerl, G., & Razuvaev, V. (2005). *Trends in intense precipitation in the climate record*. Journal, Journal the Climate 18.

- Guadalupe, E., & Carrillo, N. (2012). Caracterización y análisis de los huaycos del 5 abril del 2012 Chosica-Lima. *Rev. del instituto de Investigación (RIIGEO), FIMMG-UNMSM*, 69-82.
- Gutiérrez, F., Gutiérrez, M., & Sancho, C. (1998). *Geomorphological and sedimentological analysis of a catastrophic flash flood in the Arás drainage basin*. *Geomorphology* 22, central Pyrenees, Pyrenees, Spain.
- Hernandez-Sampieri, R., & Mendoza, C. (2018). *Metodología de la investigación. Las rutas cuantitativa, cualitativa y mixta*. Mexico: Mc Graw Hill Education.
- Hibbeler, R. (2021). *Fluid Mechanics*. London, United Kingdom: Pearson Education Limited.
- Hooke, J. (2015). *Variations in flood magnitude-effect relations and the implications for flood risk assessment and river management*. *Geomorphology* 263.
- Inclan, P., & Typsa, P. (2015). *Evaluación de Recursos hídricos en la Cuenca de Crisnejas*. Autoridad Nacional del Agua. Lima: Autoridad Nacional del Agua.
- Instituto de Hidráulica Ambiental. (2018). *Evaluación probabilística de la peligrosidad y la vulnerabilidad frente a desastres naturales basados en proyecciones de cambio climático en el área metropolitana de Trujillo (Perú)*. Universidad de Cantabria. Cantabria: I H Cantabria.
- International Eng Company, I. C., & et al. (1967). *Estudio de Planificación Aprovechamiento de Agua de las Cuencas Piura y Chira* (Vol. Tomo I). (I. N. MFOP, Ed.) Lima, Perú.
- Krapesch, G., Hauer, C., & Habersack, H. (2011). *Scale orientated analysis of river width changes due to extreme flood hazard*. *Natural Hazards and Earth System Sciences* 11.
- López, P. (2004). Población muestra y muestreo. *Rev. Punto cero*.
- Maldonado, S., Méndez, L., & Peña, J. (2007). *Manual práctico para el diseño de la Escala Likert*. México D.F., México: Trillas.
- Mejía, E. (2005). *Técnicas e instrumentos de investigación*. Lima: Unidad de Post Grado de la Facultad de Educación de la UNMSM.
- MINEM. (1993). *Guía para elaborar Estudios de Impacto Ambiental*. Lima: Ministerio de Energía y Minas.
- Miranda, L., Neira, E., Torres, R., & Valdivia, R. (2014). *Perú hacia la construcción sostenible en escenarios de cambio climático*. (MVCS, Ed.) Lima, Peru.

- Montes, A., Rodríguez, S., & Domínguez, C. (2017). *Geomorphology context and characterization of dunefields developed by the southern westerlies at drying Colhué Huapi shallow lake, Patagonia, Argentina*. *Aeolian Research* 28.
- MTC. (2012). *Manual de Hidrología, Hidráulica y Drenaje*. (M. d. Comunicaciones, Ed.) Lima.
- Ollero Ojeda, A. (1995). Restauración ambiental, social y territorial frente a los impactos generados por los embalses. (U. d. Vasco, Ed.) *Geographicalia*(32), 15.
- Ortíz, Y., & Gomez, Y. (2017). *Modelación matemática e hidráulica del flujo en pilares en un canal con sedimentación*. Universidad Distrital Francisco José de Caldas. Bogotá: Universidad Distrital Francisco José de Caldas.
- Paredes, F., Pretell, R., & Vilchez, A. (2017). *Lecciones sin aprender: Una encuesta preliminar de la percepción y cultura de la prevención tras las lluvias y huaicos en Trujillo en el 2017*. Universidad Privada del Norte - Trujillo. Trujillo: Universidad Privada del Norte. Recuperado el junio de 2017
- Paredes, J., Ocampo, S., Foix, N., Olazábal, S., Valle, M., & Allard, J. (junio de 2020). Precipitaciones extremas e inundaciones repentinas en ambiente semiárido: impactos del evento de marzo-abril de 2017 en comodoro Rivadavia, Chubut, Argentina. *Asociación Geológica Argentina*, 77(2), 296318.
- Patton, P., & Baker, V. (1976). *Morphometry and floods in small drainage basins subject to diverse hydrogeomorphic controls*. *Research, Water Research* 12.
- Perales, S., Andrés, I., & Fernández, E. (2015). *Los sistemas urbanos de drenaje sostenible (suds) en la hidrogeología urbana*. Universidad Politécnica de Valencia. Valencia: Universidad Politécnica de Valencia.
- Rodríguez S., W. (2020). *Fundamentos de Ingeniería Geotécnica Suelos y Cimentaciones*. Lima.
- Rodríguez, A. (2022). *Propuesta de sistema de drenaje en la microcuenca San Idelfonso para controlar las inundaciones por el Fenómeno El Niño, Trujillo*. Trujillo: UCV-Trujillo.
- Ruiz, R., & Torres, H. (2011). *Codificación y clasificación de cursos de agua superficiales del Perú*. Ministerio de Agricultura. Lima: Autoridad Nacional del Agua.

- Saavedra, M., Calvo, M., & Jiménez, C. (2011). Caracterización climática de la circulación atmosférica en América del Sur. *Revista de investigación de física* 14.
- Sencico. (2006). *Reglamento Nacional de Edificaciones*. Lima: Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento.
- Solar, M. (2017). Fenómeno El Niño Costero. In Municipalidad Distrital El Porvenir (Ed.), *Conferencia*. Trujillo: MDEP.
- Sousa, V., Driessnack, M., & Costa, I. (2007). Revisión de diseños de investigación resaltantes para enfermería. Parte 1: Diseños de investigación cuantitativa. *Rev. Latino-Am Enfermagem*.
- Suarez Diaz, J. (1998). *Deslizamientos y estabilidad de taludes en zonas tropicales*. (U. I. Santander, Ed.) Bucaramanga, Colombia: Instituto de Investigaciones sobre Erosión y Deslizamientos.
- Takahashi, K. (2017). *Fenomeno El Niño: "Global" vs "Costero"*. Lima: IGP.
- Takahashi, T. (1991). *Debris Flow*. IAHR. Rotterdam, Netherlands: Published by A. A. Balkema.
- Tamayo, G. (2001). Diseños muestrales en la investigación. *Revista Científica Semestre Económico*.
- Universidad de Alicante. (2020). Riesgo de Inundación en España: análisis y soluciones para la generación de territorios resilientes. (M. López, & J. Melgarejo, Eds.)
- Vélez, J. (2013). Estrategia de Simulación Hidrológica Distribuida. *Rev. Acad. Colomb. Cienc: Volumen XXXVII, XXXVII(144)*.
- Wan, Z., & Wang, Z. (1994). *Hyperconcentrated Flow*. IAHR. Rotterdam, Netherlands: A. A. Balkema.

