



**UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO**

**FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA**

**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL**

**Modelamiento hidráulico del río Sinsicap para prevención de inundaciones - tramo Choro - Lucmar, caserío Collambay - Simbal -Trujillo.**

TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

Ingeniero Civil

**AUTORES:**

Pumachaico Gamboa, Yair Alonso (ORCID: 0000-0002-8352-2116)

Zavaleta Collave, Elvis Geiner (ORCID: 0000-0002-8317-7738)

**ASESORES:**

Dr. Herrera Viloche, Alex Arquímedes (ORCID: 0000-0001-9560-6846)

Mg. Farfán Córdova, Marlon Gastón (ORCID: 0000-0001-9295-5557)

**LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:**

Diseño de Obras Hidráulicas y Saneamiento

TRUJILLO - PERÚ

2020

## **DEDICATORIA**

A Dios, por darnos la oportunidad de vivir y por conceder la sabiduría para permitirnos llegar a esta instancia, ya que sin su voluntad nada de esto hubiera sido posible.

A nuestros padres por su amor y apoyo incondicional que nos brindaron durante todo nuestro trayecto estudiantil y de vida.

A nuestros amigos, que gracias a los grupos de estudio que formamos llegamos hasta la parte final de la vida universitaria y que seguiremos siendo amigos.

A nuestros docentes, gracias por su tiempo y sabiduría que nos transmitieron en el desarrollo de nuestra formación profesional.

A todos ellos está dedicado nuestro proyecto, porque ellos forman parte de este gran logro obtenido con mucho esfuerzo.

**Los autores.**

## **AGRADECIMIENTO**

En primer lugar, agradecemos a Dios por su infinita bondad, por brindarnos su bendición, fortaleza, responsabilidad y sabiduría, por ser el guía en cada momento de nuestra vida.

Agradecemos a la Escuelas Profesional de Ingeniera Civil, de la Universidad Privada Cesar Vallejo, por haber aceptado que seamos parte de ella, por el apoyo otorgado en toda nuestra formación profesional.

A nuestro asesor de tesis el Ing. Alex Arquímedes Herrera Viloche por su paciencia, apoyo y su constante orientación para llevar a cabo tan importante tema de investigación.

**Los autores.**

## ÍNDICE DE CONTENIDOS

Carátula.....	i
Dedicatoria .....	ii
Agradecimiento .....	iii
Índice de contenidos .....	iv
Índice de tablas .....	v
Índice de figuras .....	vi
RESUMEN .....	vii
ABSTRACT .....	viii
<b>I. INTRODUCCIÓN.....</b>	<b>1</b>
<b>II. MARCO TEÓRICO .....</b>	<b>3</b>
<b>III. METODOLOGÍA .....</b>	<b>17</b>
<b>3.1. Tipo y diseño de investigación .....</b>	<b>17</b>
<b>3.2. Variables y operacionalización. ....</b>	<b>18</b>
<b>3.3. Población, muestra y muestreo. ....</b>	<b>18</b>
<b>3.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos, validez y confiabilidad.....</b>	<b>18</b>
<b>3.5. Procedimientos .....</b>	<b>19</b>
<b>3.6. Método de análisis de datos. ....</b>	<b>20</b>
<b>3.7. Aspectos éticos. ....</b>	<b>20</b>
<b>IV. RESULTADOS.....</b>	<b>21</b>
<b>4.1. Estudio Topográfico. ....</b>	<b>21</b>
<b>4.2. Estudio de mecánica de suelos. ....</b>	<b>24</b>
<b>4.3. Estudio Hidrológico .....</b>	<b>29</b>
.....	35
<b>4.4 Modelamiento Hidráulico .....</b>	<b>41</b>
<b>4.5 Diseño de defensa ribereña. ....</b>	<b>49</b>
<b>V. DISCUSIÓN.....</b>	<b>55</b>
<b>VI. CONCLUSIONES.....</b>	<b>57</b>
<b>VII. RECOMENDACIONES. ....</b>	<b>58</b>
<b>REFERENCIAS.....</b>	<b>59</b>
<b>ANEXOS: .....</b>	<b>63</b>

## ÍNDICE DE TABLAS

TABLA 1: Dimensiones del gavión tipo caja.....	14
TABLA 2: Dimensiones del gavión tipo colchón.....	15
TABLA 3: Cuadro de Operacionalización de Variables .....	18
TABLA 4. Cuadro de calicatas.....	27
TABLA 5: Cuadro resumen de Resultados – Clasificación de suelos.....	28
TABLA 6: Cartas Nacionales.....	30
TABLA 7: Estación Sinsicap.....	30
TABLA 8: Cuadro de parámetros fisiográficos. ....	31
TABLA 9:Cuadro de Estaciones Pluviométricas a la zona de estudio.....	32
TABLA 10: Cuadro de Precipitación de la Estación Sinsicap. ....	33
TABLA 11: Cuadro de Precipitación máxima 24 horas – Estación Pluviométrica....	33
TABLA 12: Constantes regionales del Perú para el método de Creager. ....	37
TABLA 13: Caudales máximos diarios estimados– Método Creager.....	37
TABLA 14: Cuadro de resultados de caudales par distintos tipos de periodo con el programa HEC-HMS.....	40
TABLA 15: Cuadro de Resultados para los escenarios de período de retorno en el tramo de estudio.....	45

## ÍNDICE DE FIGURAS

FIGURA 1: Curvas de nivel, red de triangulación y ráster. ....	9
FIGURA 2: Gavión tipo caja.....	14
FIGURA 3: Gavión tipo colchón.....	15
FIGURA 4: Abertura de malla.....	16
FIGURA 5: Diseño de Investigación del proyecto .....	17
FIGURA 6: Imagen de Drone utilizado. ....	21
FIGURA 7: Nube de puntos y ortofoto. ....	23
FIGURA 8: Zonas sísmicas del Perú. ....	25
FIGURA 9: Ubicación del tramo de estudio. ....	26
FIGURA 10: Hidrograma de precipitación máxima, años hidrológicos1999-2018. ...	35
FIGURA 11: Regionalización de avenidas en territorio peruano.....	36
FIGURA 12: Esquema de la subcuenca del Río Sinsicap ingresada al Programa HEC – HMS.....	39
FIGURA 13: Resultados del HEC-HMS.....	40
FIGURA 14: Hidrograma de diseño para Tr: 100 años.....	41
FIGURA 15: Vista general del RAS Mapper.....	42
FIGURA 16: Mesh (malla) utilizada en la geometría del modelo hidráulico. ....	43
FIGURA 17: Modelo Digital de Elevación. ....	44
FIGURA 18: Mapas de profundidad de agua (tirante o calado) del modelo hidráulico para un Tr= 100 años. ....	46
FIGURA 19: Mapa de velocidades de flujo para un Tr=100 años. ....	46
FIGURA 20: Mapa de niveles de agua del modelo hidráulico para un Tr=100 años. ....	47
FIGURA 21: Mapa de profundidad de agua (tirante o calado) del modelo hidráulico para un Tr= 200 años. ....	47
FIGURA 22: Mapas de velocidad de flujo del modelo hidráulico para un Tr= 200 años. .....	48
FIGURA 23: Mapa de niveles de agua del modelo hidráulico para un Tr= 200 años.....	48
FIGURA 24: Información del proyecto.....	50
FIGURA 25: Diseño del muro gavión en el software GEO-5. ....	51
FIGURA 26: Diseño del muro gavión detalle de tipos de suelo en el software GEO-5. .....	52
FIGURA 27: Verificación de equilibrio del muro gavión.....	53
FIGURA 28: Verificación de capacidad portante del muro gavión.....	54

## RESUMEN

- El siguiente trabajo de investigación se realizó en Río Sinsicap en el tramo Choro – Lucmar, en el cual hace un énfasis a los daños ocurridos en nuestro país a causa de los fenómenos naturales como son las inundaciones, es así que debido al Fenómeno denominado “Niño Costero” ocurrido en el año 2017, que generó un evento de máxima avenida donde ocasionó problemas de inundación, erosión y acumulación de arrastre de sedimentos, que llegaron a destruir áreas de cultivo, colapsaron las infraestructuras de riego, vías de comunicación, viviendas, etc., afectando principalmente la actividad agro-pecuaria, lo que significó el incremento de la crisis económica de sus pobladores. Es por ello que la investigación realiza el modelamiento hidráulico del Río Sinsicap – tramo Choro – Lucmar, caserío Collambay – Simbal – Trujillo, con la finalidad de prevenir inundaciones. Así mismo, salvaguardar a la población ante un futuro evento natural de las mismas magnitudes o mayores a las que ya ocurrieron, ya que, actualmente en la zona mencionada no cuenta con ninguna estructura de protección. Frente al problema mencionado, se propuso la implementación de gaviones en la zona que según la simulación nos muestra, y con ello, la mitigación de desastres naturales. Durante la investigación se realizó el levantamiento topográfico con Drone, así como los estudios de suelos que se realizan mediante los ensayos correspondientes para conocer las características principales del terreno; posterior a ello, se realizó los cálculos hidrológicos, para luego realizar el modelamiento hidráulico con el programa HEC RAS con la intención de conocer el lugar adecuado para la ubicación de los gaviones. En conclusión, con los resultados obtenidos del programa se conoció los distintos lugares vulnerables existentes en la zona de estudio, por lo cual para su solución se planteó la defensa ribereña muros de gaviones cuya característica son los siguientes: una base de 3.5x1x5m, el siguiente de 3x1x5m, el tercero de 2.5x1x5m, el cuarto de 2x1x5m y el último de 1.5x1x5m.

**Palabras clave:** modelación hidráulica, Hec-ras, defensa ribereña.

## ABSTRACT

The following research work was carried out in Rio Sinsicap in the Choro - Lucmar section, which emphasizes the damage that has occurred in our country due to natural phenomena such as floods, so it is due to the phenomenon called "Niño Coastal" occurred in the year 2017, which generated a maximum avenue event where it caused flooding, erosion and sediment drag accumulation problems, which destroyed cultivation areas, collapsed irrigation infrastructures, communication routes, houses, etc. ., mainly affecting agricultural and livestock activity, which meant the increase in the economic crisis of its inhabitants. That is why the investigation carries out the hydraulic modeling of the Sinsicap River - Choro - Lucmar section, Collambay - Simbal - Trujillo hamlet, in order to prevent flooding. Thus safeguarding the population against a future natural event of the same magnitudes or greater than those that already occurred, since, currently in the aforementioned area, it does not have any protection structure. Faced with the aforementioned problem, the implementation of gabions in the area was proposed, which according to the simulation shows us, and with it, the mitigation of natural disasters. During the investigation, the topographic survey was carried out with Drone, as well as the soil studies carried out through the corresponding tests to find out the main characteristics of the terrain; After that, the hydrological calculations were carried out, and then the hydraulic modeling was carried out with the HEC-RAS program with the intention of knowing the appropriate place for the location of the gabions. In conclusion, with the results obtained from the program, the different vulnerable places existing in the study area were known, so for its solution the coastal defense of gabion walls was proposed, the characteristics of which are as follows: a base of 3.5x1x5m, the following of 3x1x5m, the third of 2.5x1x5m, the fourth of 2x1x5m and the last of 1.5x1x5m.

**Keywords:** hydraulic modeling, Hec-ras, riparian defense

## I. INTRODUCCIÓN

En nuestro país las precipitaciones intensas que se dan en las regiones de la sierra provocan en reiteradas ocasiones diferentes desastres naturales en las cuencas, originando consecuencias graves a raíz de la erosión e inundación de los suelos con considerables pérdidas económicas. Manifestaciones intempestivas de la naturaleza afectan la infraestructura vial existente, población y terrenos de cultivo lo que origina un aspecto negativo a los habitantes que se encuentran alrededor de los ríos. Mencionando desastres naturales que se relacionan con el agua, ligeramente se enlaza con el fenómeno El Niño (los más fuertes y clasificados como trágicos los que se vieron en 1982-83, 1997-98 y el último 2017-18), las lluvias excesivas traen consigo el desborde de los ríos. (SENAMHI)

Los sucesos periódicos de precipitaciones fuertes ya sea por aspecto del fenómeno El Niño o de otras alteraciones del clima, hacen que en el tramo Choro – Lucmar de caserío Collambay – Simbal la afluencia del río Sinsicap amplíe en volúmenes importantes. Estos rebasan el río perjudicando vías de transporte, áreas de cultivo y viviendas, volviendo se vulnerables, esto ocasiona grandes pérdidas económicas tanto en propiedades y gran riesgo de perder vidas humanas.

El aumento de la población en el sector genera una alta demanda de viviendas, debido a la falta de proyección para habilitación urbana terminan localizadas en zonas expuestas a inundaciones, este no es el único problema ya que en el año 2017 debido al desborde del río Sinsicap se perdió varias áreas de cultivos, también infraestructura vial siendo así que se perdió el puente Collambay que unía el distrito de Simbal con el caserío de Collambay dejando aislados muchos habitantes de varios caseríos.

Por este motivo el proyecto de investigación que se viene realizando tiene como finalidad el modelado hidráulico del río Sinsicap en el tramo Choro - Lucmar, zona

que a la fecha es una de las partes más desprotegidas de la cuenca, con la ayuda del estudio topográfico, así como los programas informáticos actuales, por otra parte, el estudio hidrológico y mecánica de suelos para determinar los periodos de retorno y las características del suelo, con el fin de dar una respuesta a los problemas originados por las manifestaciones climáticas, así la población no tenga dificultades en un futuro cercano. Teniendo en cuenta la problemática relacionada al río Sinsicap formulamos nuestro problema con la pregunta siguiente: ¿Cuál es el modelamiento hidráulico del Río Sinsicap – tramo Choro – Lucmar, caserío Collambay – Simbal – Trujillo, que permitirá prevenir inundaciones?

En esta investigación se justificará de la siguiente forma: Teóricamente nos ayuda a ejecutar los conocimientos adquiridos en nuestra vida universitaria en hidrología se verá precipitaciones, caudales y periodo de retorno; por otro lado en la topografía se realizará las curvas de nivel, perfil longitudinal y secciones transversales; en el ámbito de suelos indicaremos el tipo de suelo, contenido de humedad y la granulometría; para lo que será el modelamiento hidráulico del río Sinsicap se establecerá las variables hidráulicas en el cauce del río contra avenidas abundantes de agua aplicando el programa HEC-RAS. Metodológicamente se busca el desarrollo coordinado de los recursos existentes en la zona, persigue analizar los recursos con la ayuda de estudios que proporcionan una base para la evaluación del río enfocado a la gestión por medio de la modelación hidráulica.

Técnicamente en la investigación se ejecutó el modelado hidráulico del río Sinsicap, con el programa de simulación hidráulica HEC-RAS, que permitió simular el comportamiento del río producto de las máximas avenidas así poder brindar la mejor solución con una defensa ribereña adecuada para el cauce del río para esto también fue necesario hacer los estudios topográfico, hidrológico y de mecánica de suelos. Socialmente las posibles crecidas del río podrían ocasionar daños materiales, pérdidas económicas y de seres humanos, por ello es importante conocer los objetivos realizados por nuestro proyecto y de esta manera brindaremos la mejor solución para el beneficio de los ciudadanos de la Comunidad.

El proyecto de investigación considera como principal objetivo: Realizar el modelamiento hidráulico del Río Sinsicap – tramo Choro – Lucmar, caserío Collambay – Simbal – Trujillo, con la finalidad de prevenir inundaciones. Asimismo, los objetivos específicos son los siguientes: Realizar el levantamiento topográfico del tramo de estudio. Conocer las características del suelo mediante estudio de mecánica de suelos. Analizar el estudio hidrológico. Proponer la defensa ribereña adecuada para el tramo de estudio. Por último, nos planteamos la siguiente hipótesis: El modelamiento hidráulico que se plantea actúa como defensa ribereña adecuada para prevención de inundaciones en el tramo Choro-Lucmar del río Sinsicap, asimismo cumplirá con toda la normativa técnica vigente.

## **II. MARCO TEÓRICO**

Este proyecto de investigación considera los siguientes trabajos similares:

Según Torres y Vivas (2018), en el trabajo de investigación: “Modelación de una estructura hidráulica de confluencia de canales urbanos (caso estudio: río Arzobispo, Bogotá D.C.), tienen como propósito modelar hidráulicamente una estructura de confluencia de canales con el fin de identificar riesgos de inundación en su zona de influencia. Este proyecto tuvo como objetivo principal realizar un modelo hidráulico sobre el tramo asignado, además de hallar los niveles y caudales máximos donde generen mayor desbordamiento para la estructura de riesgo de inundación. Las zonas de influencia que se realizó en el proyecto, se usó el AutoCAD con planos y curvas de nivel en la zona asignada. A su vez se obtuvo un área de 346043.23 metros cuadrados, donde se usa para los análisis de datos en cada caudal de precipitación para el tiempo de retorno de 50 años para estructuras de alcantarillado. Concluyendo que el modelado hidráulico, tuvo una buena evaluación del comportamiento de la estructura, aun cuando el modelado presenta varias precauciones en algunos tramos para intensidad de lluvias fuertes, que será bueno tener presente para un futuro cercano.

Según Rodas (2018), en su trabajo de investigación: “Estudio técnico para rectificación y protección de márgenes del río Tarqui”, el cual tuvo como finalidad identificar e implementar soluciones para el encauzamiento y protección de márgenes en los ríos con la ayuda del estudio hidráulico. Donde se realizó el estudio técnico explorativo, comportamientos morfológico y procesos de flujo en tramos del cauce del río Tarqui. Se analizaron importantes procesos hidráulicos enfocándose en un análisis comparativo y contrastación de aspectos, se identificaron las zonas críticas en el río Tarqui. Finalmente se empleó varios criterios basados en consideraciones de velocidad para hallar la identificación de zonas críticas. Donde se recolectó los datos que la velocidad de erosión fue de 2.8m/s, y se observó 7 zonas en requerimiento de intervención.

Según Sánchez (2017), en el trabajo de investigación: “Modelación hidrológica e hidráulica acoplada de la cuenca media y baja del río Magdalena”, con el fin de observar el comportamiento del río Magdalena con diseño de un modelo hidrológico y un modelo hidráulico. Se obtuvo buenos resultados en el desarrollo lluvia-escorrentía y el recorrido hidráulico de la cuenca, los indicadores del modelo hidrológico se encuentran en la mezcla de cobertura y tipo de suelo. Por último, el trabajo mostró una nueva enseñanza para definir la influencia de los parámetros del modelo hidrológico y permitió reproducir el proceso lluvia-escorrentía en la cuenca donde se ubica el río.

Según Zafra (2018), en la tesis “Modelamiento hidráulico del Río Cascasen, tramo Ciudad de San Marcos, con fines de prevención de inundaciones”, tuvo como objetivo diseñar las áreas afectadas causadas por el río del resultado de un caudal máximo, a través de, un modelado hidráulico y determinar medidas de prevención ante estas posibles catástrofes. Logro un modelo de elevación de terreno (DET) en formato TIFF con una resolución de 12.5 m, lo cual se precisó las 11681 ha. Para la información topográfica se usó Drone DJI Phantom 4 pro, con lo cual se levantaron 56 ha aproximadamente.

Según Huancas (2019), en la tesis “Modelamiento Hidráulico con Hec-Ras para la prevención de Inundaciones desde el km 44+100 al km 49+100 en el Río Reque”, tuvo como fin llevar a cabo el modelado hidráulico para prevenir inundaciones realizando diversos estudios como topográficos, hidrológicos y mecánica de suelos. Consiguiendo los resultados de la investigación que muestra partes de curvas pronunciadas, con pendiente de 0.001m/también se encuentra formado con el suelo tipo SP (arena pobremente graduada), con humedad promedio de 26.72% por lo cual se diseñaron estructuras de protección como defensa ribereña.

Según Quispe y Rojas (2018), en la tesis “Modelamiento hidráulico del cauce en Río Huaycoloro mediante el programa Hec Ras para mitigar las inundaciones en Huachipa 2018”, tuvieron como objetivo identificar las zonas más críticas del Río Huaycoloro mediante el Modelado hidráulico con el software Hec Ras en un tramo de 3 km para plantar soluciones al riesgo de inundaciones. El área estudiada de la cuenca huaycoloro es de 487 km<sup>2</sup> y el perímetro de 6172.84 km. Se determinó las zonas más críticas por medio de la simulación hidráulica con el Hec – Ras se visualizó el comportamiento del río ante las crecidas de caudal llegando a ocasionar desbordes en zonas críticas.

Según Bejarano (2018), en el trabajo “Modelamiento hidráulico del Río Jequetepeque desde el km 0+000 al km 10+000, con fines de prevención, Pacasmayo, la libertad 2018”, tuvo como finalidad ejecutar el modelamiento hidráulico del Río Jequetepeque a fin de prevenir catástrofes de inundaciones, realizo estudio topográfico, hidrológico y geotécnico. Se obtuvo resultados del modelamiento según el programa Hec Ras cuyo método se limita al diseño del río de flujo continuo y permanente. Verificando los lugares indefensos, en el lado izquierdo son de 5550 m. y en el lado derecho 4150 m. y la totalidad 9700 m. de diques laterales.

Según López (2018), en el trabajo “Diseño Hidráulico y Estructural del encauzamiento y defensas ribereñas en el Río Virú, tramo Zaraqúe – Puente Virú”, tuvo como objetivo describir las especificaciones técnicas para realizar el diseño hidráulico y estructural

con apoyo del análisis topográfico, hidrológico y estudio de suelos. Obtuvo un diseño hidráulico para un caudal de 393.53 m<sup>3</sup>/s que corresponde a un tiempo de retorno de 140 años, optando con dimensiones de ancho de 50, 75 y 90 m. Los resultados de los estudios topográficos de 11 km de longitud con pendiente de 0.87%, el suelo resulto GP y GW con peso específico seco de 1.861 g/cm<sup>3</sup>.

Según Juárez y Rodríguez (2017), en la tesis “Evaluación hidráulica del río Moche tramo Puente de fierro, longitud 1 km”, tuvieron como fin hacer el análisis hidráulico en una parte del río con el objetivo de evitar desbordes por la zona de Quirihuac. Obteniendo resultados del SENAMHI, se da a conocer que este río presenta caudales mayores en distintos tiempos de retorno 50, 100 y 500 años fueron Q<sub>50</sub>=370.56 m<sup>3</sup>/s, Q<sub>100</sub>=370.56 m<sup>3</sup>/s y Q<sub>500</sub>=370.56 m<sup>3</sup>/s, en las presentes fechas de enero-abril se utilizó el software IBER se observó que el puente de fierro provoca estrechamiento al cauce.

La Modelación Hidráulica es el tema principal de la investigación por lo que se está describiendo los conceptos fundamentales de lo necesario para el modelamiento del río. Al empezar hablar de hidráulica se dice que modelo se da entender a un sistema que se adapta a un propósito real, dada a las informaciones que se desarrolla y presenta de manera oportuna para así aplicar al diseñar y proyección de obras de ingeniería (Vergara, 1993).

Un modelamiento, es la parte física de un procedimiento real, con una agrupación de indicadores y variables que son relacionados matemáticamente, y que se puede simular un desarrollo del sistema. También, cuenta con dos razones para poder realizar un modelo, en primer lugar, se da a conocer la parte física que contiene base de datos, así demuestra una hipótesis. En segundo lugar, se brinda un instrumento de pronóstico. No debe haber una confusión entre ellas porque la primera se acomoda con un arreglo empírico, por otro lado, la segunda exige un modelo que presente una forma experimental detallada y con entendimiento para poder desarrollar una buena salida particular para algunas condiciones definidas, haciendo

unas mejores condiciones de producir salidas. La utilización real de estos modelos es apoyar en el proceso del análisis de datos, experimentar hipótesis en unión con los estudios de campo, aumentar nuestro conocimiento de los procesos y su interacción e identificar las áreas de descripción (Vergara, 1993).

La modelación hidráulica es la imagen real que se toma en datos de flujo de agua, pero en una escala menor, donde todas las magnitudes tanto físicas que se toman a través de una toma de datos deben corresponder o ser similares a las magnitudes reales de la naturaleza; esto lo conoce como recaudación de datos. Esto nos permitirá saber los requerimientos que nosotros necesitamos para tener una similitud geométrica la cual se plasmará en este modelo hidráulico (Morris, 2006).

Para lograr nuestro objetivo del modelamiento hidráulico utilizaremos el siguiente programa; HEC - RAS (River Analysis System), este es un programa el cual su función esencial es el delineamiento de llanuras de inundación, esto significa que se calcula el nivel del agua por toda la sección transversal en un canal artificial o tramo de un río. También calcula los niveles en toda sección. Al procesar los datos se da de forma sencilla porque las ventanas de Windows conceden de una forma ordenada el proceso de datos. Examina los cálculos que tienen paso de distintos patrones de obstáculos y progresos en los lugares de inundación estos son presas, puentes, alcantarillas, cunetas, diques y otras estructuras, se aplica a las planicies de inundación y estudios de contingencia ante afluencias, también admite dar evaluación de las zonas en riesgo de inundación (Coloma, 2015).

Para realizar el modelamiento se obtuvo los datos de los siguientes estudios: el estudio topográfico, las características del suelo y los datos hidrológicos, Primero se inició con el estudio topográfico del lugar donde se realizó la investigación, esta etapa permitió la observación de la superficie determinando sus características físicas, geográficas del terreno y también sus alteraciones. El levantamiento topográfico se basó en reunir datos del terreno para ser plasmados con mejores detalles en un plano donde se visualiza las dimensiones del terreno.

La topografía es la ciencia geométrica que se aplica en la ingeniería da explicación de una cierta porción mediana de la Tierra, se divide en dos actividades especificadas, la primera es la marcación y dimensión de puntos de un área de terreno y en segundo lugar (se da lugar al trabajo de gabinete) procesar los datos en un plano. La metodología y equipos empleados para estos trabajos están en constante actualización y van en conjunto con la evolución de la tecnología (Fuentes, 2012).

El levantamiento topográfico se hizo con la finalidad de establecer la figura del terreno y la postura terrestre donde se ubica, de lugares naturales o construcciones hechas por la humanidad. En el estudio topográfico se considera la información que se necesita para graficarlos o dar la creación del mapa (Casanova, 2002).

La topografía se realizó con toda la tecnología actual se usó los drones que son los Sistemas Aéreos Remotamente Pilotados (RPAS en sus siglas en inglés) con el gran resultado que originó el uso de los drones, se convirtieron en una herramienta esencial e indispensable para los trabajos que requieran información exacta de puntos o cotas, además tiene la ventaja de ahorrar tiempo, reducir los precios y origina un resultado satisfactorio. Los datos espaciales conseguidos serán el fundamento de los distintos procesos que ayudarán para evaluar la cartografía aceptada (Sáez, 2015).

La fotogrametría ayuda medir sobre fotografías y determinar las propiedades geométricas de los objetos, además con el apoyo de las imágenes fotográficas se logra observar las situaciones espaciales. Si bien trabajamos con una imagen nos brinda datos en primer grado de la geometría del objeto, en otros términos, datos bidimensionales. Al trabajar con dos imágenes, en el lugar común a estas, se logrará tener un enfoque estereoscópico o, por otro lado, datos tridimensionales. Especialmente, es un procedimiento de medidas de coordenadas 3D, que usa imágenes u otros procedimientos de percepción remota en unión con puntos de

referencia topográficos enzima del terreno, como medio primordial para la medición (Sáez, 2015).

La tecnología GNSS son siglas en ingles de Global Navigation Satellite System cuyo sistema más conocida, es el GPS (Global Positioning System), ayuda a determinar las coordenadas de algún punto del suelo con una gran exactitud. Este método es importante y significativo en la cartografía. Para la localización de manera más directa los elementos que se procuran hacer digital y no cometer errores en cuanto a la posición de estos en el espacio (Sáez, 2015).

El modelo digital de elevación (MDE), se interpreta a través de una capa ráster, además del relieve de la superficie como se muestra en la superficie de infraestructuras, edificaciones, vegetación, etc. Por otro lado, el Modelo Digital del Terreno (MDT) solo se interpreta la superficie del relieve sin contar con las actuaciones antrópicas. Ante esto, se da la opción de trabajar con la superficie y eliminar o también cambiar los puntos en donde toman como objetos los árboles, edificios, etc. Se dan de 3 formas para la representación de estos modelos para sintetizar los datos: Las curvas de nivel, las redes de triangulación y en forma ráster (Sáez, 2015).

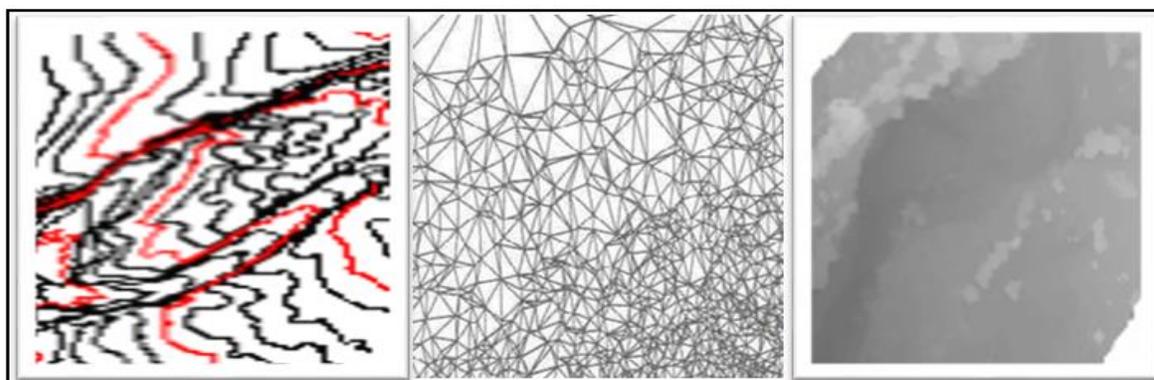


FIGURA 1. Curvas de nivel, red de triangulación y ráster.

Fuente: Elaboración propia.

Segundo se obtuvo datos de un estudio de mecánica de suelos que permitió conocer las características, los materiales y los componentes de un determinado suelo. El estudio de suelos ha evolucionado a la ingeniería dando paso a conocer fallas futuras y analizando ya fallas existentes. Con este se puede presentar la clasificación de suelos que es muy considerable para deducir la conducta del suelo contra las estructuras (Juárez y Rico, 2005).

La granulometría es la proporción de tamaños de las partículas del suelo. La cual será representada gráficamente con una curva granulométrica. Para el entendimiento del ensayo del suelo se encuentran diferentes procedimientos la cual el más preciso es el del tamizado (Silva, 2018).

Los Límites de Atterberg nos da a conocer los tres estados del suelo para las muestras recabadas del Río Sinsicap, los estados son: Límite Líquido (LL), Límite de Retracción (LR), Límite Plástico (LP) donde obtendremos estos resultados a través de la recabación de las muestras de las calicatas a realizar, también los estados se representan de manera internacional WL, WP, WS (Quispe y Rojas, 2018).

El Contenido de Humedad; se consigue a través de la muestra recabada anteriormente para poder determinar a través de su peso, en su estado húmedo se coloca la muestra representativa en un horno a una temperatura de 100° a 110°C. Donde después de este procedimiento se realiza el pesado correspondiente donde se igualará los datos de los pesos recabados de la muestra del suelo, el contenido de humedad puede variar cuando se encuentra perfectamente seco mostrando como resultado cero, para un resultado máximo determinando cuando la variable se encuentra saturada (Quispe y Rojas, 2018).

Tercero se obtuvo los datos hidrológicos que es importante para cualquier tipo de trabajo que se piense realizar ya sea desde una nueva infraestructura o iniciar procesos de prevención ante desastres naturales, el estudio hidráulico nos presenta

una serie de informes documentados de cuáles son las consecuencias hidráulicas que una infraestructura puede ocasionar a la cuenca o río.

La hidrología es la ciencia que estudia al agua, su distribución, circulación, ocurrencia, y comportamiento en el suelo; así como las propiedades químicas y físicas que se encuentran relacionadas con la naturaleza y seres vivos. El trabajo más esencial del hidrólogo es reunir y analizar los datos. Estos datos obtenidos adecuadamente son esenciales en todas las ciencias. De hecho, dado a las circunstancias este proceso es uno de los más complejos que se puede desarrollar, ya que es difícil obtener resultados exactos para poder realizar los ensayos, por motivos de algunas leyes básicas que existen. Para ello es necesario hacer una unión de hechos observados (Aparicio, 1989, p. 13).

Se obtuvo el ciclo hidrológico que es la etapa por donde pasa el agua sobre de la tierra a la atmósfera y vuelve al suelo, se muestra todo un proceso sobre la lluvia para observar su comportamiento del agua. Se llama ciclo hidrológico a todo el proceso de secuencias originadas repetitivamente en circulación, y esto se debe a dos causas: en primer lugar, el sol es la base que genera la energía para subir el agua (evaporación); en segundo lugar, la gravedad de la tierra, que permite que el agua descienda (precipitación y escurrimiento). El ciclo hidrológico es cambiante por los distintos meses y estados del año, en todos los años se pueden presentar de manera distintas. Habitualmente en nuestro país son más frecuentes lo que llamamos sequías e inundaciones, siendo más vistas las inundaciones en épocas de invierno en todos los años. Los procesos ocurren en forma continua por ser un ciclo (Ordoñez, 2011).

La determinación del caudal de un río es un factor importante que se usa en la planificación de eventos extraordinarios, en la construcción de obras hidráulicas y en el estudio de cuencas hidrográficas. En la mayoría de los casos obtener esta información no es fácil dado el ancho del cauce, profundidad, accesibilidad a los puntos de medición y la velocidad de la corriente (Calvo y Mora, 2007, p. 3). El periodo

de retorno es la posibilidad de sucesos de un determinado evento en el cual puede igualar o exceder al menos una vez, este elemento es importante para el cálculo del caudal de diseño, porque gracias a este factor se también se estimará el riesgo admisible de una posible falla de una obra hidráulica (Acosta, 2013, p. 31).

Estudiamos una cuenca que se le llama a un lugar terrestre por las partes más elevadas, dentro las cuales están incluidas microcuencas, por tanto, la lluvia cae en forma de gotas sobre la cuenca y estas son drenadas por un sistema de corrientes que van a un mismo lugar (Aparicio, 1989, p. 19).

En una cuenca se encuentran los diferentes ramales de ríos lo que hablaremos un poco sobre un río que se puede dar una definición de un procedimiento natural (cursos de agua) por donde se trasladan las aguas de la cuenca (Rocha, 1998, p. 43).

Los ríos manifiestan el efecto del acumulamiento superficial del agua en lugares altos y bajos de una cuenca, se forma con gotas de las lluvias y de la fusión del hielo de las montañas y de la afluencia de las aguas subterráneas (Krochin, 1986, p. 13). Además, se obtuvo conocimiento sobre los desbordamientos que se generan en el momento en que, hay lluvias fuertes o intensas que sobrepasan el nivel del suelo y como consecuencia el agua se llena donde normalmente no había, la sección transversal de un río es sobrepasada y el afluente primario se desborda e inunda sus alrededores. Los desastres como las inundaciones traen consigo perjuicios para los seres vivos, sus terrenos e infraestructuras construidas, también causan consecuencias contra el medio ambiente con la naturaleza de los ríos. Lo llamamos inundaciones que son producidos la sedimentación y erosión de las fuentes de agua (INDECI, 2012).

Para prevenir las inundaciones se presenta, las defensas ribereñas que son levantadas para la defensa de los alrededores en los ríos, con protección de posibles excesos de velocidad de las aguas que ocasionan la erosión de sus márgenes del río, por ello tienen consigo llevarse el material de los alrededores del río, por la

abundancia de lluvia que se da en épocas de invierno, son causantes de desestabilizar los taludes de las carreteras. Estas defensas se colocan en lugares donde existe posibles desbordes de los ríos, se da a conocer que las colocaciones de defensas se dan con la finalidad de brindar protección, el cual deben de ser analizados antes de empezar las obras (Fesanando, 2018).

Las Defensas ribereñas se aplicarán en las laderas o márgenes del río Sinsicap para proteger las crecidas que exista en el cauce del río y así prevenir algún daño que pueda sufrir las áreas aledañas del curso de agua, debemos saber que las propuestas de protección son medios estructurales como también no estructurales para esto se definirá algunos tipos de muros para defensas ribereñas. Los muros de gaviones son ejecuciones apacibles, conformadas por pacas sintéticas de custodia de entrada aguante, con corpulencias que se dan en secciones de centro patrón, por lo cual son completadas con inmuebles lustrosos de piedra. Esta formación facilita que se logre llevar a cabo un borrador modular, lo que posibilita la configuración de una extensa clase de elecciones de geometría para el muro (Quispe y Rojas, 2018).

Los muros de gaviones tipo caja y colchón significan una oportunidad norma y económica capaz, unánimemente que artística y ecológica para su operación en obras de ingeniería civil, actualmente que se dan adaptación algún lugar, y su construcción envuelto es realizable en lugares de dificultoso acceso. Son paralelepípedos rectangulares de desiguales calidades formados por una red metálica tejida de doble torsión que dan forma a una colchoneta, paredes en forma vertical y una merienda, la cual pueden ser conformadas separadamente. Son completados en acción con edificios sanos de piedra de peso indicado. Para la formación de las redes, estas suelen ser de rotura hexagonal que es con tejidos o resquebrajadura ortogonal ejecutado por electrosoldados.

Se acostumbran apodar elemento caja a esos de dimensiones que van de 0.50 m. – 1.00 m. y sujeto colchón a esos de dimensiones que van de 0.17 m – 0.30 m. Internamente, los gaviones suelen estar desviados por diafragmas conformando

celdas cuya distancia no debe ser máximo a una sucesión y media el alargado de la red. Normalmente, esta es separada por un 1 m. Las esquinas de los muros de red son aseguradas con alambres de máximo diámetro y a continuación, se muestran las dimensiones:

TABLA 1: Dimensiones del gavión tipo caja.

Largo (m)	Ancho (m)	Altura (m)	N° Diafrag.	Volumen (m3)
1.5	1	1	-	1.5
2	1	0.5	1	1
2	1	1	-	2
2	1	1	1	2
3	1	0.5	2	1.5
3	1	1	2	3
4	1	0.5	3	2
4	1	1	3	4
4	1.5	1	3	6
5	1	0.5	4	2.5
5	1	1	4	5
5	1.5	1	4	7.5
6	2	0.5	5	6

Fuente: Soluciones para el control de la erosión, 2004

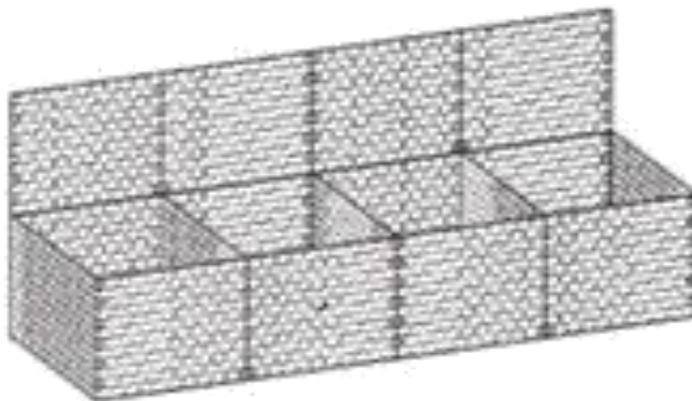


FIGURA 2: Gavión tipo caja.

Fuente: Soluciones para el control de la erosión, 2004.

TABLA 2: Dimensiones del gavión tipo colchón.

Largo (m)	Ancho (m)	Altura (m)	N° Diafrag.	Volumen (m <sup>3</sup> )
4	2	0.17	3	1.36
4	2	0.23	3	1.84
4	2	0.3	3	2.4
5	2	0.17	4	1.7
5	2	0.23	4	2.3
5	2	0.3	4	3
6	2	0.17	5	2.04
6	2	0.23	5	2.76
6	2	0.3	5	3.6

Fuente: Soluciones para el control de la erosión, 2004

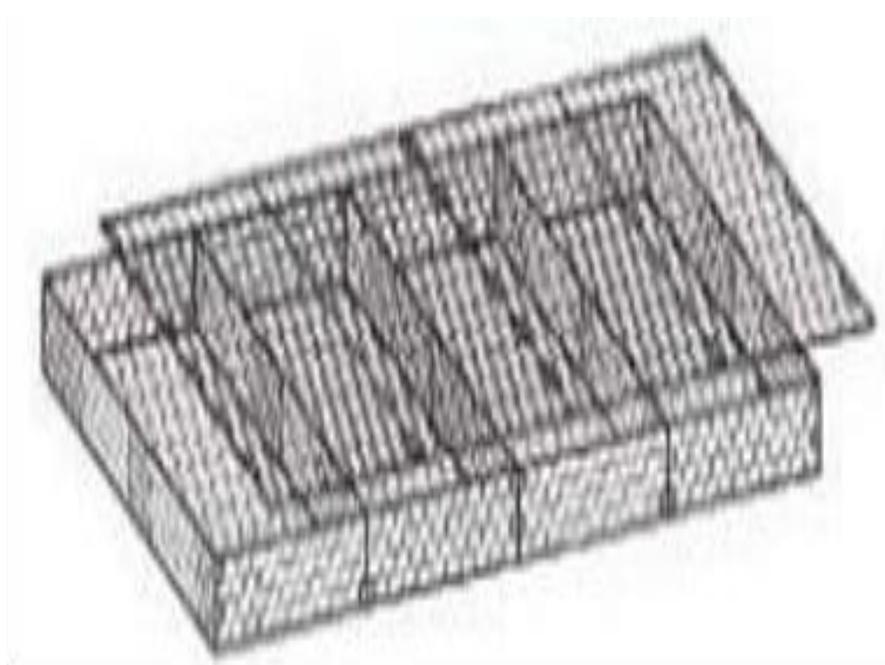


FIGURA 3: Gavión tipo colchón.

Fuente: Soluciones para el control de la erosión, 2004

La malla es conformada de red tejida de manera hexagonal se forma al atravesar ambas hileras de alambre a través de tres giros populares como doble torsión que está según las informaciones NBR 10514 y ASTM 9755.

Por ello las construcciones están sujetas a tensiones fabricadas por asentamientos diferenciales del lote, empujes externos, etc., no se sugiere usar gaviones con aberturas de malla superiores a 8 x 10 cm. Una abertura de malla más grande reduciría el sector de acero de los gaviones y provocaría, consecuentemente, el debilitamiento de la composición. Vivencias de campo demostraron que el rango de aberturas de las mallas debe ser de 8 x 10 cm para las cajas y 6 x 8 cm para los colchones. En la siguiente figura tenemos:

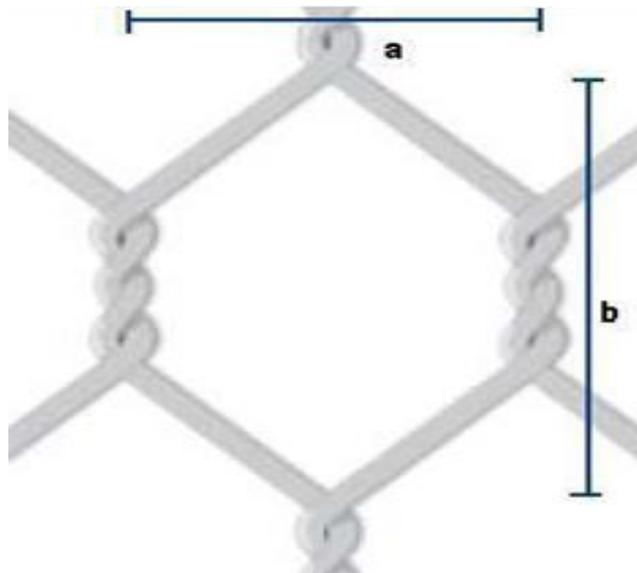


FIGURA 4: Abertura de malla.

Fuente: Gaviones y otras soluciones en malla hexagonal a doble torsión, 2005

La ventaja de los gaviones se da en la flexibilidad, permeabilidad y durabilidad. Estos están constituidos por materiales inertes propios del río benefician al desarrollo de la flora conservando el ecosistema existente. Comparando con otras técnicas constructivas, los muros de gaviones se adecuan más para la zona de estudio por la economía y por los materiales existentes en el lugar.