## ANEXOS

### Anexo 1 Tabla de operacionalización de variables

**Tabla 19**

*Operacionalización de la variable independiente y dependiente.*

Variables	Definición conceptual	Definición operacional	Dimensiones	Indicadores	Instrumentos	Escala de medición
<b>V.I</b> <b>Inundaciones en la ciudad de Trujillo</b>	Son fenómenos naturales, que consisten en la ocupación parcial o total de agua, en zonas secas, como consecuencia de un aporte de precipitaciones pluviales extraordinarias que generan en su escurrimiento daños materiales y/o humano s.  (Rodríguez, 2017)	Considerar las inundaciones en la ciudad de Trujillo, en los últimos setenta años, para ser investigadas en la determinación del diseño del embalse del Ángel I óptimo en la microcuenca San Idelfonso, considerando <b>siete (7) tipos de láminas</b> de precipitaciones que caen en la microcuenca.	Estudio suelos de  Precipitaciones  Diseño presa	Láminas brutas de agua a precipitar en la microcuenca San Idelfonso:  <b>4.0, 8.0, 12.0, 16.0, 20.0, 24.0 y 27.5 mm</b> en 24 hr. Servirán para calcular la capacidad del embalse Ángel I.  de e	Ficha resumen	Razón



VD. Presa en	Estructura	El tipo de presa	Determinación	Ficha resumenRazón
la	hidráulica	fue diseñado	n de los	
microcuenca	de	con capacidad	distintos	
San Idelfonso	regulación	para controlar	escenarios	
	y obras	y/o	o	
	hidráulicas	evitar los	condiciones	
	conexas	caudales	hidrológicas	
	con	generados en la	con su factor	
	capacidad	microcuenca	de	
	de	San	seguridad: <b>muy</b>	
	controlar o evitar	so, en <b>siete</b>	<b>pesimista</b>	
	el	<b>(7)</b>	<b>(1.00),</b>	
	escurri	<b>escenarios</b>	pesimista	
	miento de agua	o	(0.87),	
	en zonas secas.	condiciones	algo	
	(Córdova,	de flujo	pesimista	
	2015)	de agua.	(0.73),	
			promedio	
			(0.58), algo	
			optimis	
			ta (0.44),	
			optimista	
			(0.29) y	
			muy	
			optimista	
			(0.15).	

Fuente: Elaboración Propia

## Anexo 2 Registro fotográfico





□□□





□□□



### Anexo 3 Cálculos hidrológicos e hidráulicos

**SIMULACIÓN DEL "EMBALSE ÁNGEL I" PROPUESTO**

**CAUDALES GENERADOS DE 3 CANALES; PRINCIPAL, SECUNDARIO 1 Y SECUNDARIO 2**

ÍTEM	ESCENARIOS / CONDICIÓN PARA LA SIMULACIÓN	ÁREA TOTAL NANO CUENCAS A y M	LÁMINA PRECIPITACIÓN		VOLUMEN PRECIPITADO EN NANO CUENCAS	VOLUMEN BRUTO AL EMBALSE c/ Perdidas 40%	CAUDAL BRUTO GENERADO AL EMBALSE	VOLUMEN BRUTO AL EMBALSE Perdida 40%	PÉRDIDAS VOL. de AGUA EN EMBALSE		VOLUMEN NETO GENERADO EMBALSADO = V nge	CAUDAL NETO INSTANTANEO A LA SALIDA EN EMBALSE	CAUDAL NETO LAMINADO			
			24 horas	Factor L pb (mm)					Factor Segurid (adim)	Factor Vp (m3)			Factor Vpe (MM3)	PERÍODO DE RETORNO	DESCARGAS INSTANTÁNEAS	PERÍODO DE RETORNO
Nº	LIKERT (adim)	A mc (m2)	24 horas	L pb (mm)	Vp=Amc*Lpb Vp (m3)	Vb (m3)	Q bge (m3/s)	Vb (MM3)	V pi (MM3)	V nge (MM3)	V nge (m3)	Q nie (m3/s)	24 h/día Q (n24) (m3/s)	19 h/día Q (n19) (m3/s)	10 h/día Q (n10) (m3/s)	
1	MUY OPTIMISTA	9,476,867	4.0	0.15	37,907	22,744	6.32	0.023	0.003	0.001	18,196	13.74	5.05	0.015	0.019	0.037
2	OPTIMISTA	9,476,867	8.0	0.29	75,815	45,489	12.64	0.045	0.007	0.002	36,391	6.87	10.11	0.061	0.077	0.147
3	ALGO OPTIMISTA	9,476,867	12.0	0.44	113,722	68,233	18.95	0.068	0.010	0.003	54,587	4.58	15.16	0.138	0.174	0.331
4	PROMEDIO	9,476,867	16.0	0.58	151,630	90,978	25.27	0.091	0.014	0.005	72,782	3.43	20.22	0.245	0.310	0.589
5	ALGO PESIMISTA	9,476,867	20.0	0.73	189,537	113,722	31.59	0.114	0.017	0.006	90,978	2.75	25.27	0.383	0.484	0.920
6	PESIMISTA	9,476,867	24.0	0.87	227,445	136,467	37.91	0.136	0.020	0.007	109,174	2.29	30.33	0.552	0.697	1.324
7	MUY PESIMISTA	9,476,867	27.5	1.00	260,614	156,368	43.44	0.156	0.023	0.008	125,095	2.00	34.75	0.724	0.915	1.739

Figura 15. Simulación del Embalse ÁNGEL I propuesto

## Anexo 4 Planos



# ESTUDIO DE MECÁNICA DE SUELOS



## “PROPUESTA DE DISEÑO DEL EMBALSE ÁNGEL I EN LA MICROCUENCA SAN IDELFONSO PARA CONTROLAR LAS INUNDACIONES POR EL FENÓMENO EL NIÑO, TRUJILLO”



### UBICACIÓN:

LUGAR : MICROCUENCA  
SAN IDELFONSO  
PROVINCIA : TRUJILLO  
DEPARTAMENTO : LA LIBERTAD



### PREPARADO PARA:

- DEISY MARISOL  
RODRÍGUEZ  
RODRÍGUEZ

REV. A

JUNIO – 2023

## ESTUDIO DE MECÁNICA DE SUELOS



INGENIERIA Y ARQUITECTURA

**“PROPUESTA DE DISEÑO DEL EMBALSE ÁNGEL I EN LA MICROCUENCA SAN IDELFONSO PARA CONTROLAR LAS INUNDACIONES POR EL FENÓMENO EL NIÑO, TRUJILLO”**

Solicitante: Deisy Marisol Rodríguez Rodríguez

Área: GEOTECNIA

Código: EMS\_2023\_CT135

Revisión A

Pág. 2 de 23


LABORATORIO  
DE

- CONCRETO
- SUELOS
- ASFALTO

### ÍNDICE DE CONTENIDOS

I.	INTRODUCCIÓN.....	4
1.1.	Generalidades.....	4
1.2.	Objetivos.....	4
1.3.	Alcance de trabajos.....	4
II.	INVESTIGACIÓN GEOTECNICA.....	5
2.1.	Generalidades.....	5
2.2.	Calicata.....	6
2.3.	Filtración de agua.....	6
2.4.	Resumen de los trabajos.....	7
2.5.	Sismicidad.....	8
III.	ENSAYOS DE LABORATORIO.....	9
3.1.	Ensayos de Laboratorio.....	9
3.2.	Análisis granulométrico.....	10
3.3.	Límites de Atterberg.....	10
3.4.	Contenido de Humedad.....	10
3.5.	Proctor Modificado.....	11
IV.	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	12
V.	REFERENCIAS.....	13
	ANEXOS.....	14
	ANEXO A. PANEL FOTOGRÁFICO.....	14
	ANEXO B ENSAYOS DE LABORATORIO.....	16

Responsable del informe:

  
CRISTHIAN ANDRES  
RODRIGUEZ ANGELES  
Ingeniero Civil  
CIP N° 301975

Pág. 2 de 23

Validado:



## ESTUDIO DE MECÁNICA DE SUELOS



“PROPUESTA DE DISEÑO DEL EMBALSE ÁNGEL I EN LA MICROCUENCA SAN IDELFONSO PARA CONTROLAR LAS INUNDACIONES POR EL FENÓMENO EL NIÑO, TRUJILLO”

Solicitante: Deisy Marisol Rodríguez Rodríguez

Área: GEOTECNIA

Código: EMS\_2023\_CT135

Revisión A

Pág. 3 de 23

LABORATORIO DE

- CONCRETO
- SUELOS
- ASFALTO

### ÍNDICE DE TABLA

Tabla 1. RESUMEN DE ENSAYOS DE LABORATORIO EN SUELOS DE CALICATAS .....	10
Tabla 2. RESULTADOS ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO - CALICATA.....	10
Tabla 3. RESULTADOS LÍMITES DE ATTERBERG - CALICATA.....	10
Tabla 4. RESULTADOS CONTENIDO DE HUMEDAD - CALICATA.....	11
Tabla 5. RESULTADOS PROCTOR – CALICATA .....	11

Responsable del informe:

*Cristhian Andres Rodriguez Angeles*  
CRISTHIAN ANDRES  
RODRIGUEZ ANGELES  
Ingeniero Civil  
CIP N° 301975

Pág. 3 de 23

Validado







## **I. INTRODUCCIÓN**

### **1.1. Generalidades**

El presente informe Técnico, contiene los resultados y conclusiones del Estudio de Mecánica de Suelos solicitado a nuestro Laboratorio de Mecánica de Suelos, de acuerdo con los requerimientos del proyecto denominado: **“PROPUESTA DE DISEÑO DEL EMBALSE ÁNGEL I EN LA MICROCUENCA SAN IDELFONSO PARA CONTROLAR LAS INUNDACIONES POR EL FENÓMENO EL NIÑO, TRUJILLO”**

La finalidad del estudio fue identificar y conocer el tipo de suelo existente en la zona, así como determinar las propiedades físico-mecánicas y su comportamiento frente a la aplicación de cargas.

### **1.2. Objetivos**

El objetivo general del Estudio de Suelos del proyecto: **“PROPUESTA DE DISEÑO DEL EMBALSE ÁNGEL I EN LA MICROCUENCA SAN IDELFONSO PARA CONTROLAR LAS INUNDACIONES POR EL FENÓMENO EL NIÑO, TRUJILLO”**, es realizar la prospección geológica – geotecnia del área de estudio con la finalidad de investigar el subsuelo para la cimentación del proyecto, mediante los trabajos de campo realizados a través de, calicatas o pozos exploratorios, ensayos de laboratorio estándar y especiales, determinando las principales características físicas y mecánicas del subsuelo, así como los parámetros de resistencia ante las cargas establecidas en base a los cuales se determina los perfiles estratigráficos de toda el área, así como el tipo y profundidad de la cimentación, capacidad portante del terreno, y proporcionar las recomendaciones para fines de ejecución de la cimentación proyectada.

### **1.3. Alcance de trabajos**

Las conclusiones y recomendaciones contenidas en el presente estudio se basan en los datos obtenidos de los ensayos de laboratorio realizados. Los resultados de este estudio podrán ser utilizados única y exclusivamente para el diseño de las cimentaciones, en el proyecto descrito anteriormente.

<p><b>Responsable del informe:</b>                    CRISTHIAN ANDRES RODRIGUEZ ANGELES                  Ingeniero Civil                  CIP N° 301975</p>	<p align="center"><b>Pág. 4 de 23</b></p>	<p><b>Validado</b> </p>
---	---	--

## II. INVESTIGACIÓN GEOTECNICA

### 2.1. Generalidades

Se ha realizado la correspondiente investigación geotécnica con trabajos de campo y ensayos de laboratorio que han permitido definir la estratigrafía del terreno de fundación, características físicas y mecánicas de los suelos predominantes, sus propiedades de resistencia y estimación de asentamientos - El Estudio de Mecánica de Suelos con fines de cimentación, se ha efectuado en concordancia con la Norma Técnica E-050 “Suelos y Cimentaciones”, del Reglamento Nacional de Edificaciones.

#### UBICACIÓN:

La zona donde se realizará el estudio, y se ejecutará la obra, está ubicada geográficamente en el Departamento de La Libertad, Provincia de Trujillo.

Provincia : Trujillo

Departamento : La Libertad

#### MAPA N° 1: DEPARTAMENTO LA LIBERTAD Y SUS PROVINCIAS



Responsable del informe:

*[Signature]*  
 CRISTHIAN ANDRES RODRIGUEZ ANGELES  
 Ingeniero Civil  
 CIP N° 301975

Validado

Pág. 5 de 23



## ESTUDIO DE MECÁNICA DE SUELOS



“PROPUESTA DE DISEÑO DEL EMBALSE ÁNGEL I EN LA MICROCUENCA SAN IDELFONSO PARA CONTROLAR LAS INUNDACIONES POR EL FENÓMENO EL NIÑO, TRUJILLO”

Solicitante: Deisy Marisol Rodríguez Rodríguez

Área: GEOTECNIA

Código: EMS\_2023\_CT135

Revisión A

Pág. 6 de 23

LABORATORIO DE

- CONCRETO
- SUELOS
- ASFALTO

### MAPA N° 2: PROVINCIA TRUJILLO



#### 2.2. Calicata

En base a los trabajos de campo en el área de estudio y resultados de los ensayos de Laboratorio, se ha elaborado 01 calicatas en el terreno, que se detalla a continuación:

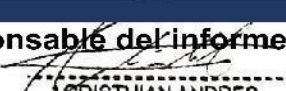

##### CALICATA C-1:

##### ESTRATO E-1

Profundidad 0.00 – 4.00 m. Arena mal graduada con grava; 0.13 % de finos que pasa la malla N°200, 31.35 % de gravas y 68.52 % de arenas, suelo de color pardo claro. En el sistema de clasificación de suelos SUCS es un “SP”, y en el sistema de clasificación AASHTO es un A-1-b (0), con una humedad natural de 0.38 %, Índice de plasticidad NP y peso unitario seco igual a 1.766 gr/cm<sup>3</sup>.

#### 2.3. Filtración de agua

No presenta nivel freático a la profundidad excavada (a la fecha de efectuada la excavación).

<b>Responsable del informe:</b>  CRISTHIAN ANDRES RODRIGUEZ ANGELES Ingeniero Civil CIP N° 301975	<b>Pág. 6 de 23</b>	<b>Validado:</b> 
--	---------------------	---



- **CONCRETO**
- **SUELOS**
- **ASFALTO**

## 2.4. Resumen de los trabajos

Los trabajos de campo consistieron en la excavación de una calicata o pozo a cielo abierto de acorde a la Norma ASTM D420.

La profundidad máxima alcanzada fue de 4.00 m., computados a partir del nivel de subrasante, lo que permitió visualizar la estratigrafía y determinar el tipo de ensayos de laboratorio a ejecutar de cada uno de los estratos de suelos encontrados.

El nivel freático y/o aguas por filtración no se encontraron hasta la profundidad explorada, ver profundidad en la descripción de la calicata.

A medida que se efectuaron las excavaciones se describieron en forma tacto-visual los suelos (color, textura, etc.) a fin de establecer la secuencia, ubicación y espesores de los diferentes mantos que conforman la estratigrafía del área estudiada, en concordancia con la Norma ASTM D2487.