### III. METODOLOGÍA

#### 3.1. Tipo y diseño de investigación

##### Tipo de investigación:

- De acuerdo al fin que se busca es aplicada ya que busca utilizar el conocimiento adquirido en la práctica de la Ingeniería Civil obteniendo los objetivos planteados. y se sustenta mediante los resultados de las investigaciones.
- Por lo tanto, es descriptivo no experimental, porque observamos el fenómeno en ambiente natural para ahí analizarlos, sin manipular las variables ni ejecutando al azar.
- Es cuantitativo ya que sacaremos datos estadísticos para el estudio hidráulico, suelos y topografía, obteniendo así resultados que nos van a llevar al modelamiento hidráulico del tramo a trabajar.
- Es transversal ya que en la zona de afectado realizaremos diferentes tipos de estudio en el mismo periodo

##### Diseño de investigación:

En la presente investigación el diseño es descriptivo simple no experimental, cuyo esquema es el siguiente:

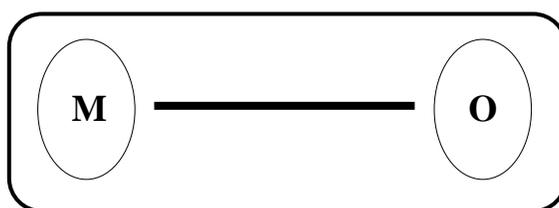


FIGURA 5: Diseño de Investigación del proyecto

Fuente: Elaboración Propia.

Donde:

M: Tramo Choro-Lucmar 1.2 km.

O: Datos obtenidos en la zona Río Sinsicap (16.7 km) Aprox.

### **3.2. Variables y operacionalización.**

#### **Variable**

Modelamiento Hidráulico del río Sinsicap (cuantitativa).

TABLA 3: Cuadro de Operacionalización de Variables

Ver Anexo 1.

Fuente: Elaboración Propia

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

#### **Población**

Área total del río Sinsicap, con una longitud de 16.7 km aproximadamente.

#### **Muestra**

Tramo Choro-Lucmar, referencia de inicio (sector llamado choro) y fin (puente Collambay, sector Lucmar) con una longitud de 1.2 km. Se tomó en referencia esta área por el motivo de la inundación que se dio en el año 2017 en el tramo de estudio (Simpad, 2017).

#### **Muestreo**

Tramo Choro-Lucmar, referencia de inicio (sector llamado choro) y fin (puente Collambay, sector Lucmar). Se tomó en referencia esta área por el motivo de la inundación que se dio en el año 2017 en el tramo de estudio (Simpad, 2017).

### **3.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos, validez y confiabilidad.**

#### **Técnicas**

Se aplicó la observación como procedimiento para la investigación.

#### **Instrumentos**

Utilizamos un Dron para el estudio topográfico, libreta de campo y ficha de observación.

Se reunió información pluvial de SENAMHI (Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú) y ANA (Autoridad Nacional del Agua).

### 3.5. Procedimientos

En nuestro proyecto primero se tuvo que realizar el levantamiento topográfico con Drone, este trabajo tiene como objetivo principal el levantamiento fotogramétrico del predio con curvas de nivel al metro y para el inicio del trabajo se tiene que marcar puntos de apoyo terrestre para el levantamiento fotogramétrico con PHANTOM 4 PRO V.2.

Para que el vuelo sea en forma directa relacionada con el terreno, es decir, pueda ser georreferenciado, son precisos unos puntos de control cuyo lugar será conocida en sus tres ejes X, Y, Z. Es indispensable elegir como puntos de referencia esos que sean de forma clara identificados en la fotografía, usando para ello cruces de caminos o lindes u otros elementos de fácil identificación, en este caso se dejó marcas con plástico color azul en el terreno. Una vez situadas en el terreno, se debe dar posición absoluta a las mismas. Para ello se usará como base un punto geodésico de orden C y el método de medición con GPS en modo RTK, lo cual nos proporciona una precisión en cuanto a la posición por debajo del centímetro.

Se obtuvo las características del suelo del estudio de mecánica de suelos, que, en primer lugar, se tuvo que efectuar 2 calicatas a lo largo del tramo de 1.30 m de profundidad con la finalidad de obtener una porción del suelo que fue utilizado como muestra para el estudio, en ello constaría el análisis granulométrico con la ayuda de los tamices para poder confeccionar la curva granulométrica teniendo como datos los porcentajes de suelos finos y gruesos que presentaría la zona de estudio. A su vez también se tuvo que realizar el contenido de humedad, pesos unitarios, Límites de Atterberg, estos estudios nos ayudaran a clasificar el suelo tanto por los métodos ASSHTO Y SUCS.

Luego se realizó el estudio hidrológico, se trabajará con los datos de precipitación máxima en 24 horas registradas en las estaciones de la zona del

proyecto, cabe indicar que el tratamiento de la información, saltos tendencias, homogeneidad, consistencia, complementación y extensión, se realiza solo cuando se trabajó con registros mensuales o anuales.

Después se ejecutó el modelado hidráulico utilizando el programa HEC-RAS el cual realiza los cálculos hidráulicos utilizando las ecuaciones unidimensionales, bidimensionales y en otro modo combinando ambas para lograr un trabajo completo de canales naturales o artificiales. La simulación realizada se hizo con el tipo “Unsteady Flow Simulation” (Simulación de flujo variable) el cual nos permite insertar la variación del caudal con respecto al tiempo, asimismo, mediante la inserción de un modelo Digital del Terreno, el software obtiene la morfología del río con la cual trabajará y realizará los cálculos de tirantes, velocidades, entre otros parámetros hidráulicos. Finalmente se propuso como defensa ribereña la utilización de gaviones en la zona afectada.

### **3.6. Método de análisis de datos.**

Se realizó el modelamiento hidráulico utilizando: la información del levantamiento topográfico del tramo del río, también los caudales máximos para los periodos de retorno.

El programa que se utilizó fue el HEC-RAS, al cual se ingresaron los datos del cauce del río, así se definió los niveles que se sobrepasan en el cauce establecido y donde se podrá dar una inundación.

### **3.7. Aspectos éticos.**

El siguiente proyecto de investigación se realizó con honestidad y responsabilidad, no se falsificaron los datos, y nos regimos a los hechos e información verídica y comprobable, se evitamos los errores y negligencias con el fin de contribuir de la mejor manera y que la investigación sirva para mitigar y/o alejar los efectos destructivos causados producto de los desbordamientos que generan las máximas avenidas (Fenómeno El Niño) en el río de Sinsicap.

## IV. RESULTADOS

### 4.1. Estudio Topográfico.

#### 4.1.1. Generalidades.

La topografía se realizó con el fin de saber las características que tiene terreno donde se ejecuta el estudio. Utilizamos un Drone Phantom 4 pro v.2, manejado con el aplicativo Android Drone Deploy que tiene como finalidad controlar el vuelo y conformar las alternativas del levantamiento, como su altura y la velocidad adecuada para el vuelo del Drone, además de visualizar el uso correcto del tamaño del pixel y el área total a trabajar. En la totalidad se levantó 22.60 ha.



FIGURA 6: Imagen de Drone utilizado.

Fuente: Multitasko technology

#### 4.1.2. Finalidad.

El fin que tiene el levantamiento topográfico es interpretar por intermedio de gráficos por intermedio de los distintos puntos tomados del terreno en el campo.

### **4.1.3. Metodología.**

#### **4.1.3.1. Trabajo de campo (plan de vuelo).**

El plan de vuelo se realizó con software Pix4dCapture, cada vuelo y sus características se conservan en la memoria del piloto automático para la realización del trabajo y para su pos proceso.

#### **4.1.3.2. Instrumentos.**

Estos equipos fueron utilizados para el levantamiento donde se presentan a continuación:

Equipos de campo:

- GPS Garmin Dos (02) GPS diferencial, marca TOPCON GR5 Diferencial.
- Un (01) DRONE, marca PHANTOM 4 PRO V.2.
- Un (01) trípode de aluminio.
- Una (01) wincha de 5m.
- Una (01) cámara digital Fuji Film S1000.

Equipos de oficina:

- Software de fotogrametría Agisoft PhotoScan.
- Software de post proceso de puntos geodésicos Trimble Business Center 3.4.
- Software Civil 3D.
- Software ArcGis.

Recurso humano:

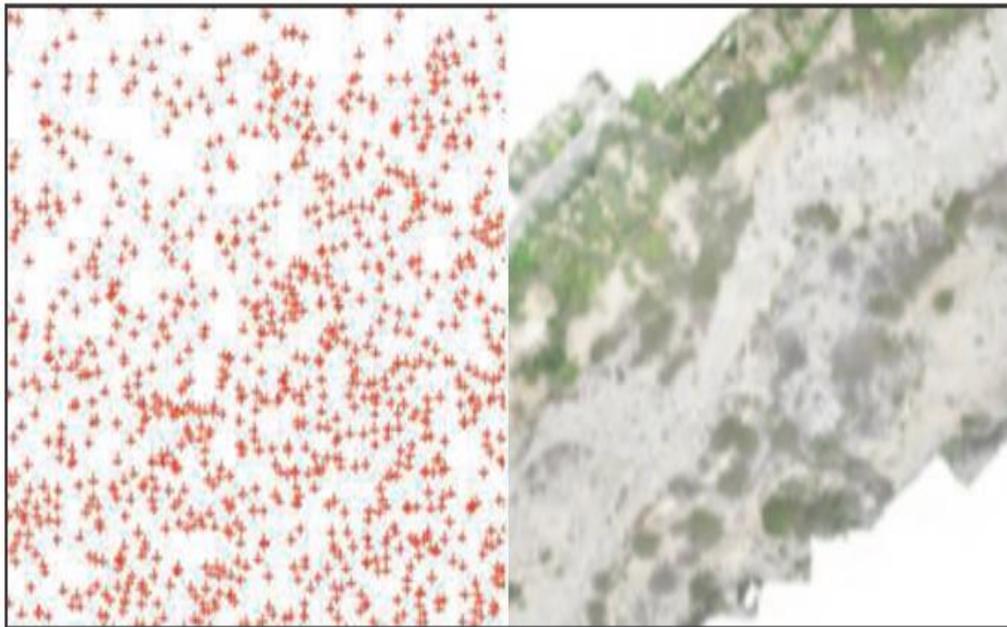
- Técnico Topógrafo (especialista topográfico con drone)
- Asistentes de topografía (tesistas)

#### **4.1.3.3. Trabajo de gabinete**

Después de recoger la información se envían a software especializado capaz de ejecutar los procedimientos fotogramétricos adecuados para crear

una nube de puntos con coordenadas, un modelo digital del terreno y, por último, una elaboración de una ortofoto georreferenciada. Son varios los programas que generan un modelo con el conjunto de los datos hallados. Para seguir con el proceso los datos, antes debe de darse a conocer el sistema de coordenadas que se ha usado en el proceso de recopilación de datos, y se debe recomendar la posición de cada una de las imágenes que se incorporen al proceso. Si las coordenadas son locales se debe configurar anticipadamente el software para tener errores en los resultados finales.

FIGURA 7: Nube de puntos y ortofoto.



Fuente: Elaboración Propia

#### **4.1.4. Resultados finales y planos**

Los resultados detallados se figuran en mapas y planos en función de la escala dada, existiendo los mapas una parte esencial del procedimiento porque podemos dar una interpretación gráfica simplificada de la realidad, los programas donde se procesa la información son diversos, desde forma vectorial (puntos, líneas o polígonos), formato ráster u ortofotos, además se

tiene que sacar en dos dimensiones, a excepción que también se puede obtener la información en una tercera dimensión, para ello se crea mediante los modelos 3D.

Los planos serán emplantillados en hojas de acuerdo a la escala dada la cual se mostrarán en los anexos, en donde se reflejará el plano en planta del río, plano de las secciones transversales tomadas se dieron al inicio, centro y final del tramo del río.

Para hallar la pendiente del tramo de estudio se realizó con la fórmula siguiente, la diferencia de cotas dividido entre distancia horizontal por 100 obteniendo el resultado en porcentaje, obteniendo lo siguiente  $(776.00-692.00)/1200 = 0.07$  y en porcentaje es 7%.

## **4.2. Estudio de mecánica de suelos.**

### **4.2.1. Generalidades.**

Existen varios tipos de suelos en nuestro país, por esto lo primero que se hizo, es una clasificación del suelo, para poder saber en qué suelo haremos nuestra calicata, que nos permitirá tener una mejor inspección visual, tenemos realizar los ensayos correspondientes y así definir al suelo.

Granulometría, es un ensayo que nos ayudará saber qué tipo de suelo es el que estaremos estudiando, para eso debemos de tomar distintas cantidades de arena, arcilla y limo (componentes del suelo).

Para poder desarrollar el informe de investigación, “Modelamiento hidráulico del río Sinsicap para prevención de inundaciones tramo Choro – Lucmar, caserío Collambay, Simbal – Trujillo”, es importante conocer las características y propiedades del suelo en el cual se desarrollará nuestra investigación.

Los estudios de mecánica de suelos, hemos recolectado información de un trabajo realizado cerca a lugar de nuestra investigación, dada las circunstancias que estamos pasando.

Se realizaron dos (02) excavaciones (calicata).

El NT= 0.00, nivel del Terreno actual, lo tomamos como nivel de referencia provisional para los perfiles.

#### 4.2.2. Normatividad.

Se han usado métodos directos en el campo (calicatas), realizar un reconocimiento geotécnico de zonas adyacentes, para obtener el rango de variación de las exploraciones y poder definir el perfil crítico.

#### 4.2.3. Sismicidad.

El Perú está dividido en 4 zonas de acuerdo a la actividad sísmica, según el RNE Norma E030: Diseño sismoresistente, clasificando que la zona 1 es la menor intensidad sísmica y la zona 4 es la de mayor, el río Sinsicap-Simbal, provincia de Trujillo, departamento de la Libertad, está localizada en la zona 4 de mayor peligro sísmico.

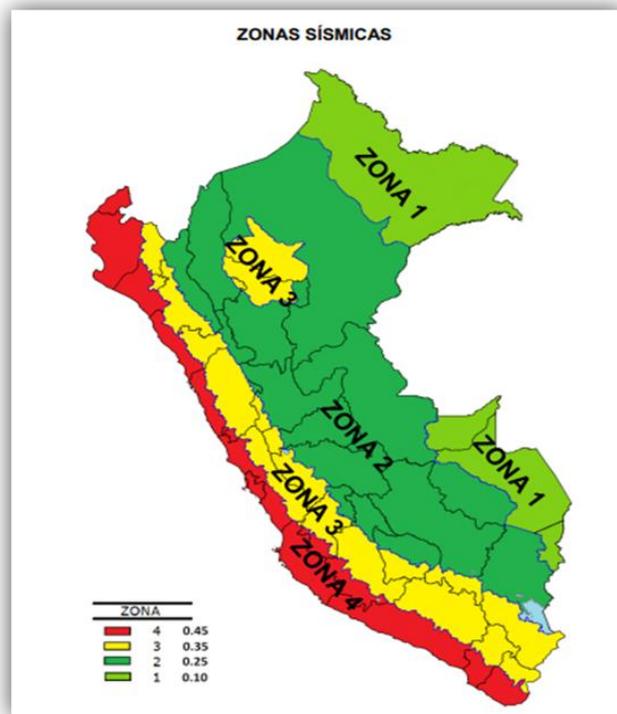


FIGURA 8: Zonas sísmicas del Perú.

Fuente: RNE Norma E030

#### 4.2.3. Alcances.

Lo importante de los datos que hemos obtenido para los estudios de mecánica de suelos en el área determinada son una entidad probabilística, ante esto presentan una variabilidad horizontal y vertical en sus propiedades incluso en zonas específicas como homogéneas y adyacentes.

Por último, dichos parámetros calculados pueden variar dentro de cada nivel de rango, lo cual debe ser manejado a criterio de cada uno, previo a realizar esa opción, debe ser informado.

#### 4.2.4. Ubicación.

El área del informe de investigación se localiza en el sector de Collambay, Distrito Simbal, Provincia de Trujillo, Departamento de La Libertad.



FIGURA 9: Ubicación del tramo de estudio.

Fuente: Elaboración Propia

#### 4.2.5. Investigación de campo.

##### a) Calicata o Excavaciones a cielo abierto

Se realizó una calicata o excavación a cielo abierto, alcanzando una profundidad descrita en el cuadro adjuntado.

TABLA 4. Cuadro de calicatas.

Calicata	Profundidad (m)	Nivel Freático (m)	N° de muestras alteradas
C-1	1.50	SA	1
C-2	0.50	SA	1

Fuente: Elaboración Propia

##### b) Muestras alteradas

Se recogieron muestras alteradas de cada uno de los tipos de suelo encontrados, en cantidad suficiente y debidamente protegidas hasta llegar al laboratorio para poder realizar los ensayos correspondientes.

##### c) Registro de excavaciones

En el muestreo se efectuó el registro de excavaciones, anotando las principales características de los estratos encontrados, tales como clasificación, compacidad consistencia, color, humedad, espesor, etc.

#### 4.2.6. Ensayos de laboratorio.

- % de humedad natural, NTP-339-127
- % de finos, NTP-339-128
- Análisis granulométrico por tamizado en los suelos con más de 50%, retenido en el tamiz N°200. NTP-339-128

- Límite de consistencia (LL y LP) NTP-339-129

#### 4.2.7. Perfiles Estratificados-Geotécnicos.

La cota de referencia provisional, para las siguientes descripciones en el nivel de terreno 0.00m en boca de las excavaciones y sondajes.

Se encuentra una capa de relleno de 50cm de espesor luego vienen material aglomerado de 70cm de espesor, seguidamente una arcilla limosa (SC-SM) muy densa, se encontró un suelo de TM. 3/8", compacto.

Los perfiles estratificados y el informe completo se presentarán en los anexos.

#### 4.2.8. Resultados.

Los resultados se presentan en el cuadro que se verá a continuación indicando el resumen de los ensayos realizados en el laboratorio como es el porcentaje de granulometría, límites de consistencia y clasificación del suelo. Todos los datos de los resultados del estudio de suelos realizado se verán en los anexos nosotros solo hemos rescatado la información necesaria para nuestro proyecto de estudio.

TABLA 5: Cuadro resumen de Resultados – Clasificación de suelos

Cali cata	Mue stra	Profundi dad (m)	Granulometría (%)			Límites (&)			C.H. (%)	Clasific ación SUCS
			Grava	Arena	Fino s	L.L.	L.P.	I.P.		
C-1	M-2	0.70- 1.30	34.8	55.4	9.8	23.15	17.80	5.34	27.8	SC-SM
C-2	M-3	0.30- 0.50	11.4	79.7	8.9	55.69	50.87	4.82	45.2	SP-SM

Fuente: Elaboración Propia

### **4.3. Estudio Hidrológico**

#### **4.3.1. Generalidades.**

##### **4.3.1.1. Ubicación de la cuenca.**

###### **a. Ubicación Geográfica.**

Geográficamente la cuenca del río Sinsicap se encuentra en coordenadas UTM (WGS84):

- Latitud: 7° 51' 75" "S"
- Longitud: 78° 45' 18.11" "W"
- Altitud: 2315 msnm.

###### **b. Ubicación Hidrográfica.**

La cuenca del río Sinsicap, hidrográficamente se encuentra ubicada en:

- Vertiente: Pacífico
- Cuenca: Moche

###### **c. Ubicación Política.**

La cuenca del río Sinsicap, políticamente se encuentra ubicada en:

- Región: La libertad
- Provincia: Trujillo
- Distrito: Simbal
- Localidad: Collambay

##### **4.3.1.2 Información cartográfica**

Se ha usado la información de las siguientes cartas nacionales del Instituto Geográfico Nacional – IGN.

TABLA 6: Cartas Nacionales.

DENOMINACIÓN	CÓDIGO	ESCALA	DATUM - SISTEMA GEODÉSICO (WGS 1984)
Otuzco	16 - f	1/100 000	UTM ZONA 17

Fuente: Instituto Geográfico Nacional – IGN

En base a la identificación de las cuencas de la cartografía, se ha complementado con la información recopilada en la visita de campo y ArcGIS los que han permitido la mejor precisión de la delimitación de las cuencas de drenaje identificadas en la cartografía las que son interceptadas por la vía del proyecto.

#### 4.3.1.3 Información pluviométrica

Los datos analizados en el siguiente estudio están conformados por los registros de "Precipitaciones máxima en 24 horas", en estaciones en la zona del proyecto, administradas por el Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología - SENAMHI., según se indica en la siguiente tabla.

TABLA 7: Estación Sinsicap.

ESTACIÓN	LATITUD	LONGITUD	ALTITUD	PERIODO DE REGISTRO
Sinsicap	7° 51' .75"	78° 45' 18.11"	2315 msnm	1999 - 2019

Fuente: Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología – SENAMHI

#### 4.3.1.4 clima

El clima en el área de estudio es cálido y templado, por su ubicación en una altura de entre 600 a 4300 msnm aproximadamente, donde los niveles de precipitación son moderados, con dos estaciones marcadas de inviernos secos (mayo a octubre) y veranos lluviosos (noviembre a abril) Las precipitaciones se producen con frecuencia en forma de granizo en la zona de mayor altitud.

#### 4.3.1.5 parámetros fisiográficos de la cuenca

Se encontraron los detalles físicos de la cuenca identificada, tales como demuestra en el siguiente cuadro se muestran los parámetros determinados.

TABLA 8: Cuadro de parámetros fisiográficos.

CUENCA	ESTACIÓN DE INFLUENCIA	CARACTERÍSTICAS FISIOGRAFICAS				
		Área Km <sup>2</sup>	Longitud Km	Cota mínima	Cota máxima m.s.n.m	Pendiente (m/m)
CUENCA 1	SINSICAP	159.51	22.97	814.00	4315.00	0.15

Fuente: Elaboración propia.

#### 4.3.2. Finalidad

El fin que tiene el estudio de Hidrológico es presentar las precipitaciones de cada año, representarlos gráficamente también encontrar los caudales para diferentes tiempos de retorno.

#### 4.3.3. Metodología

#### **4.3.3.1. Evaluación de campo**

El tramo de río del proyecto Choro-Lucmar se encuentra ubicada a 1 km de la localidad de collambay.

Actualmente el tramo del río Choro-Lucmar se encuentra destruido y colmatado por el fenómeno del niño producido en el año 2017, lo que afectó en gran parte a la economía de la zona, ya que la mayoría del territorio comprendido es usado para área de cultivo.

De acuerdo a las características de precipitación y altitud, el clima en el área del proyecto (fuente: INEI Dirección Ejecutiva de Cartografía y Geografía), se clasifica como: clima templado, moderadamente lluvioso y con amplitud térmica moderada.

Las lluvias típicas se presentan a partir del mes de diciembre en forma de aguaceros, estos últimos son frecuentes acentuándose durante los tres meses de verano y terminando en marzo, donde la mayor precipitación se da generalmente en los meses de enero y febrero.

#### **4.3.3.2. Análisis de información**

Se analizó los eventos extremos, se trabajará con los datos de precipitación máxima en 24 horas registradas en las estaciones de la zona del proyecto, cabe indicar que el tratamiento de la información, saltos tendencias, homogeneidad, consistencia, complementación y extensión, se realiza solo cuando se trabajó con registros mensuales o anuales.

##### **4.3.3.2.1. Información Pluviométrico**

Se identificó 3 estaciones cercanas al proyecto, las cuales fueron proporcionadas por el Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología (SENAMHI), ANA (Autoridad Nacional del Agua), tal como se detalla en el cuadro siguiente.

TABLA 9:Cuadro de Estaciones Pluviométricas a la zona de estudio.

---

Estación	Coordenadas Geográficas		Altitud (msnm)	Periodo (años)	Años de registro	Entidad	Estado
	Longitud	Latitud					
	(°w)	(°S)					
SINSICAP	78° 45' 18.11"	7° 51' 75"	2315	1997 - 2016	20	SENAMHI	Operativa
TRUJILLO	78° 59' 6.36"	8° 6' 43.29"	44	2016 - 2017	20	SENAMHI	Operativa
SALPO	78° 36' 25.57"	8° 0' 19.24"	3418	2012 - 2016	8	SENAMHI	Operativa

Fuente: SENAMHI: <http://www.senamhi.gob.pe/>

Para el análisis estadístico se descartó las estaciones con registro a 5 años y las menores a las altitudes en la que se ubica la vía de estudio.

Se consideró para el análisis la estación de Sinsicap:

TABLA 10: Cuadro de Precipitación de la Estación Sinsicap.

Estación	Periodo (años)	Años de registro	Altitud (msnm)	Precipitación máxima		
				Mes - año	Pmàx (mm)	Observaciones
SINSICAP	1999 - 2018	20	2315	Junio	63.90	Lluvias intensas

Fuente: SENAMHI: <http://www.senamhi.gob.pe/>

#### 4.3.3.2.2. Precipitación máxima en 24 horas

Se tiene la estación de Sinsicap, la cual se encuentra dentro de la cuenca hidrográfica Moche.

TABLA 11: Cuadro de Precipitación máxima 24 horas – Estación Pluviométrica.

<b>AÑO</b>	<b>Sinsicap</b>
	<b>2315 msnm</b>
1999	33.30
2000	22.60
2001	27.90
2002	23.80
2003	28.20
2004	36.70
2005	15.70
2006	33.90
2007	12.60
2008	33.10
2009	24.40
2010	39.70
2011	15.10
2012	21.70
2013	27.90
2014	11.20
2015	15.40
2016	17.70
2017	24.10
2018	10.60

Fuente: SENAMHI: <http://www.senamhi.gob.pe/>

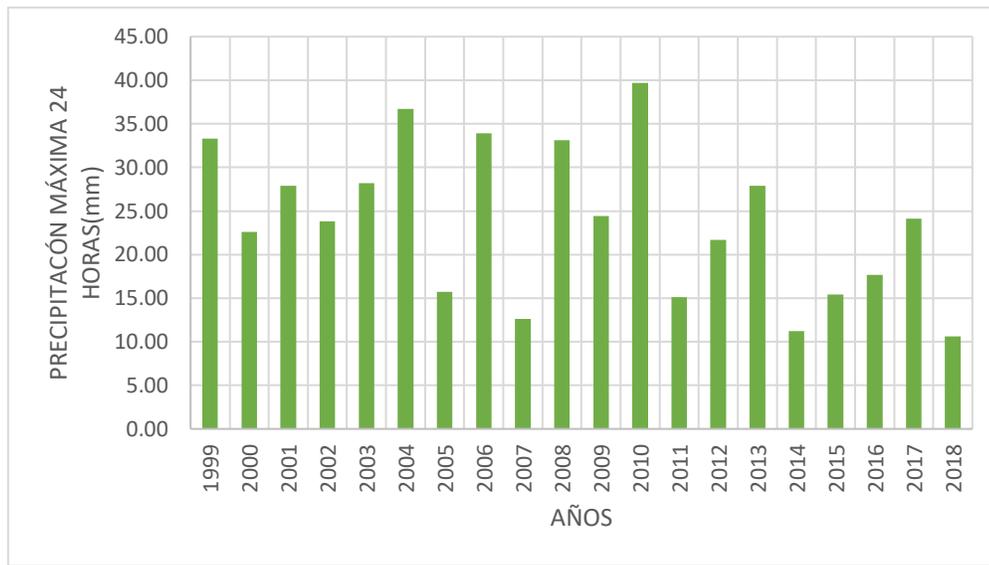


FIGURA 10: Hidrograma de precipitación máxima, años hidrológicos 1999-2018.

Fuente: Elaboración propia.

#### 4.3.4. Resultados

##### 4.3.4.1. Cálculo de caudales para diferente periodo de retorno con fórmulas empíricas.

###### Método de envolvente de Creager

Con el apoyo de métodos regionales podemos estimar considerando el área como el parámetro de mayor incidencia, valores máximos basados en el método de la envolvente de Creager y las curvas envolventes regionalizadas para las cuencas de la costa del Perú elaboradas por Trau y Gutierrez (1979). La envolvente Creager de descargas máximas se calcula en función del área de una cuenca y el periodo de retorno, mediante la expresión:

$$Q_{max} = (C_1 + C_2) * \text{Log}(T) * A^{mA^{-n}}$$

Donde:

$Q_{max}$ : Caudal máximo

T: Periodo de retorno

A: Área de la cuenca

$C_1, C_2, m, n$ : Constantes para las diferentes regiones del Perú.

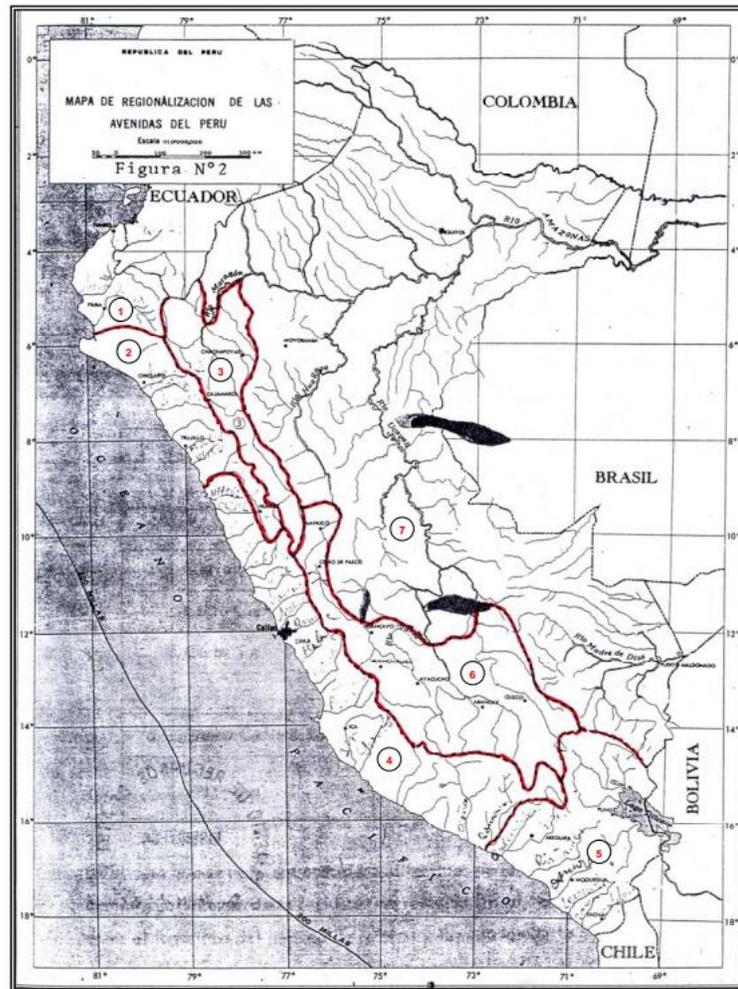


FIGURA 11: Regionalización de avenidas en territorio peruano.

Fuente: Análisis regional de las avenidas en los ríos del Perú; Trau W. y Gutierrez R.; 1979.

TABLA 12: Constantes regionales del Perú para el método de Creager.

Región	C1	C2	m	n
1	1.01	4.37	1.02	0.04
2	0.10	1.28	1.02	0.04
3	0.27	1.48	1.02	0.04
4	0.09	0.36	1.24	0.04
5	0.11	0.26	1.24	0.04
6	0.18	0.31	1.24	0.04
7	0.22	0.37	1.24	0.04

Fuente: Elaboración propia.

La cuenca del río Sinsicap se encuentra dentro de la región 2, según la Figura 11, de allí salen los coeficientes en la tabla anterior y calcular el caudal máximo con la ecuación de Creager, los cuales resultan ser:

TABLA 13: Caudales máximos diarios estimados– Método Creager.

AÑOS	CAUDAL (m <sup>3</sup> /s)
500	254.296
200	216.802
115	194.158
100	188.439
50	160.076
20	122.582
10	94.219

Fuente: Elaboración propia

#### **4.3.4.2. Determinación del caudal de diseño**

Para calcular los caudales se utiliza el método de precipitación - escorrentía, puesto que en la zona de proyecto no existen datos de caudales. Se determinará el caudal proveniente de los datos pluviométricos considerando el método Racional.

##### **4.3.4.2.1 Programa HEC – HMS**

El modelamiento hidrológico del Hec-Hms, determina la escorrentía que es a causa de las lluvias de diseño. Este programa fue creado por el cuerpo de Ingenieros del Ejército de los Estados Unidos, para simular el tránsito de avenidas causadas por la precipitación.

Al programa se ingresan tres datos de entrada:

- Modelo de cuenca o base: modelo de pérdida de agua, modelo de transformación, modelo de flujo de caja.
- Modelo meteorológico.
- Especificaciones de control.

El programa HEC HMS reporta los hidrogramas de salida en forma tabular y gráfica, lo que permite visualizar el desarrollo de los eventos; los hidrogramas de salida se prolongan por un periodo superior a las tres horas, debido a la extensión de las cuencas.

Cada modelo a utilizar depende de los parámetros relacionados a la permeabilidad y tipo de suelo son constantes, por tratarse de una superficie de fisiografía casi uniforme a lo largo del área de la cuenca.

De acuerdo a las características de la zona:

Modelo de cuenca o base:

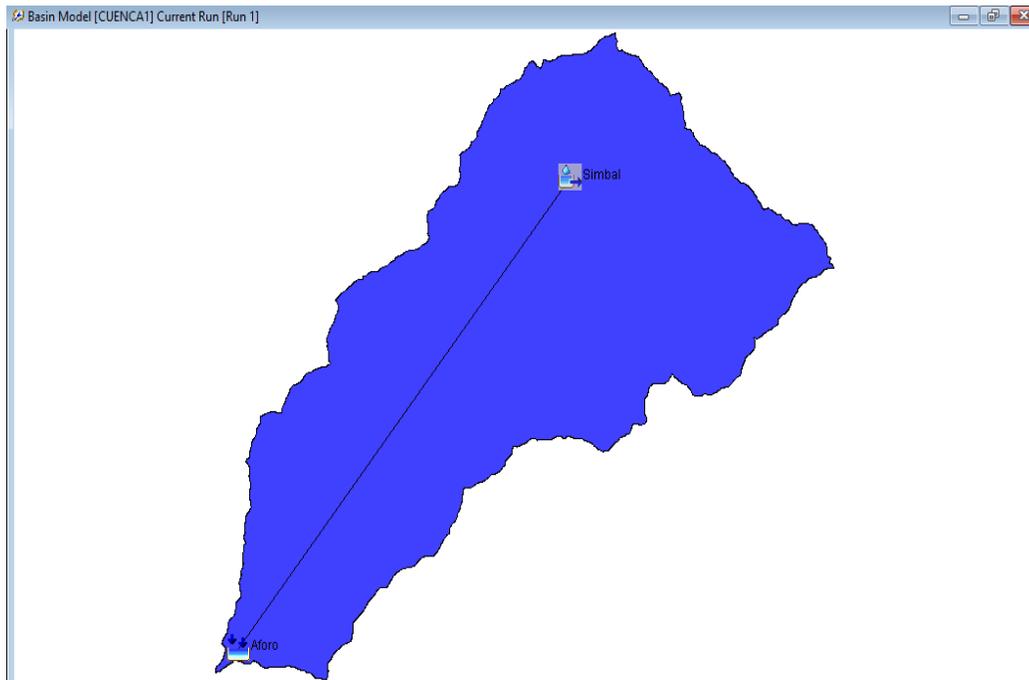


FIGURA 12: Esquema de la subcuenca del Río Sinsicap ingresada al Programa HEC – HMS.

Fuente: Elaboración propia

- Modelo de pérdida de agua: modelo del número de curva SCS Curve Number
- Modelo meteorológico: modelo SCS Hydrograph
- Modelo de flujo de base: no se tiene flujo permanente, quebrada seca.
- Modelo meteorológico
- Especificaciones de control

De acuerdo a la combinación del modelo de la cuenca (model basin), modelo meteorológico y especificaciones de control y la respectiva corrida (run) para un tiempo de retorno de 100 años, el caudal obtenido de la simulación hidrológica es:

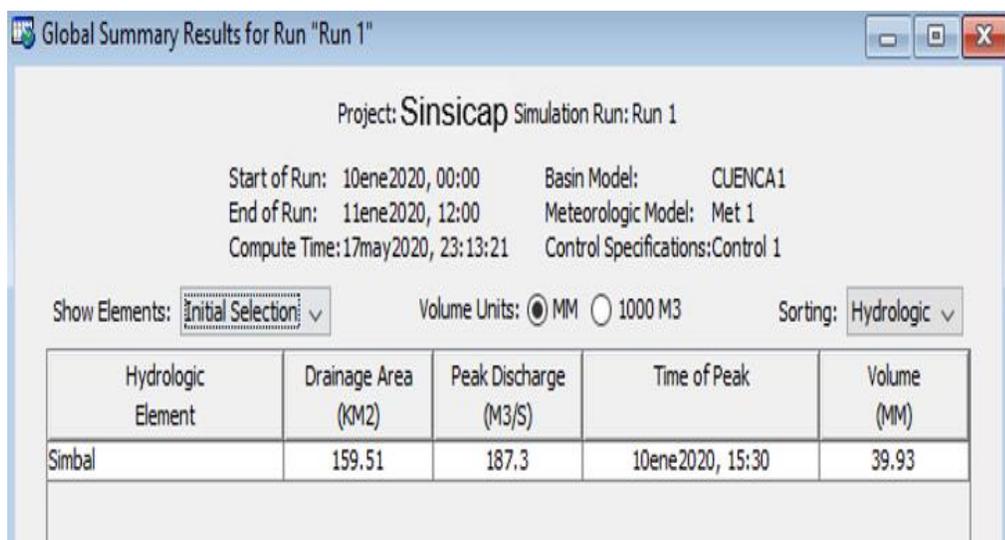


FIGURA 13: Resultados del HEC-HMS.

Fuente: Elaboración propia

En los resultados observamos que el caudal máximo es 187.3 m<sup>3</sup>/s en un tiempo de retorno de 100 años, en la tabla siguiente mostraremos resultados de caudales para distintos tipos de retorno a partir del modelo HEC-HMS para la cuenca del Río Sinsicap, e hidrograma de diseño para un tiempo de retorno 100 años en el tramo de interés del Río.

TABLA 14: Cuadro de resultados de caudales par distintos tipos de periodo con el programa HEC-HMS.

SUBCUENC A	Tr=5 años	Tr=10 años	Tr=25 años	Tr=50 años	Tr=100 años	Tr= 115 años	Tr=200 años	Tr=500 años
SINSICAP	54.4	75.5	111.8	146.0	187.3	196.8	238.0	319.5

Fuente: Elaboración propia

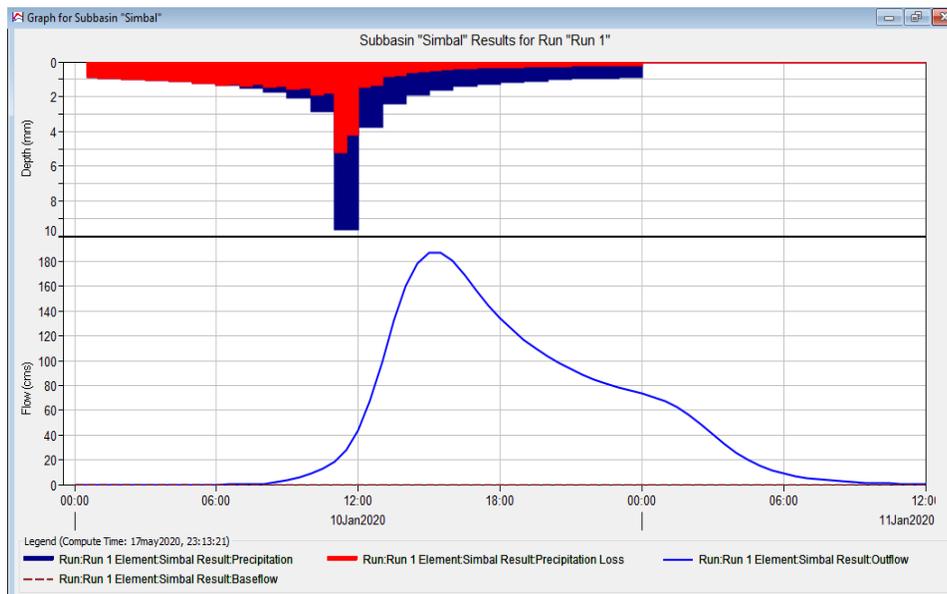


FIGURA 14: Hidrograma de diseño para Tr: 100 años.

Fuente: Elaboración propia

#### 4.4 Modelamiento Hidráulico

Con el fin de conocer el comportamiento hidráulico de la superficie de agua en el espacio y tiempo, sobre el cauce del río Sinsicap frente al caudal de diseño seleccionado se realizó el modelamiento hidráulico. Se ejecutó el modelo matemático bidimensional HEC-RAS (River Analysis System) del Centro de Ingeniería Hidrológica (HEC), perteneciente al Cuerpo de Ingenieros del Ejército Estadounidense.

Además, en el Manual de Hidráulica, Hidrología y Drenaje del Ministerio de Transportes y Comunicaciones se cita al software HEC-RAS como un programa adecuado para la elaboración de cálculos hidráulicos y para la obtención de parámetros que permite modelar perfiles de superficie de agua de regímenes de flujo mixto, subcrítico y torrencial.

El programa HEC-RAS dispone de la herramienta RAS-Mapper, a través de la cual se inserta el Modelo Digital de Elevación y se fija el sistema de coordenadas a utilizar (WGS 1984 17S en este caso), a través del RAS-Mapper se puede observar el Modelo Digital de Terreno, asimismo, se pueden observar los resultados posteriores a la simulación.

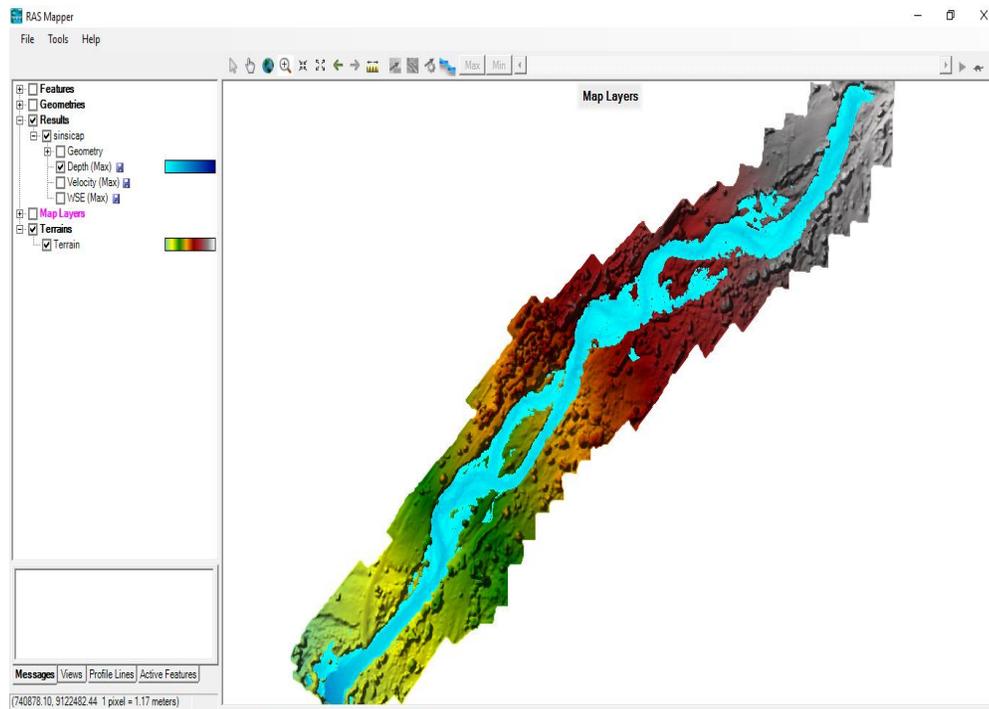


FIGURA 15: Vista general del RAS Mapper.

Fuente: Elaboración propia

La geometría se puede editar a través de la herramienta “Edit Geometry” en la cual se fijan las condiciones límite como la sección de salida (Aguas abajo del río Sinsicap) y las secciones de entrada (Aguas arriba del río Sinsicap), de igual forma con ayuda de esta herramienta se puede regionalizar el Modelo Digital de Terreno para asignar diferentes valores de coeficiente de rugosidad de manning para cada área, según sus características (si presenta cantos rodados, vegetación, si es liso, si es una planicie, entre otros factores que influyen en el valor del coeficiente de rugosidad).

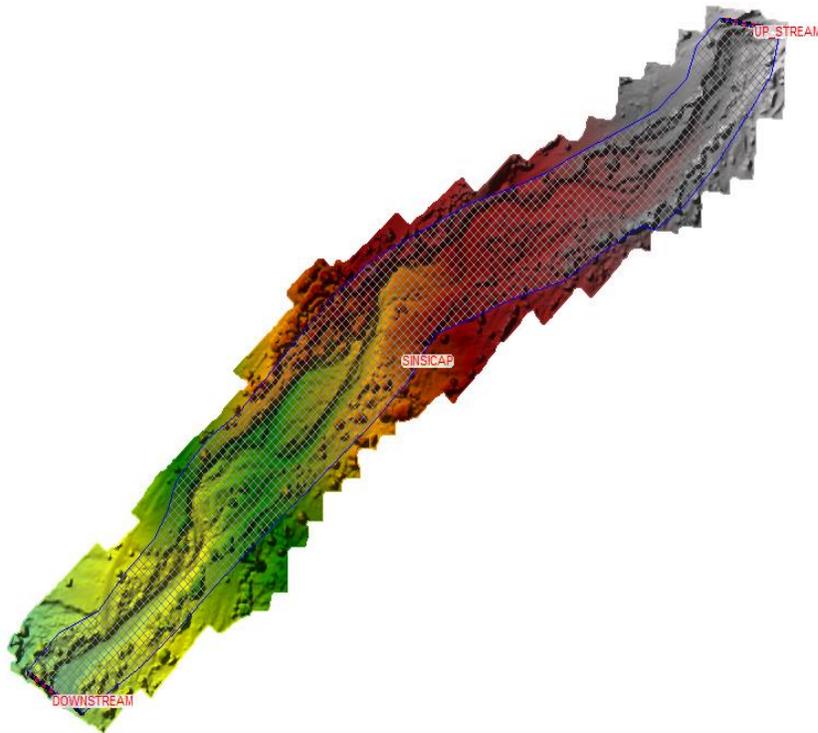


FIGURA 16: Mesh (malla) utilizada en la geometría del modelo hidráulico.