Finalmente, se tomaron muestras para realizar los ensayos de laboratorio.

### TRABAJOS DE LABORATORIO:

Las muestras procedentes de la excavación de la calicata fueron extraídas y recepcionadas por el personal técnico de nuestra oficina, la que llegó en bolsa de polietileno, debidamente identificada.

Al momento de recepcionar las muestras, se nos alcanzó también la composición estratigráfica del suelo, señalando la profundidad de excavación y espesor de las diferentes capas de suelo encontrados.

Luego se efectuaron ensayos correspondientes a clasificación granulometría y límites de Atterberg, humedad natural, peso unitario, corte directo y sales solubles.

<p><b>Responsable del informe:</b>                    CRISTHIAN ANDRES RODRIGUEZ ANGELES                  Ingeniero Civil                  CIP N° 301975</p>	<p align="center"><b>Pág. 7 de 23</b></p>	<p><b>Validado</b>  </p>
---	---	---



## 2.5. Sismicidad

El sismo es la liberación súbita de energía generada por el movimiento de grandes volúmenes de rocas en el interior de la tierra, entre su corteza y manto superior, y se propagan en forma de vibraciones a través de las diferentes capas terrestres, incluyendo los núcleos externo o interno de la tierra.

Según los mapas de zonificación sísmicas y mapas de máximas intensidades sísmicas del Perú y de acuerdo a las Normas Sismo Resistentes aprobado mediante Decreto Supremo N° 003-2016 - Vivienda del Reglamento Nacional de Edificaciones, modificada mediante Resolución Ministerial N° 355-2018-VIVIENDA, la provincia de Trujillo, se encuentra comprendido en la Zona 4, correspondiéndole una sismicidad muy alta. En el recuento de las investigaciones de los principales hechos sísmicos ocurridos en el Perú, presentado por Silgado (1978) en la página 03 del Mapa de Zonas Sísmicas de Máximas Intensidades observadas en el Perú, la cual está basada en Mapas de Isosistas de Sismos Peruanos y datos de intensidades de sismos históricos recientes (Ref. Alva Hurtado de 1984; se tiene que el Perú está considerado como una de las regiones de alta actividad sísmica y forma parte del CINTURON DE FUEGO DEL PACÍFICO, es una de las zonas más activas del mundo, que mantiene latente la posibilidad de sismos.

**Los parámetros de Diseño Sismo existentes para el estudio de la zona son:**

De acuerdo al reglamento nacional de construcciones y a la Norma Técnica de edificación E-030 Diseño Sismo resistente, se deberá tomar los siguientes valores:

➤ Factor de Zona = 4

Z = 0.45

<p><b>Responsable del informe:</b>                    CRISTHIAN ANDRES RODRIGUEZ ANGELES                  Ingeniero Civil                  CIP N° 301975</p>	<p>Pág. 8 de 23</p>	<p><b>Validado:</b>  </p>
---	---------------------	--



- CONCRETO
- SUELOS
- ASFALTO

### **III. ENSAYOS DE LABORATORIO**

#### **Laboratorio de mecánica de suelos y concreto**

Para los controles de calidad de compactación donde se exige el 100%, contenido de humedad óptima y demás ensayo de mecánica de suelos se tiene un laboratorio ubicado en la Urbanización 4 Suyos Sector 3 – Mz B, Lt 06, La Esperanza, Trujillo.

#### **Ensayos de mecánica de suelos**

Los ensayos respectivos están a cargo del asistente técnico quien proporcionó información en forma general de los ensayos que exige un control de calidad para los trabajos que se está ejecutando.

Con los resultados obtenidos en laboratorio, los suelos fueron clasificados de acuerdo al Sistema Unificado de Clasificación de Suelos "SUCS", que es el más descriptivo basado en el reconocimiento del tipo y predominio de sus componentes, como el diámetro de las partículas, gradación y plasticidad.

Los ensayos de mecánica de suelos son los siguientes:

#### **3.1. Ensayos de Laboratorio**

Con las muestras extraídas de las calicatas en el trabajo de campo, se obtuvieron en el Laboratorio los parámetros que nos permite deducir las condiciones de cimentación bajo las especificaciones normadas en el REGLAMENTO NACIONAL DE EDIFICACIONES - NORMA E-050, tales como:

ANÁLISIS GRANULOMETRICO	ASTM - D422 / MTC E 109
LÍMITES ATTERBERG	ASTM - D4318
CONTENIDO DE HUMEDAD	ASTM - D2216
CLASIFICACIÓN UNIFICADA DE SUELOS (SUCS)	ASTM - D2487
MUESTREO CON TUBOS DE PAREDES DELGADAS	ASTM – D1587
PESO VOLUMÉTRICO DE SUELOS	NTP 339.139
PROCTOR MODIFICADO	ASTM D – 1557

<p><b>Responsable del informe:</b>                    CRISTHIAN ANDRES RODRIGUEZ ANGELES                  Ingeniero Civil                  CIP N° 301975</p>	<p align="center"><b>Pág. 9 de 23</b></p>	<p><b>Validado:</b>  </p>
---	---	--

## ESTUDIO DE MECÁNICA DE SUELOS



**“PROPUESTA DE DISEÑO DEL EMBALSE ÁNGEL I EN LA MICROCUENCA SAN IDELFONSO PARA CONTROLAR LAS INUNDACIONES POR EL FENÓMENO EL NIÑO, TRUJILLO”**

Solicitante: Deisy Marisol Rodríguez Rodríguez

Área: GEOTECNIA

Código: EMS\_2023\_CT135

Revisión A

Pág. 10 de 23

LABORATORIO  
DE

- CONCRETO
- SUELOS
- ASFALTO

**Tabla 1. RESUMEN DE ENSAYOS DE LABORATORIO EN SUELOS DE CALICATAS**

Calicata		Ubicación	Prof. Estrato	PROPIEDADES FÍSICAS							CLASIFICACIÓN		PROPIEDADES MECÁNICAS		
Nº	Estrato			% CH	% Finos	% Arenas	% Gravas	% LL	% LP	% IP	SUCS	AASHTO	MDS (g/cm <sup>3</sup> )	OCH %	Pu (g/cm <sup>3</sup> )
C-1	E-1	-	4.00 m	0.38	0.13	68.52	31.35	NP	NP	NP	SP	A-1-b (0)	1.906	6.42	1.766

### 3.2. Análisis granulométrico

El análisis granulométrico tiene por objeto la determinación cuantitativa de la distribución de tamaños de partículas de suelo.

**Tabla 2. RESULTADOS ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO - CALICATA**

<b>CALICATA</b>	<b>C-1</b>
<b>ESTRATO</b>	<b>E1</b>
<b>PROF.(m)</b>	0.0 - 4.00
<b>% GRAVA</b>	31.35
<b>% ARENA</b>	68.52
<b>% FINOS</b>	0.13

### 3.3. Límites de Atterberg



Los límites de Atterberg, límites de plasticidad o límites de consistencia, se utilizan para caracterizar el comportamiento de los suelos finos.