Fuente: Elaboración propia

#### 4.4.1 Implementación

El área a simular se tiene en cuenta a partir del levantamiento topográfico realizado, en este levantamiento se realizó la medición de aproximadamente de unos 1.2 kilómetros del río Sinsicap.

A partir de esta información se procedió a trazar el mallado mediante las herramientas de geometría que proporciona el software HEC-RAS, de esta manera, se consideró un tamaño de celda de 5 metros para el cual se tuvo un total de 4961 celdas de análisis, bajo las cuales se registrarán las ecuaciones de gobierno anteriormente citadas, de esta manera se obtendrán los resultados que se muestran más adelante.

En la figura siguiente se muestra el Modelo Digital de Elevación (DEM) utilizado para la simulación, a partir del cual se realizó el mallado e inserción de condiciones límite previo a los cálculos computacionales.

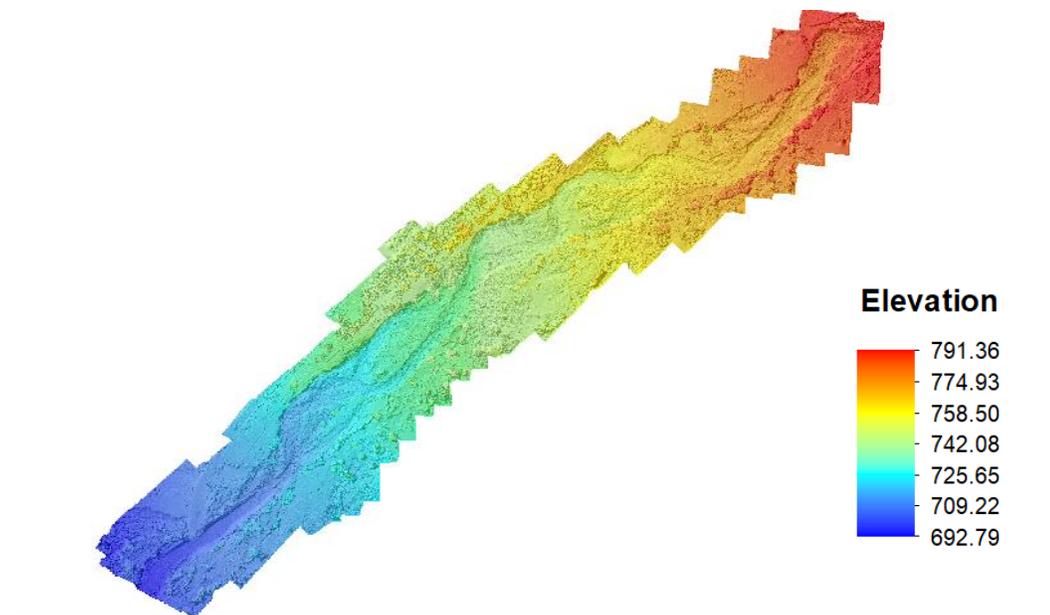


FIGURA 17: Modelo Digital de Elevación.

Fuente: Elaboración propia

#### 4.4.2 Calibración del modelo matemático

Para la calibración del modelo matemático en HEC-RAS se tendrá en cuenta los datos de aforo registrados, en este caso se aforaron las secciones aguas arriba del río Sinsicap. De esta manera, mediante la regionalización del terreno con el fin de asignar distintos valores del coeficiente de rugosidad de manning, se simulará el modelo con los datos de entrada mencionados anteriormente, de esta manera, se procura que el valor de tirante y velocidad obtenidos del aforo en la sección del eje proyectado del río sea igual al tirante generado por la modelización hidráulica.

Una vez logrado esto, los valores regionalizados del coeficiente de rugosidad de manning se utilizan nuevamente con los datos generados anteriormente en el estudio de hidrología para generar los mapas de velocidades, tirantes y niveles de agua.

#### 4.4.3 Simulación con los caudales del modelo hidrológico

Teniendo los valores del coeficiente de rugosidad de Manning para cada región del terreno, se procede a simular utilizando como datos de entrada a los caudales generados previamente en el estudio hidrológico, resaltando en especial los valores de TR de 100 y 200 años.

Los caudales generados en el estudio Hidrológico se observan en la siguiente, mostrando el caudal para el río Sinsicap en el tramo de interés.

TABLA 15: Cuadro de Resultados para los escenarios de período de retorno en el tramo de estudio.

<b>CAUDALES CALCULADOS - MODELO HEC-HMS</b>	
<b>PERÍODO DE RETORNO (AÑOS)</b>	<b>CAUDAL INGRESO A ZONA DE ESTUDIO (m<sup>3</sup>/s)</b>
5	54.4
10	75.5
25	111.8
50	146.0
100	187.3
115	196.8
200	238.0
500	319.5

Fuente: Elaboración propia

#### 4.4.4 Resultados del modelo hidráulico

Los resultados fueron exportados a través de la herramienta RAS-Mapper, resaltando para este informe los resultados obtenidos a partir del modelo calibrado y a partir de los datos generados en el informe de Hidrología, específicamente de los caudales para los periodos de retorno de 100 y 200 años.

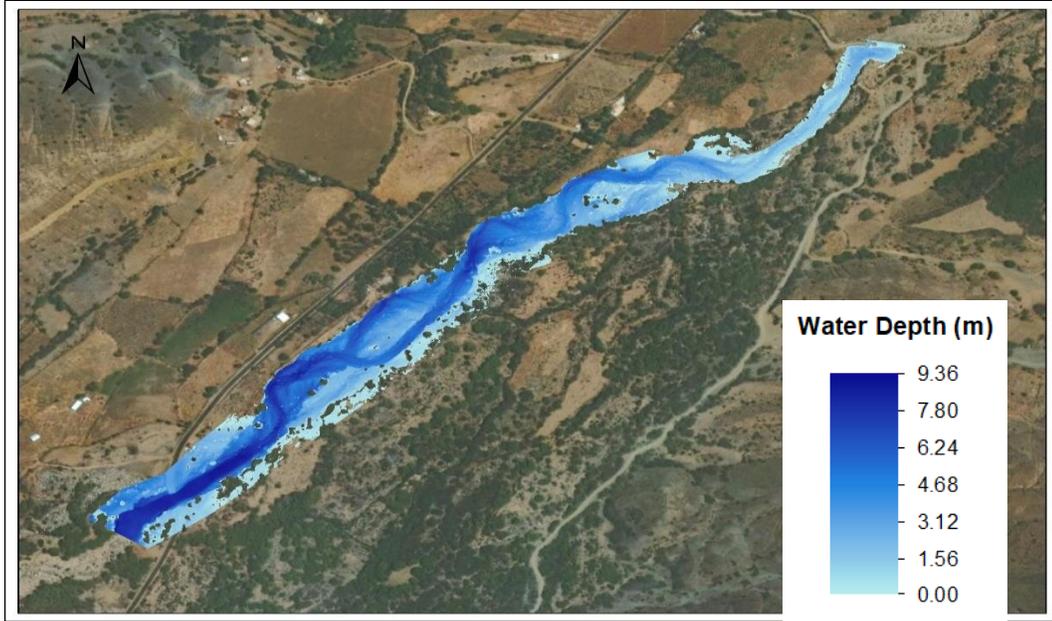


FIGURA 18: Mapas de profundidad de agua (tirante o calado) del modelo hidráulico para un  $Tr= 100$  años.

Fuente: Elaboración propia.

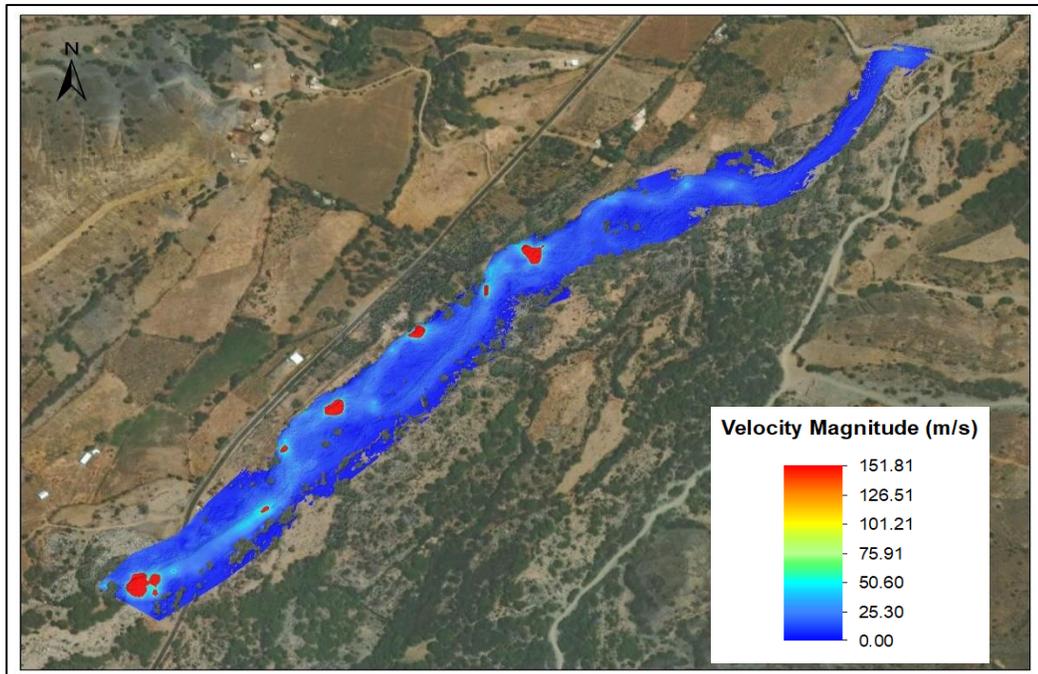


FIGURA 19: Mapa de velocidades de flujo para un  $Tr=100$  años.

Fuente: Elaboración propia.

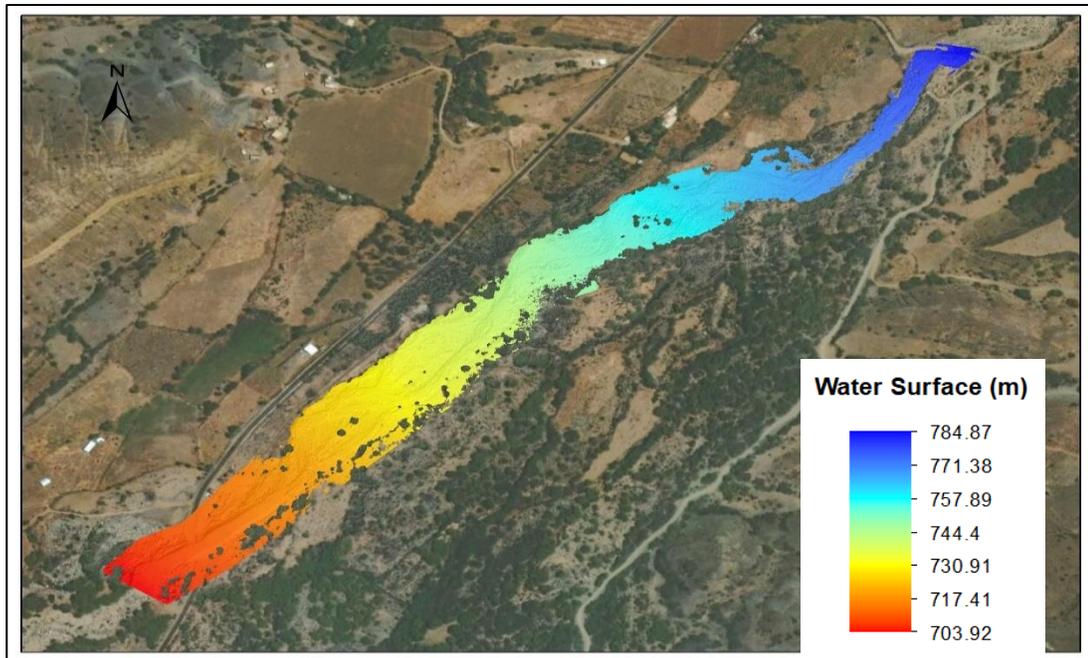


FIGURA 20: Mapa de niveles de agua del modelo hidráulico para un  $T_r=100$  años.

Fuente: Elaboración propia

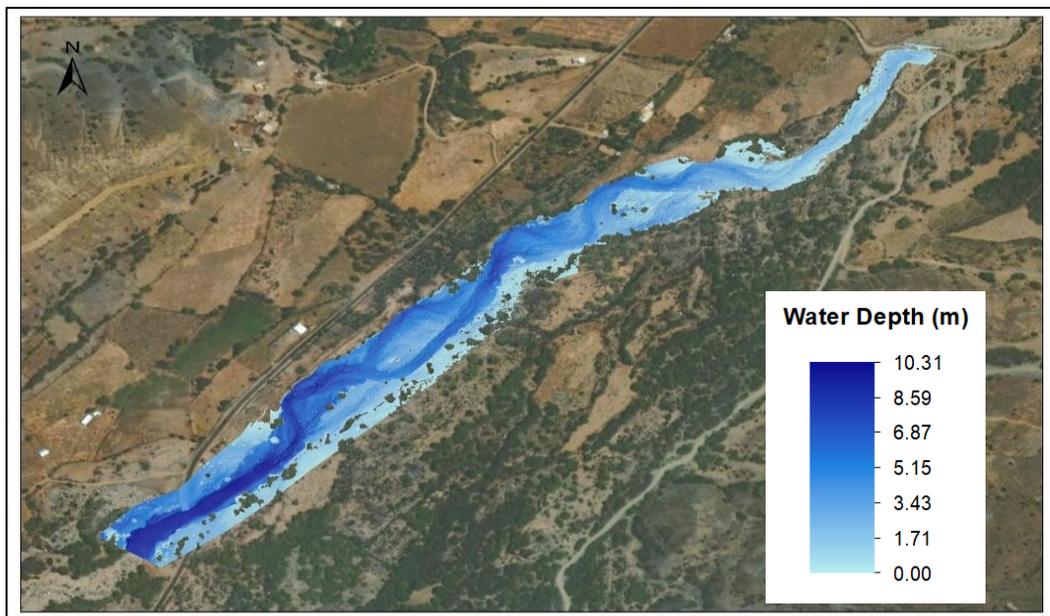


FIGURA 21: Mapa de profundidad de agua (tirante o calado) del modelo hidráulico para un  $T_r= 200$  años.

Fuente: Elaboración propia.

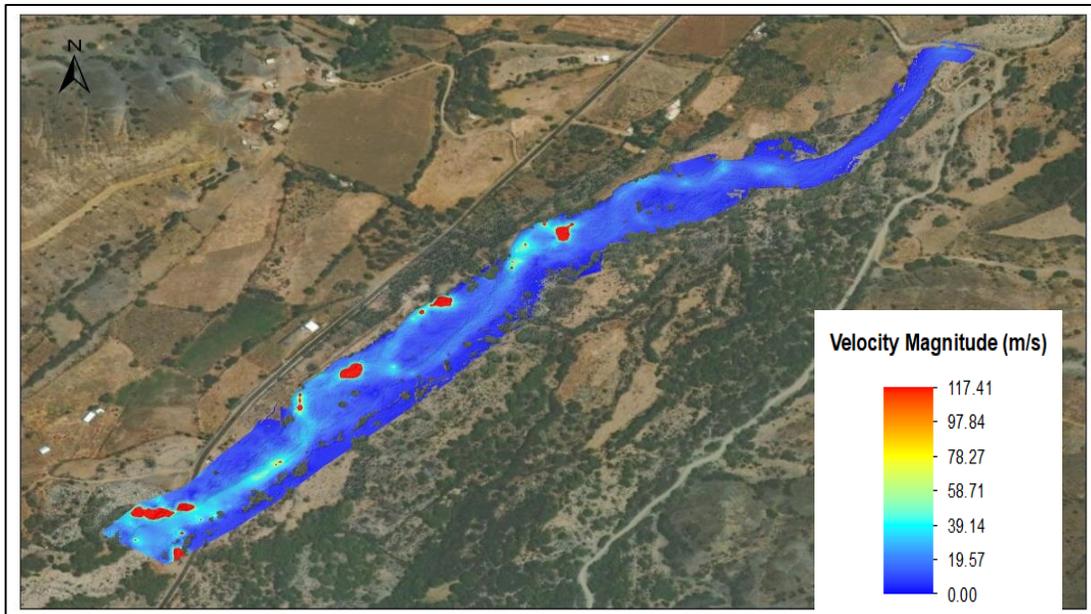


FIGURA 22: Mapas de velocidad de flujo del modelo hidráulico para un  $T_r= 200$  años.

Fuente: Elaboración propia.

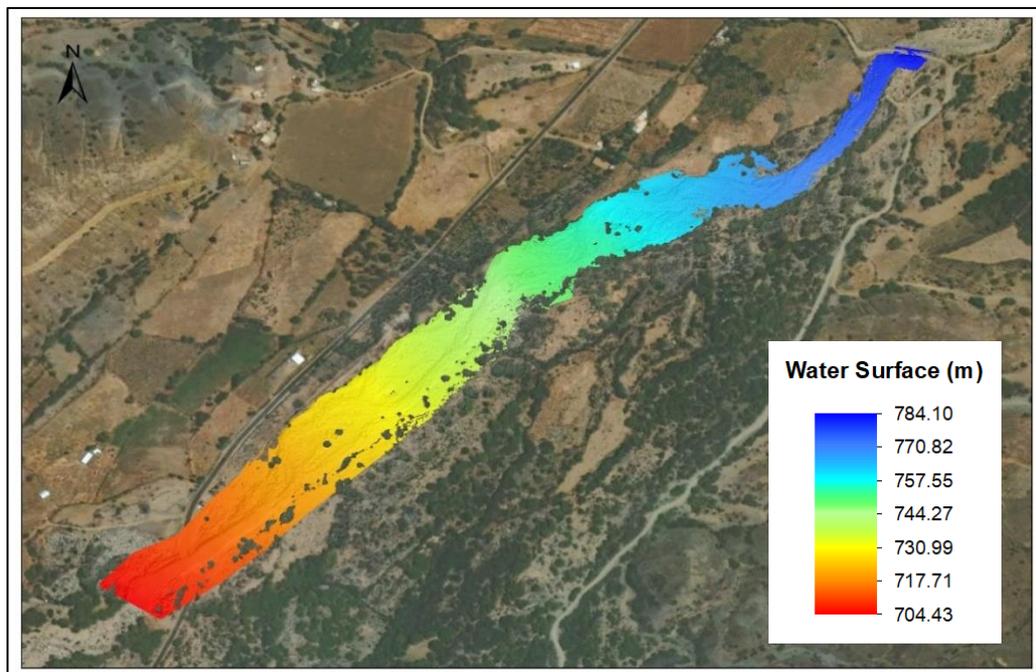


FIGURA 23: Mapa de niveles de agua del modelo hidráulico para un  $T_r= 200$  años.

Fuente: Elaboración propia.

## **4.5 Diseño de defensa ribereña.**

### **4.5.1 Generalidades.**

Actualmente en la zona donde se realizó el proyecto de estudio, por los efectos que se originó a través del fenómeno del niño en el año 2017, ha sufrido varias modificaciones para el mal de los pobladores del caserío de Collambay – Simbal, ya que hubo gran cantidad de pérdidas en la agricultura, desborde del puente donde ocasionó interrumpir el traslado vehicular, y también afecto al río Sinsicap, con el incremento de rocas, desperdicios y por lo tanto se encuentra en una situación crítica. La existencia de las rocas que se alojaron como consecuencia del fenómeno del niño, ayudaron a establecer nuestra propuesta de defensa ribereña con gaviones. Para así evitar ciertas inundaciones ante cualquier desastre natural que pueda ocurrir más adelante.

### **4.5.2 Información básica.**

Los muros de gaviones tipo caja son fabricados con un material seleccionado o con el mismo del río y así tratar de evitar la erosión del río, fallas de cimentación, acostumbran protegerse con piedras uniformes y bien colocadas, por intermedio de personas o de maquinaria, además el diseño de muro de gaviones debe determinarse ciertos puntos, como la especificación de la altura, ancho de corona, cimentación, determinación de los taludes laterales, revestimiento de protección, por lo cual los muros de gaviones de protección tienen como propósito el tratamiento del río para mantener el alineamiento del cauce, la protección de los terrenos de propiedad adyacentes contra la socavación o erosión, la protección de estructuras y edificaciones y más. Para esto tenemos los datos de los estudios realizados donde sabemos que la luz del río es de 30 metros en promedio y teniendo en cuenta una altura de socavación de 5m en los márgenes del río.

## 4.5.3 Metodología de trabajo.

### 4.5.3.1 Trabajo de campo.

Se da a conocer el análisis visual, los detalles obtenidos mediante los estudios topográficos y suelos, a fin de poder contar con la mejor alternativa en cuanto al paso del eje de la defensa del ribereña.

### 4.5.3.1 Trabajo de gabinete.

Con la información que se obtiene en campo y de los estudios se diseña la defensa ribereña de muro de gaviones tipo caja. Para este diseño utilizamos el software GEO-5.

## 4.5.4 Diseño de muro de gaviones en el software GEO-5.

El software GEO-5 sirve para realizar cálculos de muros de contención, realizando su pre dimensionamiento primero se ingresan los datos al programa, iniciado con el nombre del proyecto.