**Tabla 3. RESULTADOS LÍMITES DE ATTERBERG - CALICATA**

<b>CALICATA</b>	<b>C - 1</b>
<b>ESTRATO</b>	<b>E1</b>
<b>PROF.(m)</b>	0.00- 4.00
<b>LL</b>	NP
<b>LP</b>	NP
<b>IP</b>	NP

### 3.4. Contenido de Humedad

Este método de ensayo cubre la determinación en laboratorio del contenido de humedad por masa de suelo, roca, y materiales similares donde la reducción en masa por secado se debe a la pérdida de agua. Este método de prueba requiere varias horas de secado para obtener el contenido de agua del espécimen.

<p><b>Responsable del informe:</b></p>  <p>CRISTHIAN ANDRES RODRIGUEZ ANGELES Ingeniero Civil CIP N° 301975</p>	<p>Pág. 10 de 23</p>	<p><b>Validado:</b></p> 
--	----------------------	---

## ESTUDIO DE MECÁNICA DE SUELOS



“PROPUESTA DE DISEÑO DEL EMBALSE ÁNGEL I EN LA MICROCUENCA SAN IDELFONSO PARA CONTROLAR LAS INUNDACIONES POR EL FENÓMENO EL NIÑO, TRUJILLO”

Solicitante: Deisy Marisol Rodríguez Rodríguez

Área: GEOTECNIA

Código: EMS\_2023\_CT135

Revisión A

Pág. 11 de 23

LABORATORIO DE

- CONCRETO
- SUELOS
- ASFALTO

**Tabla 4. RESULTADOS CONTENIDO DE HUMEDAD - CALICATA**

CALICATA	C - 1
ESTRATO	E1
% COTENIDO DE HUMEDAD	0.38


### 3.5. Proctor Modificado

El ensayo abarca los procedimientos de compactación usados en laboratorio, para determinar la relación entre el contenido de agua y peso unitario seco de los suelos (curva de compactación) compactados en un molde de 4 ó 6 pulgadas de diámetro con un pisón de 10 lbf (44,5 N) que cae de una altura de 18 pulgadas (457 mm), produciendo una Energía de Compactación de 56 000 lb-pie/pie<sup>3</sup>(2 700 kN-m/m<sup>3</sup>).

**Tabla 5. RESULTADOS PROCTOR – CALICATA**

CALICATA	C - 1
ESTRATO	E1
MDS(g/cm <sup>3</sup> )	1.906
OCH%	6.42 %

Responsable del informe:

  
CRISTHIAN ANDRES  
RODRIGUEZ ANGELES  
Ingeniero Civil  
CIP N° 301975

Pág. 11 de 23

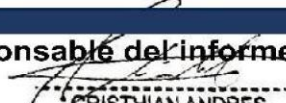
Validado





#### IV. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

- De acuerdo con la información proporcionada, El Proyecto “PROPUESTA DE DISEÑO DEL EMBALSE ÁNGEL I EN LA MICROCUENCA SAN IDELFONSO PARA CONTROLAR LAS INUNDACIONES POR EL FENÓMENO EL NIÑO, TRUJILLO” se desarrollará y está ubicada geográficamente en el Departamento de La Libertad, Provincia de Trujillo.
- Según la calicata ensayada en la zona de estudio, se concluye que el terreno de fundación explorado presenta un estrato, teniendo así que el estrato donde se cimentará está compuesto por: A -1- b (0), según la clasificación ASSHTO.
- Las muestras fueron alcanzadas y extraídas por el SOLICITANTE. El análisis realizado en el laboratorio de suelos arrojó un tipo de suelo predominante SP (Arena mal graduada con grava), con un Máxima Densidad Seca de 1.906 g/cm<sup>3</sup> y un Óptimo Contenido de Humedad de 6.42 %.
- Las excavaciones y extracción de las muestras de suelo fueron realizadas por el solicitante.
- Las Conclusiones y recomendaciones establecidas en el presente Informe Técnico, son sólo aplicables para el área estudiada. De ninguna manera se puede aplicar a otros sectores o a otros fines.

<p><b>Responsable del informe:</b>                    CRISTHIAN ANDRES RODRIGUEZ ANGELES                  Ingeniero Civil                  CIP N° 301975</p>	<p>Pág. 12 de 23</p>	<p><b>Validado:</b>  </p>
---	----------------------	--

## ESTUDIO DE MECÁNICA DE SUELOS



INGENIERIA Y ARQUITECTURA

"PROPUESTA DE DISEÑO DEL EMBALSE ÁNGEL I EN LA MICROCUENCA SAN IDELFONSO PARA CONTROLAR LAS INUNDACIONES POR EL FENÓMENO EL NIÑO, TRUJILLO"

Solicitante: Deisy Marisol Rodríguez Rodríguez

Área: GEOTECNIA

Código: EMS\_2023\_CT135

Revisión A

Pág. 13 de 23

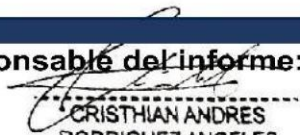
LABORATORIO DE

- CONCRETO
- SUELOS
- ASFALTO

### V. REFERENCIAS

- ✓ Reglamento Nacional de Edificaciones.
- ✓ Bowles J.E. (1967), "Foundation Analysis and Desing", Mc Graw Hill
- ✓ E-050 Suelos y Cimentaciones, Reglamento Nacional de Edificaciones.
- ✓ E-030 Diseño Sismorresistente, Reglamento Nacional de Edificaciones.
- ✓ Mecánica de Suelos Aplicada a Cimentaciones (Jorge Alva Hurtado)
- ✓ Terzaghi K. y Peck R.B. (1967), "Soil Mechanics in Engineering Practice"
- ✓ Ingeniería de Cimentaciones (Peck, Hanson y Thornburn)
- ✓ DAS BRAJA M. Fundamentos de ingeniería de cimentaciones. 7a ed. (2012).
- ✓ Cimentaciones Superficiales (Fernando Herrera Rodríguez)
- ✓ Lambe T.W. y Whitman R.V. (1969), "Soil Mechanics", John Wiley.

Responsable del informe:

  
CRISTHIAN ANDRES  
RODRIGUEZ ANGELES  
Ingeniero Civil  
CIP N° 301975

Pág. 13 de 23

Validado





INGENIERIA Y ARQUITECTURA

“PROPUESTA DE DISEÑO DEL EMBALSE ÁNGEL I EN LA MICROCUENCA SAN IDELFONSO PARA CONTROLAR LAS INUNDACIONES POR EL FENÓMENO EL NIÑO, TRUJILLO”

Solicitante: Deisy Marisol Rodríguez Rodríguez

Área: GEOTECNIA

Código: EMS\_2023\_CT135

Revisión A

Pág. 14 de 23

LABORATORIO DE

- CONCRETO
- SUELOS
- ASFALTO

## ANEXOS

### ANEXO A. PANEL FOTOGRÁFICO

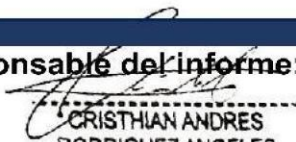


FOTO N° 1



FOTO N° 2

Responsable del informe:

  
CRISTHIAN ANDRES  
RODRIGUEZ ANGELES  
Ingeniero Civil  
CIP N° 301975

Pág. 14 de 23

Validado:



# ESTUDIO DE MECÁNICA DE SUELOS

“PROPUESTA DE DISEÑO DEL EMBALSE ÁNGEL I EN LA MICROCUENCA SAN IDELFONSO PARA CONTROLAR LAS INUNDACIONES POR EL FENÓMENO EL NIÑO, TRUJILLO”

LABORATORIO DE

- CONCRETO
- SUELOS
- ASFALTO



INGENIERIA Y ARQUITECTURA

Solicitante: Deisy Marisol Rodríguez Rodríguez

Área: GEOTECNIA

Revisión A

Código: EMS\_2023\_CT135

Pág. 15 de 23



FOTO N° 3



FOTO N° 4

Responsable del informe:

*CRISTHIAN ANDRES RODRIGUEZ ANGELES*  
CRISTHIAN ANDRES  
RODRIGUEZ ANGELES  
Ingeniero Civil  
CIP N° 301975

Pág. 15 de 23

Validado:





INGENIERIA Y ARQUITECTURA

“PROPUESTA DE DISEÑO DEL EMBALSE ÁNGEL I EN LA MICROCUENCA SAN IDELFONSO PARA CONTROLAR LAS INUNDACIONES POR EL FENÓMENO EL NIÑO, TRUJILLO”

Solicitante: Deisy Marisol Rodríguez Rodríguez

Área: GEOTECNIA

Revisión A

Código: EMS\_2023\_CT135



Pág. 16 de 23

LABORATORIO DE

- CONCRETO
- SUELOS
- ASFALTO

## ANEXO B

# ENSAYOS DE LABORATORIO

<p><b>Responsable del informe:</b>  CRISTHIAN ANDRES RODRIGUEZ ANGELES Ingeniero Civil CIP N° 301975</p>	<p>Pág. 16 de 23</p>	<p><b>Validado</b> </p>
---	----------------------	--

# ESTUDIO DE MECÁNICA DE SUELOS



INGENIERIA Y ARQUITECTURA

## “PROPUESTA DE DISEÑO DEL EMBALSE ÁNGEL I EN LA MICROCUENCA SAN IDELFONSO PARA CONTROLAR LAS INUNDACIONES POR EL FENÓMENO EL NIÑO, TRUJILLO”

LABORATORIO  
DE

Solicitante: Deisy Marisol Rodríguez Rodríguez

Área: **GEOTECNIA**

Revisión A

Código: EMS\_2023\_CT135

Pág. 17 de 23

- CONCRETO
- SUELOS
- ASFALTO

### ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DE SUELOS POR TAMIZADO

ASTM D - 422

**PROYECTO** : PROPUESTA DE DISEÑO DEL EMBALSE ÁNGEL I EN LA MICROCUENCA SAN IDELFONSO PARA CONTROLAR LAS INUNDACIONES POR EL FENÓMENO EL NIÑO, TRUJILLO

**SOLICITANTE** : DEISY MARISOL RODRÍGUEZ RODRÍGUEZ

**RESPONSABLE** : ING. CRISTHIAN ANDRES RODRIGUEZ ANGELES

**UBICACIÓN** : TRUJILLO

**FECHA** : jueves, 22 de Junio de 2023 (A LA FECHA NO SE PRESENTÓ AGUA A LA PROFUNDIDAD DE EXCAVACIÓN)

**MUESTRA** : C-1 / E-1 / - / (MUESTRA EXTRAÍDA Y TRANSPORTADA POR EL SOLICITANTE)

**DATOS DEL ENSAYO**

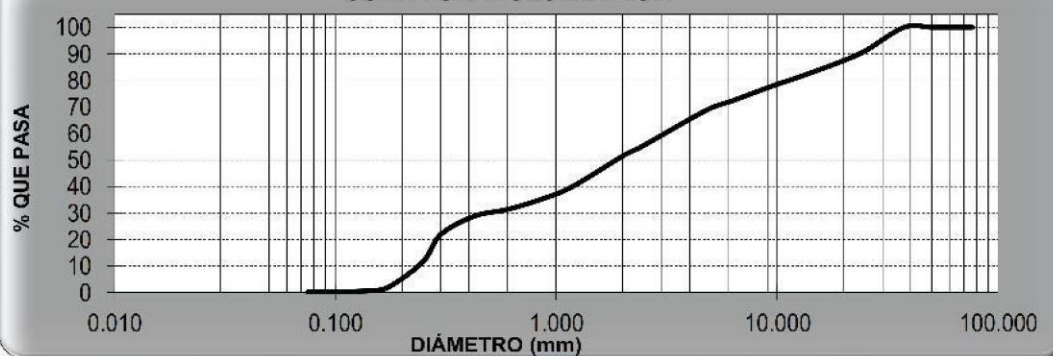
Peso de muestra seca : 2100.00

Peso de muestra seca luego de lavado : 2097.20

Peso perdido por lavado : 2.80

Tamices ASTM	Abertura (mm)	Peso Retenido	%Retenido Parcial	%Retenido Acumulado	%Que Pasa	Contenido de Humedad	
3"	76.200	0.00	0.00	0.00	100.00	0.38%	
2 1/2"	63.500	0.00	0.00	0.00	100.00		
2"	50.000	0.00	0.00	0.00	100.00		
1 1/2"	37.500	0.00	0.00	0.00	100.00	<b>Límites e Índices de Consistencia</b>	
1"	25.000	186.30	8.87	8.87	91.13		L. Líquido : NP
3/4"	19.000	91.70	4.37	13.24	86.76		L. Plástico : NP
1/2"	12.500	116.20	5.53	18.77	81.23	Ind. Plasticidad : NP	
3/8"	9.500	70.00	3.33	22.10	77.90	<b>Clasificación de la Muestra</b>	
1/4"	6.300	115.90	5.52	27.62	72.38		Clas. SUCS : SP
No4	4.750	78.20	3.72	31.35	68.65		Clas. AASHTO : A-1-b (0)
No8	2.360	298.70	14.22	45.57	54.43	<b>Descripción de la Muestra</b>	
No10	2.000	62.00	2.95	48.52	51.48		SUCS: Arena mal graduada con grava
No16	1.180	243.50	11.60	60.12	39.88		AASHTO: Fragmentos de roca, grava y arena / Excelente a bueno
No20	0.850	100.80	4.80	64.92	35.08	Tiene un % de finos de = 0.13%	
No30	0.600	79.10	3.77	68.69	31.31	<b>Descripción de la Calicata</b>	
No40	0.425	53.70	2.56	71.24	28.76		C-1 : E-1
No50	0.300	144.50	6.88	78.12	21.88		Profundidad : 0.00 m - 4.00 m
No60	0.250	213.00	10.14	88.27	11.73		
No80	0.180	189.20	9.01	97.28	2.72		
No100	0.150	41.70	1.99	99.26	0.74		
No200	0.075	12.70	0.60	99.87	0.13		
PLATO		2.80	0.13	100.00	0.00		
Total		2100.00	100.00				

### CURVA GRANULOMÉTRICA



D10	: 1.2986
D30	: 0.3919
D60	: 0.9926
Cu	: 0.76
Cc	: 0.12

**Responsable del informe:**

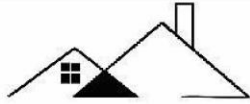
CRISTHIAN ANDRES  
 RODRIGUEZ ANGELES  
 Ingeniero Civil  
 CIP N° 301975

Pág. 17 de 23

**Validado:**



## ESTUDIO DE MECÁNICA DE SUELOS



**CRISAL**  
INGENIERIA Y ARQUITECTURA

**“PROPUESTA DE DISEÑO DEL EMBALSE ÁNGEL I EN LA MICROCUENCA SAN IDELFONSO PARA CONTROLAR LAS INUNDACIONES POR EL FENÓMENO EL NIÑO, TRUJILLO”**