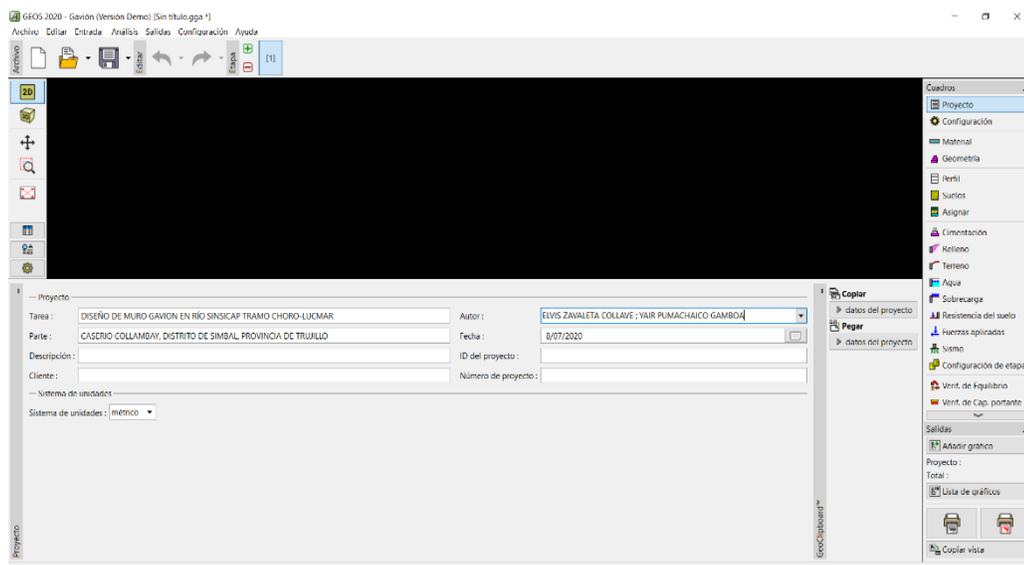


FIGURA 24: Información del proyecto.

Fuente: Elaboración propia

Se ingresaron los datos al programa Geo – 5 para realizar el cálculo y con ello las verificaciones por volteo y capacidad última del terreno, sin embargo, es importante poner en conocimiento los datos que fueron ingresados en el software GEO – 5 para el diseño del gavión, los cuales fueron:

- Definición del material a utilizar, que tiene como peso específico 18.00 KN/m<sup>3</sup>
- Ángulo de fricción interna (según el ensayo de corte directo) de 35.00° y una cohesión de 0.00kPa
- Se tuvo en cuenta los resultados del estudio de suelos, siendo las características del suelo SC-SM Y SP-SM
- El perfil del terreno fue aproximado para realizar el dimensionamiento del relleno del gavión.

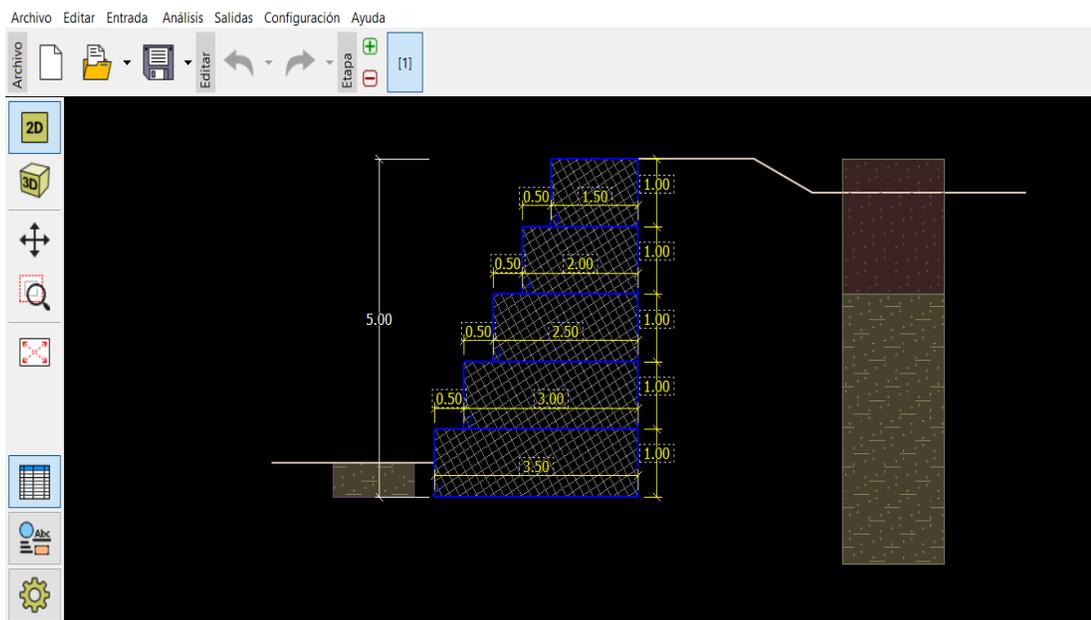


FIGURA 25: Diseño del muro gavión en el software GEO-5.

Fuente: Elaboración propia.

El diseño resultó según la figura 25 con 5 capas con una base de 3.5x1x5m, la siguiente capa de 3x1x5m, la tercera capa de 2.5x1x5m, la cuarta capa de 2x1x5m y la última de 1.5x1x5m. donde la longitud total de la defensa ribereña

con gaviones es 1223.2 m por el margen derecho y 1235.4m por el margen izquierdo.

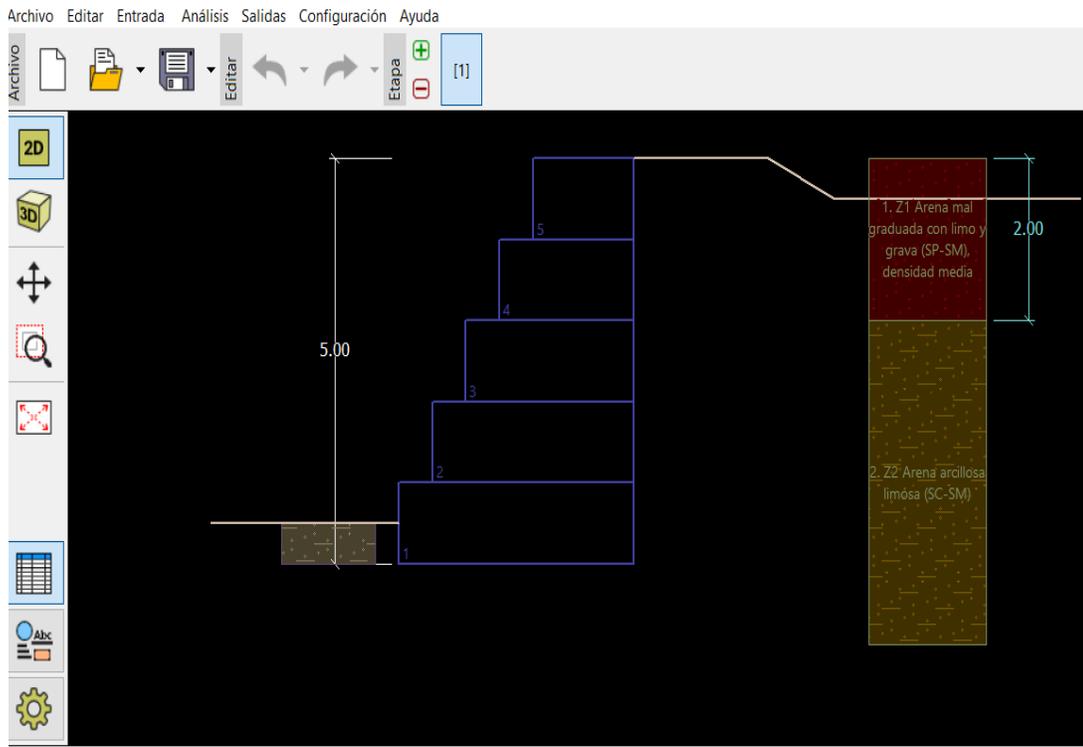


FIGURA 26: Diseño del muro gavión detalle de tipos de suelo en el software GEO-5.

Fuente: Elaboración propia.

#### 4.5.3.1 Verificación de equilibrio del muro completo.

- **Verificación de la estabilidad de vuelco**

Momento estabilizador  $M_{res} = 537.94 \text{ kNm/m}$

Momento de vuelco  $M_{ovr} = 83.45 \text{ kNm/m}$

Factor de seguridad =  $6.45 > 1.50$

Muro para vuelco ES SATISFACTORIA

- **Verificación del deslizamiento**

Fuerza horizontal resistente  $H_{res} = 150.53 \text{ Kn/m}$

Fuerza horizontal activa  $H_{act} = 48.27 \text{ kN/m}$

Factor de seguridad = 3.12 > 1.50

Muro para deslizamiento ES SATISFACTORIA

Verificación completa – MURO ES SATISFACTORIA

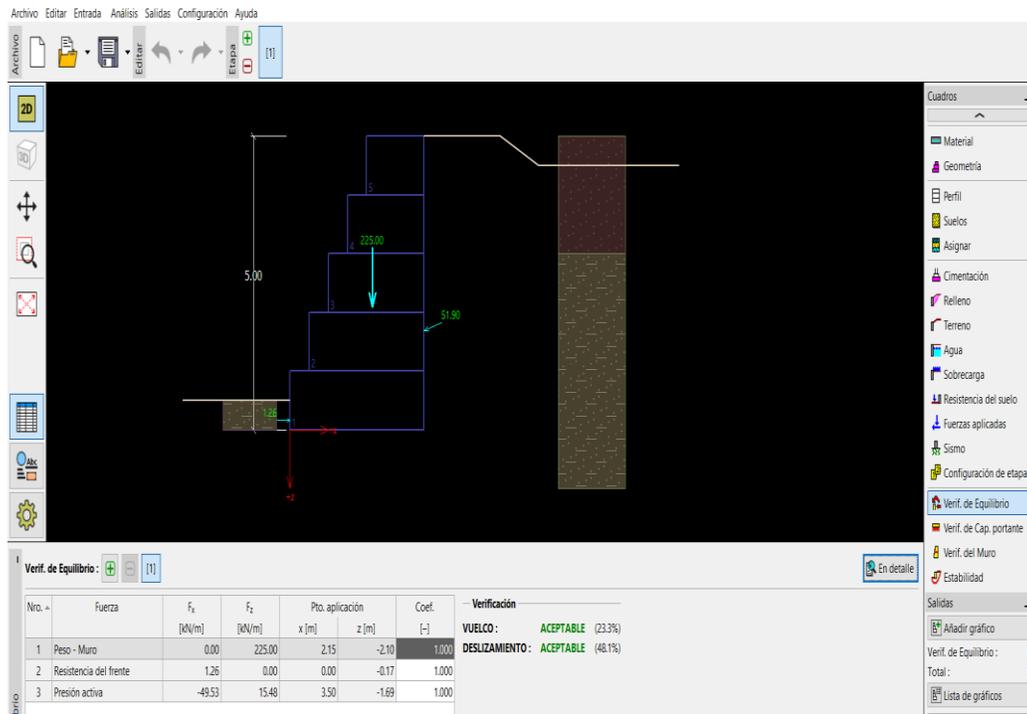


FIGURA 27: Verificación de equilibrio del muro gavión.

Fuente: Elaboración propia.

#### 4.5.3.1 Verificación de capacidad portante.

- **Verificación de la capacidad portante del terreno de cimentación**

Tensión en el fondo de la zapata: Rectángulo

- **Verificación de excentricidad**

Máx. excentricidad de fuerza normal  $e = 0.000$

Máxima excentricidad permitida  $e_{alw} = 0.333$

Excentricidad de la fuerza normal ES SATISFACTORIA

- **Verificación de la capacidad portante del fondo de la zapata**

Max. Tensión en el fondo de la zapata  $\sigma = 68.71$  kPa

Capacidad portante del terreno de cimentación  $R_d = 120.00$  kPa

Factor de seguridad =  $1.75 > 1.50$

Capacidad portante del terreno de cimentación ES SATISFACTORIA

Estabilidad global – Cap. Portante del terreno de cimentación ES SATISFACTORIA

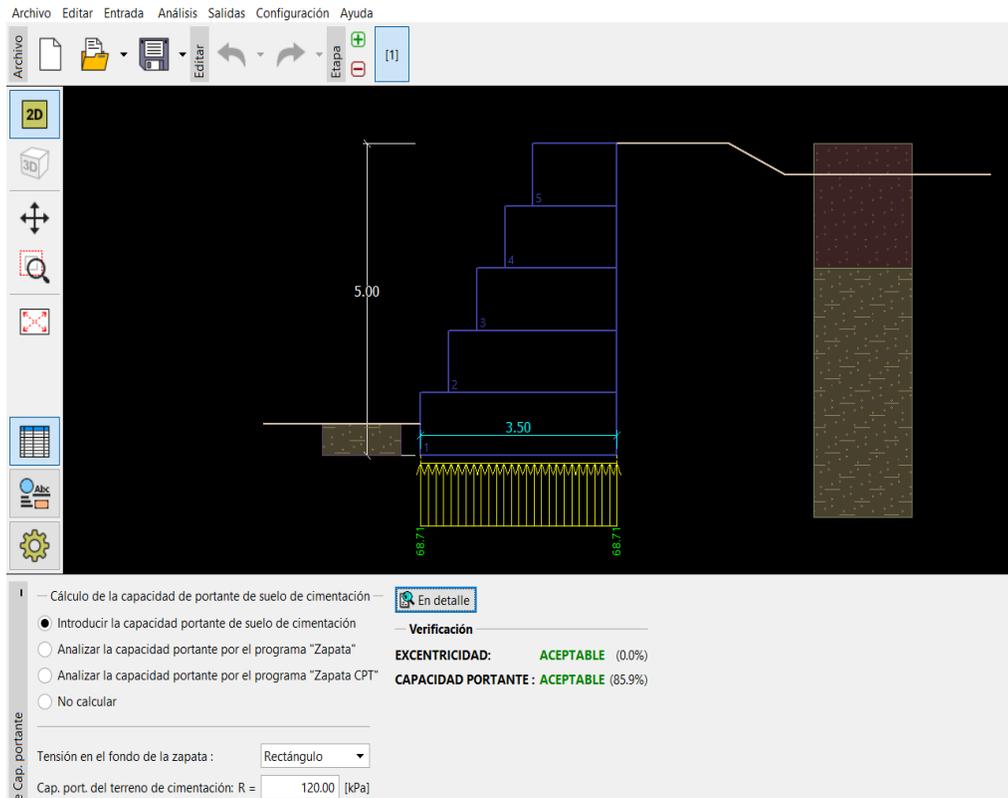


FIGURA 28: Verificación de capacidad portante del muro gavión.

Fuente: Elaboración propia.

## V. DISCUSIÓN.

- La topografía es uno de los estudios de valor para el modelado hidráulico en el cual la topografía con drone tiene la ventaja de que se puede tener la nube de puntos con una resolución superior a los métodos mecánicos, se logró hacer el levantamiento del tramo choro-lucmar de 1.2 km. Aproximadamente. Con lo cual el área levantada es 22.6 ha. Con una pendiente de 7 %. En cuanto a la cartografía se realizó en base a una imagen satelital de alta resolución, en comparación con la tesis presentada por Zafra (2018), “Modelamiento hidráulico del río cascasén, tramo ciudad de San Marcos, con fines de prevención de inundaciones”, los resultados fueron similares, pero tuvo diferente área levantada que fue 56 ha. Esto se debe a que ambas investigaciones se desarrollaron bajo el mismo concepto de estudio topográfico. En la actualidad los estudios topográficos con drones es una tendencia consolidada, por lo cual al utilizar de drones es más eficaz en una revolución de trabajos topográficos, estos permiten obtener modelos digitales del suelo con más a detalle, precisos y mejor calidad que otras técnicas.
- El estudio de suelos nos permitió hallar las características del suelo, se realizó el análisis granulométrico con el fin de conocer el tipo de suelo, presentando los suelos SC-SM y SP-SM, los resultados detallados se verán (Tabla 5), en comparación con la tesis presentada por López (2018), “Diseño Hidráulico y Estructural del encauzamiento y defensas ribereñas en el río Virú, tramo Zaraque – Puente Virú”, los resultados fueron distintos donde se presentaron suelos GP Y GW, esto se debe que las investigaciones se desarrollaron en distintos lugares. Se determina que los estudios de suelos presentan las propiedades físicas que influyen en la ubicación y diseño de la defensa ribereña.
- El análisis de los resultados del estudio hidrológico del río Sinsicap se realizó utilizando métodos estadísticos, calculando así un caudal de diseño para varios tiempos de retorno con el método estadístico de Creager (Tabla 13), también utilizamos el programa HEC-HMS (Tabla 14), en comparación con la tesis presentada por Bejarano (2018), “Modelamiento hidráulico del río Jequetepeque desde el km 0+000 al km 10+000, con fines de prevención, Pacasmayo, la Libertad 2018”, los

resultados fueron distintos donde en esta investigación calcularon el caudal de diseño con el programa hidroesta, esto se debe que los estudios hidrológicos se dieron en diferentes puntos y por las diferentes descargas de precipitaciones.

- El modelamiento hidráulico se realizó con el programa Hec-Ras aplicando los resultados para un tiempo de retorno de 100 años, obteniendo la velocidad de flujo, profundidad o tirante (figura 19, 20), en comparación con la tesis presentada por Quispe y Rojas (2018), “Modelamiento hidráulico del cauce en río huaycoloro mediante el programa HecRas para mitigar las inundaciones en Huachipa, 2018”, los resultados se dieron en forma distinta dando a conocer los puntos de desborde identificando los tramos críticos, esto se debe que el objetivo de esta investigación fue diferente al nuestro, el programa realiza la simulación del río en avenidas máximas.
- En la propuesta que presentamos se toma en cuenta los gaviones de piedra que evitan que se forme grandes masas de lodo y rocas, se realizó el diseño del muro gavión en el programa GEO-5 (figura 25), en comparación con la tesis presentada por Quispe y Rojas (2018), “Modelamiento hidráulico del cauce en río huaycoloro mediante el programa HecRas para mitigar las inundaciones en Huachipa, 2018”, los resultados en mejor propuesta de ambas investigaciones fueron similares, pero para su diseño de gaviones no utilizaron ningún programa. Los muros de gaviones no requieren un mantenimiento permanente para su correcta funcionalidad, trabajan como muro de gravedad y también como muro de contención donde se ve el lado económico y su alto rendimiento en seguridad.

## VI. CONCLUSIONES.

- Se realizó el levantamiento topográfico utilizando un Drone Phantom 4 pro v.2 manipulado por el aplicativo Android Drone Deploy que ayuda sobrevolar el vuelo y conforma todos los detalles de la topografía, se recopiló la información cartográfica de imagen satelital en alta calidad, en total se levantaron 22.6 ha aproximadamente y teniendo una pendiente de 7%.
- Para conocer las características del suelo se caracterizó el estudio de suelos en lo que se obtuvo los resultados: la granulometría presentó los suelos SC-SM es decir arena mal graduada con limo y grava, SP-SM una arena arcilla limosa, con una densidad del suelo de 1.658 g/cm<sup>3</sup> y una cohesión de 0.13 kg/cm<sup>2</sup>; en conclusión, se determinó que las propiedades físicas del suelo influyen en la ubicación y diseño de la defensa ribereña.
- En el Estudio Hidrológico realizado se ha calculado los caudales máximos para diferentes tiempos de retorno 5, 10, 25, 50, 100, 115, 200 y 500 a través del programa HEC-HMS, donde se obtuvo 54.4, 75.5, 111.8, 146.0, 187.3, 196.8, 238.0 y 325.9 m<sup>3</sup>/s, estimados a partir de caudales máximos diarios de la cuenca del río Sinsicap, registrados en la estación Sinsicap.
- Finalmente, se diseñó el modelamiento hidráulico en la zona de investigación con el software Hec-Ras en base a los estudios que hemos realizado, la topografía, modelamiento hidrológico y los caudales máximos escogidos. Los caudales fueron para un periodo de tiempo de retorno entre 100 a 200 años. Asimismo, una vez obtenido los resultados del modelamiento hidráulico, se dio inicio a diseñar la defensa ribereña con muro de gaviones. La longitud total de los gaviones es 1223.2 m por el margen derecho y 1235.4m por el margen izquierdo, siendo el muro gavión de las siguientes características una base de 3.5x1x5m, el siguiente de 3x1x5m, el tercero de 2.5x1x5m, el cuarto de 2x1x5m y el último de 1.5x1x5m.

## VII. RECOMENDACIONES.

- Se está dando la recomendación de recopilar más datos topográficos que se integra un adicional de distancia al tramo de investigación en secciones de parte aguas abajo y arriba, con el fin de dar prevención a desbordamientos y dar acumulación de agua de acuerdo a ciertas limitaciones al generar el modelo digital de elevación (DEM).
- Se hace la recomendación que los detalles de este proyecto sean utilizados por la municipalidad distrital de Simbal para su plan de defensas ribereñas que presentan en tiempo de invierno. Debido que en distrito de Simbal existen algunas investigaciones por parte de profesionales de distintas carreras con el fin de contribuir con el bienestar y desarrollo del distrito, pero en realidad algunas veces no son tomadas en cuenta por las principales autoridades, en la realización de futuros proyectos.
- Se recomienda que en futuras investigaciones hacer más hincapié en este tipo de estudios, ya que cada tipo de defensa ribereña se adecua de acuerdo a los estudios realizados, por el tipo de características y material de la zona.
- La secuencia desarrollada para el modelamiento del río Sinsicap en el tramo choro-lucmar por fines de prevención de inundaciones, sirve como modelo para futuras investigaciones que se realicen en los diferentes ríos.

## REFERENCIAS

ACOSTA, Pedro y SIERRA, Lina. Evaluación de métodos de construcción de curvas ISF a partir de distribuciones de probabilidad y parámetros de ajustes. Dialnet revista facultad de ingeniería. [en línea]. Noviembre 2013, Vol. 22, N°35. [fecha de consulta: 26 de mayo 2019]. Disponible en: <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=5029434>

APARICIO, Francisco. Fundamentos de Hidrología de superficie. Mexico: Limusa, 1989. Pág. 291. ISBN: 9681830148.

BEJARANO, Sixto. Modelamiento hidráulico del Río Jequetepeque desde el km 0+000 al km 10+000, con fines de prevención, Pacasmayo, la libertad 2018. Tesis (Titulo Ingeniero Civil). Trujillo, Perú: Universidad Privada del Norte, Facultad de Ingeniería, 2018. 151 pág.

CALVO, Guillermo y MORA, Jesús. Evaluación y clasificación preliminar de la calidad del agua de la cuenca del río Tárcoles y el Reventazón parte II: Modelo utilizando en la medición de caudales investigativo. Revista tecnológica en marcha. [en línea]. Julio – Setiembre 2007, Vol. 20, N° 3. [fecha de consulta: 25 de mayo 2019]. Disponible en: [https://revistas.tec.ac.cr/index.php/tec\\_marcha/article/view/96](https://revistas.tec.ac.cr/index.php/tec_marcha/article/view/96)

CASANOVA, Leonardo. Topografía Plana. Mérida : Taller de publicaciones de ingeniería, 2002. ISBN: 9801106727.

COLOMA, Ana. Simulación Hidrológica e Hidráulica del Río Tambo, sector Santa Rosa, Distrito de Cocachacra, Provincia de Ica y Departamento de Arequipa. Tesis (Titulo Ingeniero Agrícola). Lima, Perú: Universidad Nacional Agraria La Molina, Facultad de Ingeniería Agrícola, 2015. 114 pág.

FESANANDO, Jimmy. Dimensionamiento hidráulico y estructural de la defensa ribereña en la margen izquierda del Río Mayo en la localidad de Shanau – Lamas –

Región San Martín. Tesis (Título Ingeniero Civil). Tarapoto, Perú: Universidad Nacional de San Martín, Facultad de Ingeniería Civil y Arquitectura, 2018. 128 pág.

FUENTES, Jose. Topografía. Mexico: Red tercer milenio s.c., 2012. ISBN: 978-607-733-036-3.

HUANCAS, Cesar. Modelamiento Hidráulico con Hec-Ras para la prevención de Inundaciones desde el km 44+100 al km 49+100 en el Río Reque. Tesis (Título Ingeniero Civil). Chiclayo, Perú: Universidad César Vallejo, Facultad de Ingeniería Civil Chiclayo, 2019. 168 pág.

INDECI. Instituto Nacional de Defensa Civil.[En línea] Noviembre de 2012. [Fecha de consulta: 15 de Octubre de 2019.].

JUÁREZ, Eulalio y RICO, Alfonso. Mecánica de Suelos. Mexico: Limusa, 2005. 627. Pág. ISBN: 961800699.

JUAREZ, Mercedes y RODRIGUEZ, Jaime. Evaluación hidráulica del río Moche tramo Puente de fierro, longitud 1 km. Tesis (Título Ingeniero Civil). Trujillo, Perú: Universidad Privada Antenor Orrego, Facultad de Ingeniería, Trujillo. 2017. Pág. 141 pág.

KROCHIN, Sviatoslav. Diseño hidraulico. 3° ed. Quito : La Escuela Politecnica Nacional, 1986. 432 pág.

LÓPEZ, Ilich. Diseño Hidráulico y Estructural del encauzamiento y defensas ribereñas en el Río Virú, tramo Zaraque – Puente Virú. Tesis (Título Ingeniero Civil). Trujillo, Perú: Universidad César Vallejo, Facultad de Ingeniería. 2018. 389 pág.

MORRIS, hubert. Modelación hidráulica e hidrológica del Río Guápiles para determinar la vulnerabilidad a inundaciones en un tramo comprendido entre los poblados Guápiles

y la Rita. Proyecto de graduación (licenciatura en ingeniería agrícola). Costa Rica: Universidad de Costa Rica, Facultad de Ingeniería, Universidad de Costa Rica. 2006.

ORDOÑEZ, Juan. Ciclo Hidrológico. Lima: Sociedad Geográfica, 2011. Pág. 44 pág. ISBN: 9789972602771.

QUISPE, Dino y ROJAS, Jonathan. Modelamiento hidráulico del cauce en Río Huaycoloro mediante el programa Hec Ras para mitigar las inundaciones en Huachipa 2018. Tesis (Titulo Ingeniero Civil). Lima, Perú: Universidad César Vallejo, Facultad de Ingeniería, 2018. 173 pág.

ROCHA, Arturo. Introducción a la Hidraulica fluvial. Lima: Universidad Nacional de Ingeniería, 1998. 258 pág.

RODAS, Marco. Estudio técnico para rectificación y protección de márgenes del río Tarqui. Tesis (Titulo Ingeniero Civil). Cuenca, Ecuador : Universidad de Cuenca. 2018. 80 pág.

SÁNCHEZ, Jorge. Modelación Hidrológica e Hidráulica acoplada de la cuenca media y baja del Río Magdalena. Tesis (Titulo de Ingeniero civil). Bogotá D-C-, Colombia: Universidad Nacional de Colombia, 2017.

SENAMHI. [En línea] [Fecha de consulta: 20 de Octubre de 2019.] Disponible en: <https://www.senamhi.gob.pe/>

SINPAD. [En línea] [Fecha de consulta: 28 de Octubre de 2019.] Disponible en: [http://sinpad.indeci.gob.pe/sinpad/emergencias/Evaluacion/Reporte/rpt\\_eme\\_situacion\\_emergencia.asp?EmergCode=00084201](http://sinpad.indeci.gob.pe/sinpad/emergencias/Evaluacion/Reporte/rpt_eme_situacion_emergencia.asp?EmergCode=00084201)

FERNÁNDEZ-PATO, J, SÁNCHEZ, A y GARCÍA-NAVARRO, P. Simulación de avenidas mediante un modelo hidráulico/hidrológico distribuido en un tramo urbano del río Ginel (Fuentes de Ebro). Madrid, España: Ribagua, Vol. VI, 49-62 págs. 26 de Junio de 2019.

SAEZ, David. Los Drones y sus aplicaciones a la ingeniería civil. Aplicaciones cartográficas, Madrid: Gráficas Arias Montano, S. A., 2015.

SILVA, Carlos. Diseño del sistema de agua potable y unidades de saneamiento básico en el caserío chugursillo, centro poblado Llaucan, distrito de Bambamarca, provincia de Hualgayoc – Cajamarca. Tesis (título profesional de ingeniero civil). Trujillo, Perú 2018: Universidad Cesar Vallejo, Escuela de ingeniería Civil, 503pp

TORRES, Johann y VIVAS, Jairo. Modelación De Una Estructura Hidráulica De Confluencia De Canales Urbanos. (Caso Estudio: Río Arzobispo, Bogotá D.C.). Trabajo de Grado (ingeniero civil). Bogotá, Colombia : Universidad Católica de Colombia, 2018. 118 . pág.

VERGARA, Miguel. Técnicas de modelación en Hidráulica. Mexico: Alfaomega, 1993. 294 pág. ISBN: 9686223762.

ZAFRA, Marco. Modelamiento Hidráulico del río Cascasen, tramo Ciudad de San Marcos, con fines de prevención de inundaciones. Tesis (Título de Ingeniero Hidráulico). Cajamarca, Perú: Universidad Nacional de Cajamarca, 2018. 119 pág.

**ANEXOS:**

**ANEXO 1:** TABLA 3: Cuadro de Operacionalización de Variables

VARIABLE	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DEFINICIÓN OPERACIONAL	DIMENSIONES	INDICADORES	ESCALA DE MEDICIÓN
Modelamiento Hidráulico del Río Sinsicap	El sistema del modelado hidráulico está destinado para el cálculo de los perfiles de la superficie del agua para constante flujo de variación graduada; El sistema puede manejar una red completa de canales o un solo tramo de Río, los efectos de diversos obstáculos como puentes, alcantarillas, diques, presas y otras estructuras de la llanura de inundación. (Fernández-Pato y otros, 2019)	El modelamiento hidráulico se hace sobre un plano o mapa a curvas de nivel, que divide a las cuencas adyacentes y distribuye el escurrimiento originado por la precipitación. Para una cuenca, la forma y cantidad de escurrimiento están influenciadas principalmente por las condiciones físicas del suelo; por lo tanto, se estudian una serie de características físicas en cada cuenca, en la que se tienen las superficies, la topografía las altitudes características y suelos.	Estudio topográfico	Curvas de nivel (msnm)	razón
				Perfil longitudinal (m)	razón
				Secciones transversales (m <sup>2</sup> )	razón
			Estudio de Mecánica de suelos	Granulometría (%)	razón
				Contenido de humedad (%)	razón
				Densidad seca máxima (kg/cm <sup>3</sup> )	razón
			Estudio Hidrológico	Precipitaciones (mm)	razón
				Caudal (m <sup>3</sup> /s)	razón
				Tiempo de retorno (años)	razón

## ANEXO 2: FICHAS DE OBSERVACIÓN

### FICHA TÉCNICA

PROYECTO:

#### LEVANTAMIENTO TOPOGRÁFICO CON DRONE

ALTURA DE VUELO

NÚMERO DE FOTOGRAFÍAS

RESOLUCIÓN DE LA FOTOGRAFÍA

NÚMEROS DE PUNTOS DE CONTROL

HÉCTAREAS

GSD

CLIMA

SOLEADO	NORMAL	NUBLADO	OTROS

VIENTO

LIGERO	NORMAL	FUERTE

PUNTO INICIAL	PUNTO FINAL	OBSERVACIONES	HORA

Fuente: Tesis. Determinar el grado de confiabilidad de levantamiento topográfico con Drone en la plaza San Luis – 2017. SANCHEZ, Irvin. Chimbote.

  
Eduar José Rodríguez Beltrán  
ING. CIVIL  
R. CIP. N° 213722

  
Luis Alberto Horna Araujo  
ING. CIVIL  
CIP. 24002

**FICHA TÉCNICA MDE**

FECHA DE ELABORACIÓN :

NOMBRE DE CODIGO		ESTABLECIDO POR:	UBICACIÓN - UBIGEO	
			País :	
			Departamento :	
<u>Precisión:</u>	<u>Fecha:</u>		Provincia :	
			Distrito :	
COORDENADAS GEOGRÁFICAS				ELEVACIÓN / COTA
<u>Latitud:</u>	<u>Longitud:</u>	<u>Elipsoide:</u>	<u>Altitud:</u>	Cota Relativa (m)
COORDENADAS U.T.M.				Altura Geoidal
<u>Norte:</u>	<u>Este:</u>	<u>Zona U.T.M.</u>		
IMAGEN DEL PUNTO GEODESICO			VISTA FOTOGRAFICA	
DESCRIPCIÓN DEL PUNTO TOPOGRÁFICO				

*Fuente: Elaborado por el Ing. Plasencia Valdivieso Jorge Luis*

  
 Eduar José Rodríguez Beltrán  
 ING. CIVIL  
 R. CIP. N° 213722

  
 Luis Alberto Horna Araujo  
 ING. CIVIL  
 CIP. 24002

### ANEXO 3:

	<b>CONTROL DE ASESORÍAS</b>	Código : F01-PP-PR-02.02 Versión : 10 Fecha : 20-07-2020 Página : 1 de 1
---	-----------------------------	---

#### 1. DATOS GENERALES

<b>Filial / sede:</b>	CAMPUS TRUJILLO	<b>Período académico:</b>	2020-I
<b>Programa académico:</b>	PREGRADO	<b>Ciclo:</b>	DÉCIMO (X)
<b>Docente:</b>	ING. ALEX ARQUÍMEDES HERRERA VILOCHE	<b>E-mail:</b>	yairpumachaico1597@gmail.com

N°	Autor	Fecha	Hora	Breve descripción de la asesoría
1	PUMACHAICO GAMBOA YAIR ALONSO	15/06/2020	10:00am-11:00am	Revisión de introducción y cuadro de operacionalización de variables.
2	PUMACHAICO GAMBOA YAIR ALONSO	19/06/2020	5:00pm-6:00pm	Técnicas de instrumentos de recolección de datos.
3	PUMACHAICO GAMBOA YAIR ALONSO	22/06/2020	11:00am-12:00pm	Métodos de análisis de datos y aspectos técnicos.
4	PUMACHAICO GAMBOA YAIR ALONSO	26/06/2020	6:00pm-7:00pm	Revisión del estudio topográfico
5	PUMACHAICO GAMBOA YAIR ALONSO	29/06/2020	10:00am-11:00am	Revisión del estudio de suelos
6	PUMACHAICO GAMBOA YAIR ALONSO	03/07/2020	6:30pm-8:00pm	Revisión del estudio hidrológico
7	PUMACHAICO GAMBOA YAIR ALONSO	06/07/2020	10:00am-11:00am	Definir detalles de los planos y diseño de la defensa ribereña
8	PUMACHAICO GAMBOA YAIR ALONSO	10/07/2020	7:00pm-8:00pm	Ultimar detalles de las conclusiones y discusiones del proyecto

  
 Alex A. Herrera Vilochte  
 INGENIERO CIVIL  
 CIP 43256  
 Reg. Consultor C13728

Firma del Docente

Elaboró	Dirección de Investigación	Revisó	Representante de la Dirección / Vicerrectorado de Investigación y Calidad	Aprobó	Rectorado
---------	----------------------------	--------	---	--------	-----------

**1. DATOS GENERALES**

<b>Filial / sede:</b>	CAMPUS TRUJILLO	<b>Período académico:</b>	2020-I
<b>Programa académico:</b>	PREGRADO	<b>Ciclo:</b>	DÉCIMO (X)
<b>Docente:</b>	ING. ALEX ARQUÍMEDES HERRERA VILOCHE	<b>E-mail:</b>	zavalecee@gmail.com

N°	Autor	Fecha	Hora	Breve descripción de la asesoría
1	ZVALETA COLLAVE ELVIS GEINER	15/06/2020	10:00am-11:00am	Revisión de introducción y cuadro de operacionalización de variables.
2	ZVALETA COLLAVE ELVIS GEINER	19/06/2020	5:00pm-6:00pm	Técnicas de instrumentos de recolección de datos.
3	ZVALETA COLLAVE ELVIS GEINER	22/06/2020	11:00am-12:00pm	Métodos de análisis de datos y aspectos técnicos.
4	ZVALETA COLLAVE ELVIS GEINER	26/06/2020	6:00pm-7:00pm	Revisión del estudio topográfico
5	ZVALETA COLLAVE ELVIS GEINER	29/06/2020	10:00am-11:00am	Revisión del estudio de suelos
6	ZVALETA COLLAVE ELVIS GEINER	03/07/2020	6:30pm-8:00pm	Revisión del estudio hidrológico
7	ZVALETA COLLAVE ELVIS GEINER	06/07/2020	10:00am-11:00am	Definir detalles de los planos y diseño de la defensa ribereña
8	ZVALETA COLLAVE ELVIS GEINER	10/07/2020	7:00pm-8:00pm	Ultimar detalles de las conclusiones y discusiones del proyecto



Alex A. Herrera Viloché  
 INGENIERO CIVIL  
 CIP 43256  
 Reg. Consultor 013728

Firma del Docente

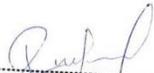
Elaboró	Dirección de Investigación	Revisó	Representante de la Dirección / Vicerrectorado de Investigación y Calidad	Aprobó	Rectorado
---------	----------------------------	--------	---	--------	-----------

## ANEXO 4: ESTUDIO TOPOGRÁFICO

### LEVANTAMIENTO TOPOGRAFICO CON DRONE

PROYECTO DE TESIS: “MODELAMIENTO HIDRÁULICO DEL RÍO SINSICAP PARA PREVENCIÓN DE INUNDACIONES - TRAMO CHORO - LUCMAR, CASERÍO COLLAMBAY - SIMBAL-TRUJILLO”.

Caserío: Collambay; Distrito: SIMBAL;  
Provincia: TRUJILLO; Región: LA LIBERTAD

  
Evaristo R. Polo Díaz  
Ing. Agrónomo  
Reg. CIP: 57507

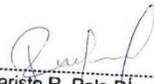
PRESENTADO POR:

- ING. EVARISTO POLO DÍAS
- ASISTENTES (TESISTAS)

08/06/2020

## Tabla de contenido

<b>II. APLICACIONES TOPOGRÁFICAS DE LOS DRONES</b> .....	3
1. RESUMEN.....	3
2. OBJETIVO.....	3
<b>I. DESCRIPCIÓN DEL TRABAJO</b> .....	4
<b>2.1 UBICACIÓN GEOGRÁFICA</b> .....	4
.....	Error! Bookmark not defined.
<b>2.2 INTRODUCCIÓN</b> .....	5
<b>2.3 CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS</b> .....	6
<b>2.4 PLAN DE VUELO</b> .....	7
<b>2.5 APOYO TOPOGRÁFICO (GEODESIA)</b> .....	8
<b>III. METODOLOGÍA DE TRABAJO</b> .....	9
<b>3.1 FASE PRELIMINAR DE GABINETE</b> .....	9
<b>3.2 FASE DE CAMPO</b> .....	9
<b>3.3 TRATAMIENTO DE DATOS</b> .....	10
<b>IV. EXPEDIENTE TÉCNICO</b> .....	10
<b>4.1 OBJETIVOS DEL TRABAJO</b> .....	10
<b>4.2 DESARROLLO DEL TRABAJO EN CAMPO</b> .....	11
<b>4.3 DESARROLLO DEL TRABAJO EN GABINETE</b> .....	12
<b>4.4 PUNTOS DE FOTOCONTROL TERRESTRE CON GPS DIFERENCIAL</b> .....	13
<b>IV.- RESULTADOS DEL LEVANTAMIENTO FOTOGRAMETRICO</b> .....	17
<b>CURVAS DE NIVEL: ( DISTRIBUIDOS CADA 1m.)</b> .....	17
.....	17
<b>ORTOFOTO DE LA CUENCA DEL RIO:</b> .....	17
<b>MODELO DIGITAL DE SUPERFICIE:</b> .....	18
.....	18

  
Evaristo R. Polo Díaz  
Ing. Agrónomo  
Reg. CIP: 57507

## II. APLICACIONES TOPOGRÁFICAS DE LOS DRONES

### 1. RESUMEN

En la actualidad la tecnología de drones está transformando muchos campos en los que la fotografía aérea es una alternativa para medición y procesamiento, en este caso mucho más económico en tiempo y costo para obtener información topográfica, mediante imágenes y aplicando técnicas fotogramétricas. Midiendo puntos de apoyo y procesando las imágenes aéreas con un software específico como por ejemplo AGISOFT software de procesamiento de datos de imagen **UAS** se pueden crear modelos digitales de elevación, mosaicos orto rectificadas y georreferenciadas además de nubes de puntos de alta resolución, modelos en 3D con precisión centimétrica que permiten el cálculo de curvas de nivel, medición de áreas y volúmenes y diversos productos que muestran la apariencia real del terreno.

La utilización de drones permite, además, realizar tareas a baja altura, grabando en tiempo real y facilitando el relevamiento de zonas peligrosas o de difícil acceso y superar obstáculos diversos, de forma automatizada y sin poner en riesgo la seguridad personal. En la actualidad existen con una gran variedad de formas, tamaños y características en función del uso al que estén destinados.

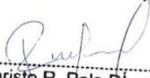
### 2. OBJETIVO

Este trabajo tiene como objetivo principal el levantamiento fotogramétrico del predio con curvas de nivel al metro y para el inicio del trabajo se tiene que marcar puntos de apoyo terrestre para el levantamiento fotogramétrico con **PHANTOM 4 PRO V.2**, en LA TESIS Modelamiento hidráulico del río sinsicap en el tramo 1.2 km con fines de prevención por inundaciones ubicado en el distrito de Simbal, provincia de Trujillo, Región La libertad.

Para que el vuelo sea directamente relacionable con el terreno, es decir, pueda ser georreferenciado, son precisos unos puntos de control cuya posición será conocida en sus tres posiciones X, Y, Z.

Es imprescindible elegir como puntos de referencia aquellos que sean claramente identificables en la fotografía, utilizando para ello cruces de caminos o lindes u otros elementos de clara identificación, en este caso se dejó marcas con plástico color azul en el terreno.

Una vez situadas en el terreno, se debe dar posición absoluta a las mismas. Para ello se utilizará como base un punto geodésico de orden **C** y el método de medición con GPS en modo RTK, el cual nos proporciona una precisión en cuanto a la posición por debajo del centímetro.

  
Evaristo R. Polo Díaz  
Ing. Agrónomo  
Reg. CIP: 57507

08/06/2020

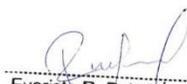
## I. DESCRIPCIÓN DEL TRABAJO

### 2.1 UBICACIÓN GEOGRÁFICA

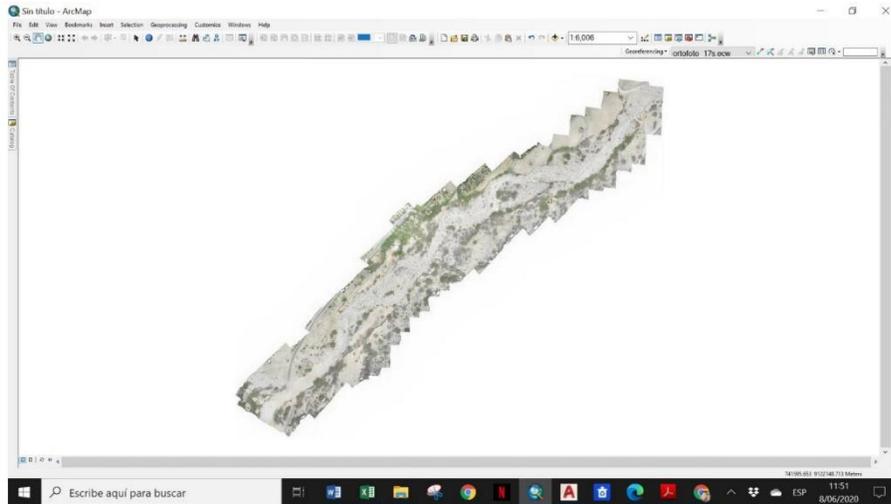
El vuelo está ubicado Distrito de Simbal es uno de los diez distritos de la Provincia de Trujillo, ubicada en el Departamento de La Libertad, bajo la administración del Gobierno regional de La Libertad, en el Perú.



El área levantada fue de 22.60 Ha.

  
Evaristo R. Polo Díaz  
Ing. Agrónomo  
Reg. CIP: 57507

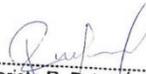
08/06/2020



## 2.2 INTRODUCCIÓN

El drone, es un equipo de navegación autónomo que posee características técnicas particulares para realizar trabajos de todo tipo, se pueden utilizar tanto en el exterior como en el interior de algunos espacios, se le pueden incorporar como carga útil diferentes tipos de sensores ópticos: cámaras de video, cámaras fotográficas de espectro visible, infrarrojo, etc., e incluso otro tipo de sensores. Puede desarrollar diferentes alturas de vuelo (desde 1 m. hasta 500 m.) en vuelos totalmente automáticos programados y controlados de modo remoto o de forma manual mediante un mando de radiocontrol.

En segunda instancia se procede al procesamiento de las imágenes obtenidas con software apropiado como **AGISOFT**, que permiten obtener productos cartográficos tales como: Restituciones para Cartografía digital o impresa, Modelo Digital de Elevaciones (MDE), Ortofotos, y Modelos foto realísticos.