Solicitante: Deisy Marisol Rodríguez Rodríguez

Área: **GEOTECNIA**

Revisión **A**

Código: **EMS\_2023\_CT135**

Pág. 18 de 23

**LABORATORIO DE**

- **CONCRETO**
- **SUELOS**
- **ASFALTO**

### LÍMITES DE CONSISTENCIA

ASTM D - 4318

<b>PROYECTO</b>	:	PROPUESTA DE DISEÑO DEL EMBALSE ÁNGEL I EN LA MICROCUENCA SAN IDELFONSO PARA CONTROLAR LAS INUNDACIONES POR EL FENÓMENO EL NIÑO, TRUJILLO
<b>SOLICITANTE</b>	:	DEISY MARISOL RODRÍGUEZ RODRÍGUEZ
<b>RESPONSABLE</b>	:	ING. CRISTHIAN ANDRES RODRIGUEZ ANGELES
<b>UBICACIÓN</b>	:	TRUJILLO
<b>FECHA</b>	:	22/06/2023 (A LA FECHA NO SE PRESENTÓ AGUA A LA PROFUNDIDAD DE EXCAVACIÓ
<b>MUESTRA</b>	:	C-1 / E-1 / - / (MUESTRA EXTRAÍDA Y TRANSPORTADA POR EL SOLICITANTE)

### LÍMITES DE CONSISTENCIA

Descripción	Limite Líquido			Limite Plástico	
	NP	NP	NP	NP	NP
N° de golpes	NP	NP	NP	NP	NP
Peso de tara (g)					
Peso de tara + suelo húmedo (g)					
Peso tara + suelo seco (g)					
Contenido de Humedad %	NP	NP	NP	NP	NP
Límites %	<b>NP</b>			<b>NP</b>	

### DIAGRAMA DE FLUIDEZ



**Responsable del informe:**

*Handwritten signature*  
CRISTHIAN ANDRES  
RODRIGUEZ ANGELES  
Ingeniero Civil  
CIP N° 301975

Pág. 18 de 23

**Validado:**



## ESTUDIO DE MECÁNICA DE SUELOS



**CRISAL**

INGENIERIA Y ARQUITECTURA

### “PROPUESTA DE DISEÑO DEL EMBALSE ÁNGEL I EN LA MICROCUENCA SAN IDELFONSO PARA CONTROLAR LAS INUNDACIONES POR EL FENÓMENO EL NIÑO, TRUJILLO”

Solicitante: Deisy Marisol Rodríguez Rodríguez

Área: **GEOTECNIA**

Código: EMS\_2023\_CT135

Revisión A

Pág. 19 de 23

LABORATORIO  
DE

- CONCRETO
- SUELOS
- ASFALTO

#### CONTENIDO DE HUMEDAD

ASTM D - 2216

<b>PROYECTO</b>	:	PROPUESTA DE DISEÑO DEL EMBALSE ÁNGEL I EN LA MICROCUENCA SAN IDELFONSO PARA CONTROLAR LAS INUNDACIONES POR EL FENÓMENO EL NIÑO, TRUJILLO
<b>SOLICITANTE</b>	:	DEISY MARISOL RODRÍGUEZ RODRÍGUEZ
<b>RESPONSABLE</b>	:	ING. CRISTHIAN ANDRES RODRIGUEZ ANGELES
<b>UBICACIÓN</b>	:	TRUJILLO
<b>FECHA</b>	:	22/06/2023 (A LA FECHA NO SE PRESENTÓ AGUA A LA PROFUNDIDAD DE EXCAVACIÓN)
<b>MUESTRA</b>	:	C-1 / E-1 / - / (MUESTRA EXTRAÍDA Y TRANSPORTADA POR EL SOLICITANTE)

#### CONTENIDO DE HUMEDAD

ASTM D-2216

Descripción	Muestra 01	Muestra 02	Muestra 03
Peso de la tara (g)	50.50	90.50	52.10
Peso de la tara + suelo húmedo (g)	510.40	550.30	590.19
Peso de la tara + suelo seco (g)	508.20	548.97	588.20
Peso del suelo seco (g)	457.70	458.47	536.10
Peso del agua (g)	2.20	1.33	1.99
% de humedad (%)	0.48	0.29	0.37
% de humedad promedio (%)	<b>0.38</b>		

**Responsable del informe:**

CRISTHIAN ANDRES  
 RODRIGUEZ ANGELES  
 Ingeniero Civil  
 CIP N° 301975

**Validado:**

Pág. 19 de 23





## ESTUDIO DE MECÁNICA DE SUELOS



**CRISAL**  
INGENIERIA Y ARQUITECTURA

### “PROPUESTA DE DISEÑO DEL EMBALSE ÁNGEL I EN LA MICROCUENCA SAN IDELFONSO PARA CONTROLAR LAS INUNDACIONES POR EL FENÓMENO EL NIÑO, TRUJILLO”

Solicitante: Deisy Marisol Rodríguez Rodríguez

Área: **GEOTECNIA**

Código: EMS\_2023\_CT135

Revisión **A**

Pág. 20 de 23

**LABORATORIO  
DE**

- **CONCRETO**
- **SUELOS**
- **ASFALTO**

### PESO ESPECÍFICO Y ABSORCIÓN DE AGREGADOS GRUESOS

ASTM C 127/NTP 400.021

<b>PROYECTO</b>	: PROPUESTA DE DISEÑO DEL EMBALSE ÁNGEL I EN LA MICROCUENCA SAN IDELFONSO PARA CONTROLAR LAS INUNDACIONES POR EL FENÓMENO EL NIÑO, TRUJILLO
<b>SOLICITANTE</b>	: DEISY MARISOL RODRÍGUEZ RODRÍGUEZ
<b>RESPONSABLE</b>	: ING. CRISTHIAN ANDRES RODRIGUEZ ANGELES
<b>UBICACIÓN</b>	: TRUJILLO - TRUJILLO - LA LIBERTAD
<b>FECHA</b>	: jueves, 22 de Junio de 2023
<b>MUESTRA</b>	: C-1 / E-1 / / / (MUESTRA EXTRAÍDA Y TRANSPORTADA POR EL SOLICITANTE)

PESO ESPECÍFICO Y ABSORCIÓN DE A° G°	Ensayo 01	Ensayo 02
A= Peso en el aire de la muestra seca (g)	2554.00	2566.00
B= Peso en el aire de la muestra saturada con superficie seca (g)	2564.80	2575.10
C= Peso sumergido en agua de la muestra saturada (g)	1600.00	1620.00
Peso específico de masa (Pem)	2.65	2.69
Peso específico de masa saturada con superficie seca (PeSSS)	2.66	2.70
Peso específico aparente (Pea)	2.68	2.71
Absorción (%)	0.42	0.35
PESO ESPECÍFICO DE MASA PROMEDIO (Pem)	2.67	
PESO ESPECÍFICO DE MASA SATURADA CON SUPERFICIE SECA PROMEDIO (PeSSS)	2.68	
PESO ESPECÍFICO APARENTE PROMEDIO (Pea)	2.69	
ABSORCIÓN PROMEDIO (%)	0.39	

<p><b>Responsable del informe:</b></p> <p style="text-align: center;">CRISTHIAN ANDRES RODRIGUEZ ANGELES Ingeniero Civil CIP N° 301975</p>	<p><b>Pág. 20 de 23</b></p>	<p><b>Validado:</b></p>
--	-----------------------------	-------------------------

## ESTUDIO DE MECÁNICA DE SUELOS



INGENIERIA Y ARQUITECTURA

**“PROPUESTA DE DISEÑO DEL EMBALSE ÁNGEL I EN LA MICROCUENCA SAN IDELFONSO PARA CONTROLAR LAS INUNDACIONES POR EL FENÓMENO EL NIÑO, TRUJILLO”**

Solicitante: Deisy Marisol Rodríguez Rodríguez

Área: GEOTECNIA

Código: EMS\_2023\_CT135


Revisión A

Pág. 21 de 23

LABORATORIO DE

- CONCRETO
- SUELOS
- ASFALTO

Responsable del informe:

  
CRISTHIAN ANDRES  
RODRIGUEZ ANGELES  
Ingeniero Civil  
CIP N° 301975

Pág. 21 de 23

Validado:



## ESTUDIO DE MECÁNICA DE SUELOS



INGENIERIA Y ARQUITECTURA

### "PROPUESTA DE DISEÑO DEL EMBALSE ÁNGEL I EN LA MICROCUENCA SAN IDELFONSO PARA CONTROLAR LAS INUNDACIONES POR EL FENÓMENO EL NIÑO, TRUJILLO"

Solicitante: Deisy Marisol Rodríguez Rodríguez

Área: GEOTECNIA

Código: EMS\_2023\_CT135

Revisión A

Pág. 22 de 23

LABORATORIO DE

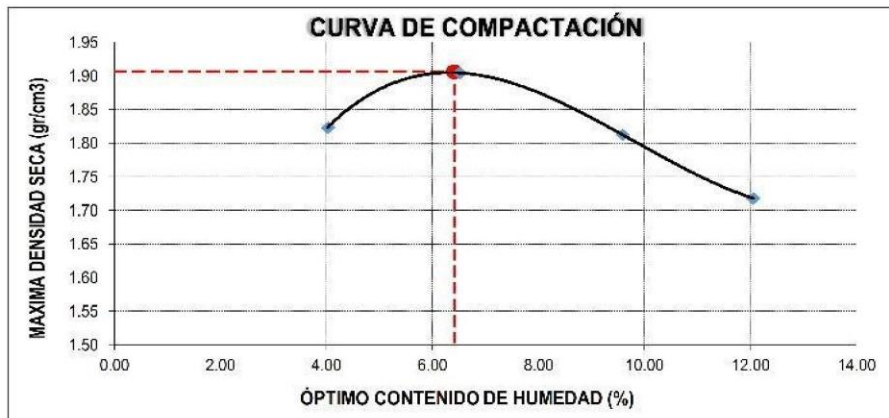
- CONCRETO
- SUELOS
- ASFALTO

#### PROCTOR MODIFICADO: METODO C ASTM D - 1557

<b>PROYECTO</b>	: PROPUESTA DE DISEÑO DEL EMBALSE ÁNGEL I EN LA MICROCUENCA SAN IDELFONSO PARA CONTROLAR LAS INUNDACIONES POR EL FENÓMENO EL NIÑO, TRUJILLO
<b>SOLICITANTE</b>	: DEISY MARISOL RODRÍGUEZ RODRÍGUEZ
<b>RESPONSABLE</b>	: ING. CRISTHIAN ANDRES RODRIGUEZ ANGELES
<b>UBICACIÓN</b>	: TRUJILLO
<b>FECHA</b>	: 22/06/2023 (A LA FECHA NO SE PRESENTÓ AGUA A LA PROFUNDIDAD DE EXCAVACIÓN)
<b>MUESTRA</b>	: C-1 / E-1 / - / (MUESTRA EXTRAÍDA Y TRANSPORTADA POR EL SOLICITANTE)

Molde N°	SIN-478
Peso del molde (g)	6730
Volumen del molde (cm <sup>3</sup> )	2124.5
N° de capas	5
N° de golpes por capa	56

MUESTRA N°	# 1	# 2	# 3	# 4	# 5	# 6
Peso del suelo húmedo + molde (g)	10760	11040	10950	10820		
Peso del molde (g)	6730	6730	6730	6730		
Peso del suelo húmedo (g)	4030	4310	4220	4090		
Densidad húmeda (g/cm <sup>3</sup> )	1.90	2.03	1.99	1.93		
<b>CONTENIDO DE HUMEDAD</b>						
Peso del suelo húmedo + tara (g)	261.40	311.80	239.30	296.48		
Peso del suelo seco + tara (g)	253.70	295.80	223.62	270.50		
Peso del agua (g)	7.70	16.00	15.68	25.98		
Peso de la tara (g)	62.50	50.50	60.10	55.10		
Peso del suelo seco (g)	191.20	245.30	163.52	215.40		
% de humedad (%)	4.03	6.52	9.59	12.06		
Densidad del suelo seco (g/cm <sup>3</sup> )	1.82	1.90	1.81	1.72		



Máxima densidad seca (g/cm <sup>3</sup> )	1.906
Óptimo contenido de humedad (%)	6.421

Responsable del informe:

*CRISTHIAN ANDRES RODRIGUEZ ANGELES*  
 CRISTHIAN ANDRES  
 RODRIGUEZ ANGELES  
 Ingeniero Civil  
 CIP N° 301975

Pág. 22 de 23

Validado:



## ESTUDIO DE MECÁNICA DE SUELOS



**CRISAL**  
INGENIERIA Y ARQUITECTURA

**“PROPUESTA DE DISEÑO DEL EMBALSE ÁNGEL I EN LA MICROCUENCA SAN IDELFONSO PARA CONTROLAR LAS INUNDACIONES POR EL FENÓMENO EL NIÑO, TRUJILLO”**

Solicitante: Deisy Marisol Rodríguez Rodríguez

Área: **GEOTECNIA**

Código: EMS\_2023\_CT135

Revisión A

Pág. 23 de 23

**LABORATORIO DE**

- CONCRETO
- SUELOS
- ASFALTO

### PESO UNITARIO VOLUMETRICO

ASTM D 1587

<b>PROYECTO</b>	:	PROPUESTA DE DISEÑO DEL EMBALSE ÁNGEL I EN LA MICROCUENCA SAN IDELFONSO PARA CONTROLAR LAS INUNDACIONES POR EL FENÓMENO EL NIÑO, TRUJILLO
<b>SOLICITANTE</b>	:	DEISY MARISOL RODRÍGUEZ RODRÍGUEZ
<b>RESPONSABLE</b>	:	ING. CRISTHIAN ANDRES RODRIGUEZ ANGELES
<b>UBICACIÓN</b>	:	TRUJILLO
<b>FECHA</b>	:	22/06/2023
<b>MUESTRA</b>	:	C-1 / E-1 / - / (MUESTRA EXTRAÍDA Y TRANSPORTADA POR EL SOLICITANTE)

### PESO UNITARIO DEL SUELO

Frasco Graduado

Muestra N°	1	2
Peso del frasco (gr)	294.70	294.70
Volumen del frasco (cm3)	1180.60	1180.60
Peso del Suelo Húmedo + Frasco (gr)	2353.50	2405.80
Peso del Suelo Húmedo (gr)	2058.80	2111.10
Peso Unitario Húmedo (gr/cm3)	1.744	1.788
Contenido de Humedad (%)	0.38%	
Peso Unitario Seco (gr/cm3)	1.744	1.788
Peso Unitario Seco Promedio (gr/cm3)	<b>1.766</b>	

**Responsable del informe:**

*(Firma)*  
CRISTHIAN ANDRES  
RODRIGUEZ ANGELES  
Ingeniero Civil  
CIP N° 301975

Pág. 23 de 23

**Validado**