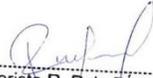
  
Evaristo R. Polo Díaz  
Ing. Agrónomo  
Reg. CIP: 57507

08/06/2020

## 2.3 CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS



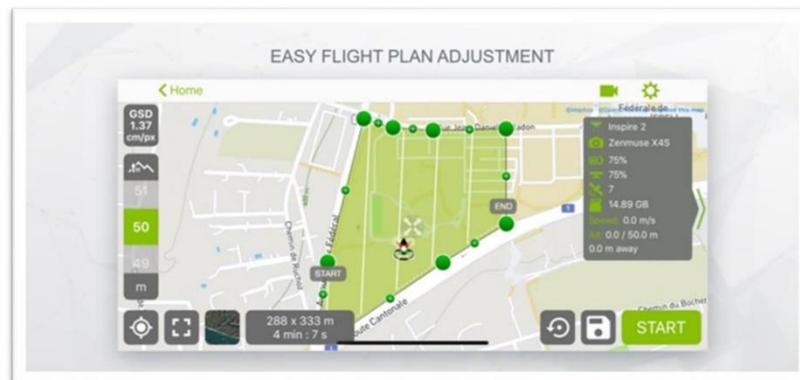
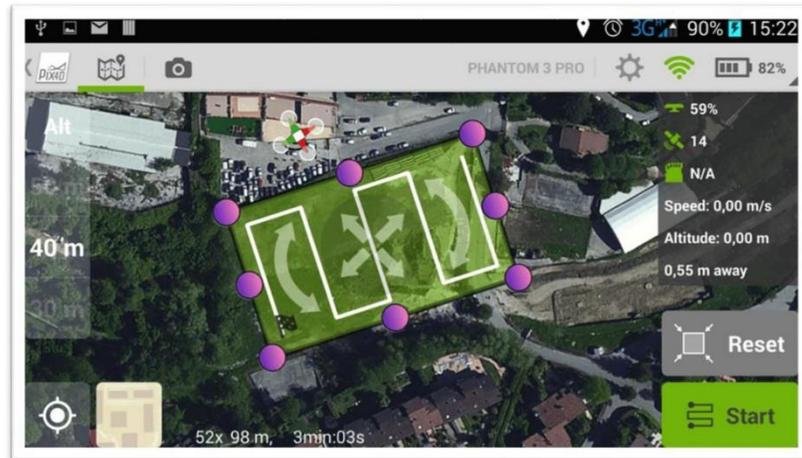
<b>Aircraft</b>		<b>Gimbal</b>	
Weight (Battery & Propellers Included)	1388 g	Stabilization	3-axis (pitch, roll, yaw)
Diagonal Size (Propellers Excluded)	350 mm	Controllable Range	Pitch: -90° to +30°
Max Ascent Speed	S-mode: 6 m/s P-mode: 5 m/s	Max Controllable Angular Speed	Pitch: 90°/s
Max Descent Speed	S-mode: 4 m/s P-mode: 3 m/s	Angular Vibration Range	±0.01°
Max Speed	S-mode: 45 mph (72 kph) A-mode: 36 mph (58 kph) P-mode: 31 mph (50 kph)	<b>Infrared Sensing System</b>	
Max Tilt Angle	S-mode: 42° A-mode: 25° P-mode: 20°	Obstacle Sensory Range	0.6 - 23 feet (0.2 - 7 m)
Max Angular Speed	S-mode: 250°/s A-mode: 150°/s	FOV	70° (Horizontal), ±10° (Vertical)
Max Service Ceiling Above Sea Level	19685 feet (6000 m)	Measuring Frequency	10 Hz
Max Wind Speed Resistance	10 m/s	Operating Environment	Surface with diffuse reflection material, and reflectivity > 8% (such as wall, trees, humans, etc.)
Max Flight Time	Approx. 30 minutes	<b>Remote Controller</b>	
Operating Temperature Range	32° to 104°F (0° to 40°C)	Operating Frequency	2,400 - 2,483 GHz and 5,725 - 5,825 GHz
Satellite Positioning Systems	GPS/GLONASS	Max Transmission Distance	2,400 - 2,483 GHz (Unobstructed, free of interference) FCC: 4.3 mi (7 km) CE: 2.2 mi (3.5 km) SRRC: 2.5 mi (4 km)
Hover Accuracy Range	Vertical: ±0.1 m (with Vision Positioning) ±0.5 m (with GPS Positioning) Horizontal: ±0.3 m (with Vision Positioning) ±1.5 m (with GPS Positioning)	5,725 - 5,825 GHz (Unobstructed, free of interference) FCC: 4.3 mi (7 km) CE: 1.2 mi (2 km) SRRC: 3.1 mi (5 km)	

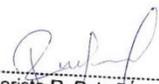
  
**Evaristo R. Polo Díaz**  
 Ing. Agrónomo  
 Reg. CIP: 57507

08/06/2020

## 2.4 PLAN DE VUELO

El plan de vuelo se realizó con software Pix4dCapture, cada misión y sus valores asociados se guardan en la memoria del piloto automático para la realización del vuelo y para su posterior utilización en postproceso. Fotogrametristas Profesionales que trabajan con datos de UAS (de cualquier tipo).



  
Evaristo R. Polo Díaz  
Ing. Agrónomo  
Reg. CIP: 57507

08/06/2020

## 2.5 APOYO TOPOGRÁFICO (GEODESIA)

### RECURSO HUMANO

Para los trabajos de campo se contó con la participación de personal con experiencia en trabajos de Geodesia y Fotogrametría.

#### **Brigada de Campo y Gabinete**

- Una Brigada de geodesia, consta de un operador de GPS diferencial TOPCON GR5.
- Un técnico especializado en procesar la información de campo, colección de equipo digital y planos computarizados.

### RECURSOS MATERIALES

Para la ejecución del trabajo de campo se emplearon los siguientes equipos:

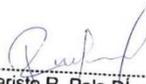
#### - **EQUIPO DE CAMPO**

- Dos (02) GPS diferencial, marca TOPCON GR5 Diferencial.
- Un (01) DRONE, marca PHANTOM 4 PRO V.2.
- Un (01) trípode de aluminio.
- Una (01) wincha de 5m.
- Una (01) cámara digital Fuji Film S1000.

#### - **EQUIPO DE OFICINA**

##### SOFTWARE UTILIZADO

- Software de fotogrametría  
Agisoft PhotoScan.
- Software de post proceso de puntos geodésicos  
Trimble Business Center 3.4.

  
Evaristo R. Polo Díaz  
Ing. Agrónomo  
Reg. CIP: 57507

08/06/2020

### III. METODOLOGÍA DE TRABAJO

El desarrollo de las actividades conducentes al logro de los objetivos del presente proyecto se realizó siguiendo los pasos que a continuación se indican:

#### 3.1 FASE PRELIMINAR DE GABINETE

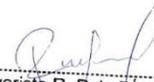
Esta etapa corresponde a los procedimientos de obtención del material cartográfico a utilizar; evaluación y selección de la información cartográfica de las bases de datos existentes. Para el estudio se emplearon:

- Datos cartográficos digitales.
- Datos de Imágenes satelitales.

Además, se realizó la programación del trabajo de campo y tratamiento sistematizado de la información.

#### 3.2 FASE DE CAMPO

Para el desarrollo de las actividades mencionadas se empleó el método de posicionamiento diferencial estático. Este método consiste en el rastreo simultáneo y para ello es indispensable posicionar un (01) receptor GPS en una base cuyas coordenadas ya fueron establecidas, a esta estación se le denominará "Estación Base" (Master) en este caso la del "IGN" LL02 y 01 receptor GPS (al que se le denomina Rover), el cual se ubicará en el punto previamente establecido. El tiempo de rastreo está en función a la distancia del terreno entre la base y el Rover, con la finalidad de conseguir el enlace óptimo de la información que registran los receptores master y rover de los datos emitidos por los satélites en este caso de la constelación NAVSTAR de GPS, teniendo como consideraciones técnicas, 4 satélites como mínimo, máscara de elevación 10°, intervalo de registro 5" y verificación del PDOP. Finalmente, los datos registrados se procesan en gabinete, para ello se empleó el TRIMBLE BUSINESS CENTER 3.4, que tiene dos módulos para el manejo de los datos tomados por los receptores en campo.

  
Evaristo R. Polo Díaz  
Ing. Agrónomo  
Reg. CIP: 57507

08/06/2020

### 3.3 TRATAMIENTO DE DATOS

Terminados los trabajos de campo la información almacenada en los receptores GPS es transferida a una computadora en formato nativo de los equipos TOPCON GR5, en este procedimiento también se configuran los valores de alturas de antena tomadas en campo de forma vertical a alturas definidas al centro de fase según el modelo TOCPON. Los archivos en formato RINEX se importan al software TRIMBLE BUSINESS CENTER 3.4, se verificó la información de campo, los códigos de los puntos, lapsos de tiempo y se define la medición de antena al centro de fase que permite el empleo de diversos tipos de antena. Para el Post-proceso de las líneas base se configuro el proyecto con las características siguientes:

- Datum WGS 84
- Zona UTM 17S
- Modelo Geoidal EGM96
- Se emplearon efemérides precisas en el post-proceso de los vectores formados con las sesiones simultáneas.

## IV. EXPEDIENTE TÉCNICO

A continuación, se describen los resultados generales del establecimiento del punto geodésico.

### 4.1 OBJETIVOS DEL TRABAJO

*El trabajo realizado tiene por finalidad:*

- a) La ubicación de los puntos geodésicos con gran precisión, que sirvan como base para realizar trabajos de campo georreferenciados.
- b) Que los puntos geodésicos se encuentren adecuadamente distribuidos en el área de trabajo.
- c) Los procedimientos de campo deben ser los requeridos para el establecimiento de puntos de Orden C.
- d) Los cálculos de las coordenadas de los puntos se realizan mediante el ajuste de líneas base.

  
Evaristo R. Polo Díaz  
Ing. Agrónomo  
Reg. CIP: 57507

08/06/2020

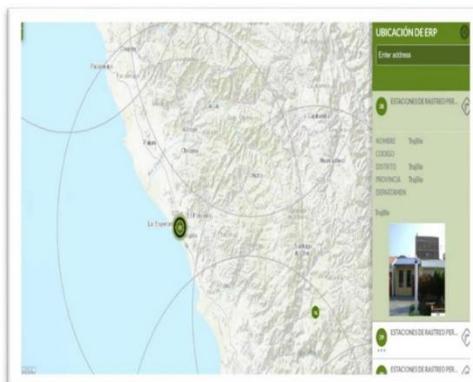
#### 4.2 DESARROLLO DEL TRABAJO EN CAMPO

##### GEODESIA:

Para comenzar el establecimiento de los puntos geodésicos se tomó como base la estación de rastreo permanente del IGN (TRUJILLO LL02 de orden 0).

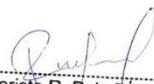
##### COORDENADA UTM DEL PUNTO IGN:

NÚMERO	NORTE	ESTE	ELEVACIÓN	DESCRIPCIÓN
LL02	9104316.9063	716050.2015	55.6855	IGN



El punto geodésico ubicado en el área de trabajo se estableció con marca (varilla de fierro) incrustado en base de concreto, se procedió al posicionamiento de los equipos geodésicos método diferencial estático donde se establecerá su posición.

En campo se monumento y leyó 01 punto de Orden "C", ubicados entre la loma Nororiental del cerro Ancato, margen derecha de la Quebrada Huachhua, "MEC01" y "AUX1".

  
Evaristo R. Polo Díaz  
Ing. Agrónomo  
Reg. CIP: 57507

08/06/2020

### 4.3 DESARROLLO DEL TRABAJO EN GABINETE

#### GEODESIA:

Obtenida la información de campo con los equipos geodésicos, se procedió a la revisión de los puntos obtenidos para su posterior procesamiento, generando la ubicación de los mismos. Con toda la información trabajada y de acuerdo a las necesidades y exigencias del proyecto se han generado:

- Datos de registro del establecimiento de los puntos geodésicos.
- Plano de ubicación de los puntos geodésicos.
- Resultados de los puntos geodésicos.
- Descripción monográfica de los puntos geodésicos.

#### RESULTADOS DE LOS PUNTOS GEODÉSICOS

##### COORDENADAS UTM ZONA 17S WGS-84

NOMBRE	NORTE	ESTE	COTA
AP-01	9121917.616	741018.529	702.3456
AP-02	9122278.120	741434.519	726.7805
AP-03	9122558.024	741821.766	753.3586



08/06/2020

#### 4.4 PUNTOS DE FOTOCONTROL TERRESTRE CON GPS DIFERENCIAL

Para la obtención del levantamiento de detalle, la metodología de observación con GPS en tiempo real, es un método rápido, cómodo y capaz de dar la precisión requerida para el trabajo.

El método de trabajo con GPS en tiempo real se compone de un GPS fijo de referencia y un GPS en movimiento. El receptor fijo lo situamos sobre un punto de la red básica, de coordenadas conocidas calculadas en la fase anterior en el sistema de referencia local. Este vértice se denomina vértice de referencia.

La metodología en tiempo real se basa en el cálculo de ambigüedades en el mismo instante de la toma de datos. Tras poner en funcionamiento el receptor de referencia se ha de esperar a que éste resuelva las ambigüedades antes de proceder a la obtención de datos de los puntos del levantamiento.

Si el número de satélites sobre el horizonte y su geometría es válido, el receptor de referencia fija ambigüedades en pocos minutos. Una vez realizada esta operación el cálculo de coordenadas de los demás puntos será instantáneo.

La comunicación entre el receptor de referencia y los receptores móviles, es posible gracias al sistema de telecomunicaciones utilizado para la transmisión, con un alcance de 6 Km entre ambos receptores. Para evitar problemas de comunicación entre receptores puede elevarse la antena del receptor de referencia lo máximo posible.

El procedimiento para efectuar el levantamiento de detalle con equipos GPS en tiempo real requiere el mismo equipo que para posicionamientos diferenciales, además de sistemas de transmisión de telecomunicaciones.

Las coordenadas de los puntos, se obtienen en el sistema de referencia WGS84. La metodología DIFERENCIAL permite asociar una proyección y un sistema de referencia distinto, podemos obtener las coordenadas de los puntos directamente en la proyección UTM. También podrían obtenerse en cualquier otro sistema de referencia local con respecto al cual se haya realizado la georreferenciación (transformación de sistema de referencia).

Las precisiones obtenidas en las coordenadas del levantamiento dependerán de varios factores (precisión de las coordenadas de la red, precisión de los equipos utilizados, errores accidentales cometidos, etc.). De esta forma, la precisión de los puntos del levantamiento puede llegar a ser del orden de 1-2 cm.

  
Evaristo R. Polo Díaz  
Ing. Agrónomo  
Reg. CIP: 57507

08/06/2020

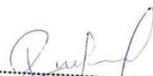
El levantamiento se lleva a cabo por dos operarios con dos receptores, uno de referencia y otro móvil. Uno de los operadores se encarga de la toma de puntos con el receptor móvil, mientras que el otro operario va realizando los croquis de la zona, así como anotando el número de punto y su correspondiente descripción, quedando así definido cualquier tipo de elemento a representar. El receptor fijo sólo necesita vigilancia y control de la batería.

Para el apoyo topográfico se colocan referencias o señales en toda la superficie a fotografiar para la obtención de los puntos de apoyo con coordenadas G.P.S. Estos puntos servirán para transformar el modelo fotogramétrico en modelo del terreno.

Las precisiones de los puntos de apoyo están acordes con la escala del producto. Además de obtener la posición de los puntos sobre el terreno, estos también deben identificarse claramente en las fotografías, para poder establecer una correcta correlación.

A continuación, se muestra cuadros los puntos fotocontrol con sus respectivas coordenadas, y las descripciones monográficas de los puntos de fotocontrol.

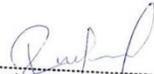


  
Evaristo R. Polo Díaz  
Ing. Agrónomo  
Reg. CIP: 57507

08/06/2020

VUELO FOTOGRAFICO				
VUELO1 Y VUELO2				
NO	NORTE	ESTE	COTA	CODIGO
1	9121894.356	741011.769	703.0234	M5
2	9122256.876	741446.355	702.3566	M4
3	9122542.624	741833.656	700.0949	M3
4	9122560.318	741832.813	706.5492	M1
5	9122400.953	741547.896	720.3559	M6
6	9122201.214	741311.882	717.4569	M2
7	9122160.842	741252.347	728.0095	M7
8	9121866.666	740970.989	739.0584	M8

En los cuadros siguientes se muestra las descripciones monográficas correspondientes a los puntos de fotocontrol, lecturados con receptores GNSS-GPS diferenciales de doble frecuencia, usando la técnica de Levantamiento Cinemático en Tiempo Real.

  
 Evaristo R. Polo Díaz  
 Ing. Agrónomo  
 Reg. CIP: 57507

08/06/2020

## EQUIPO UTILIZADO EN LOS PUNTOS:

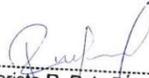
### 4.5 TOMA FOTOGRÁFICA



GR-5 CON ESPECIFICACIONES VANGUARD	
<b>GNSS</b>	
Señales de oruga	GPS, GLONASS, QZSS, SBAS, Galileo <sup>®</sup> y BeiDou (BDS) <sup>+</sup>
Número de canales	226-Channel Vanguard Technology <sup>™</sup> con Universal Canales Seguimiento
Tipo de la antena	Valia Integrated Antenna <sup>™</sup> con plano de tierra
<b>Precisión</b>	
RTK	H: 10 mm + 1.0 ppm V: 15 mm + 1.0 ppm
Estático	H: 3 mm + 0.5 ppm V: 5mm + 0.5ppm
<b>Comunicación</b>	
Opcional Radio Tipo	Integrado UHF TX / RX, o Spread Spectrum 915MHz
Radio Base de salida	1.0W, seleccionable por el usuario
Comunicaciones Celulares	Integrado HSPA o CDMA (opcional)
E / S Comunicaciones	2 Clase Bluetooth <sup>®</sup> USB y Serial
<b>Los datos y la memoria</b>	
Memoria	SD extraíble / SDHC tarjeta de memoria (hasta 32 GB)
Actualización de Datos / Velocidad de salida	1 Hz - 100 Hz seleccionable
Real de salida de datos en tiempo	TPS, RTCM SC104, CMR, CMR +
Salida ASCII	NMEA 0183 versión 2 y 3.0
<b>Ambiental</b>	
Recinto	Magnesio I-Beam Vivienda
Temperatura de funcionamiento	-22 ° F a 158 ° F (-30 ° C a +70 ° C **)
Protección agua / suciedad	IP66
Choque Puntuación	2m caída de poste para hombrón IEC 60068-2-29, IEC 60068-2-27
Vibración Puntuación	El cumplimiento de la norma MIL-STD 810F - 514.5 - Cal.24

Las imágenes se obtienen según el plan de vuelo planificado, entonces se registra una imagen en cada punto waypoint programado. Mientras esto ocurre se puede visualizar en tiempo real toda la información de telemetría, estado del dispositivo y posición del mismo, así como también se puede hacer un seguimiento en tiempo real del dron a través de la cámara de video que lleva a bordo.

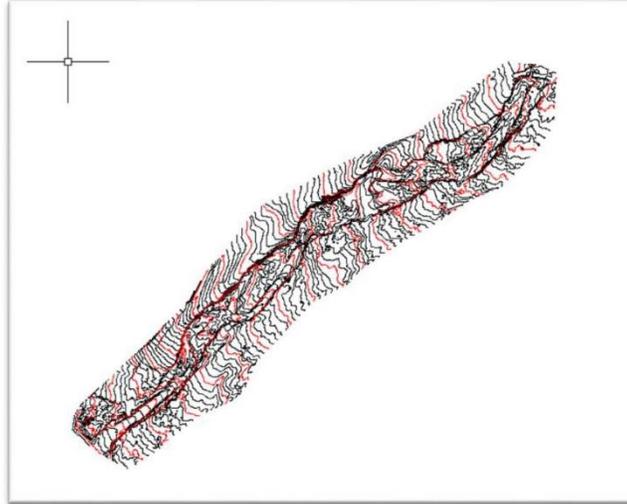
Las imágenes se guardan en la memoria de almacenamiento de la cámara y tras finalizar el vuelo se realizará en gabinete la descarga de datos de telemetría de vuelo e imágenes para el posterior procesamiento de dicha información asociando los datos de vuelo al momento de toma de cada imagen.

  
Evaristo R. Polo Díaz  
Ing. Agrónomo<sup>1</sup>  
Reg. CIP: 57507

08/06/2020

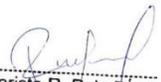
#### IV.- RESULTADOS DEL LEVANTAMIENTO FOTOGRAMETRICO

CURVAS DE NIVEL: ( DISTRIBUIDOS CADA 1m.)



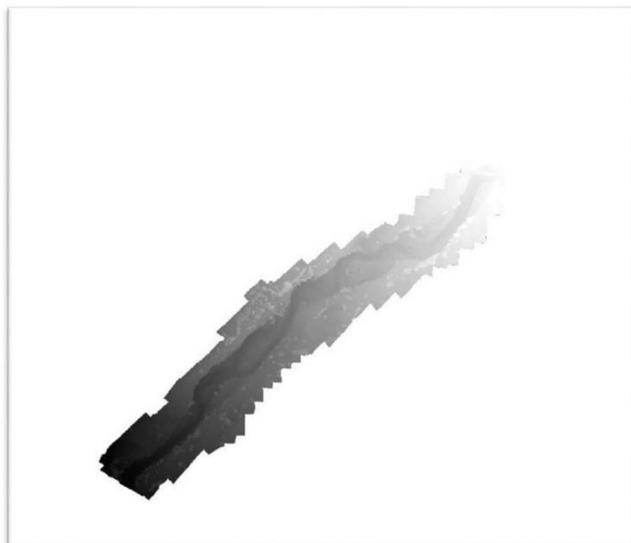
ORTOFOTO DE LA CUENCA DEL RIO:



  
Evaristo R. Polo Díaz  
Ing. Agrónomo  
Reg. CIP: 57507

08/06/2020

**MODELO DIGITAL DE SUPERFICIE:**



  
Evaristo R. Polo Díaz  
Ing. Agrónomo  
Reg. CIP: 57507

08/06/2020

**ANEXO 5: ESTUDIO DE MECÁNICA DE SUELOS DE DONDE SE RECOPILO DATOS PARA NUESTRO PROYECTO DE INVESTIGACIÓN**



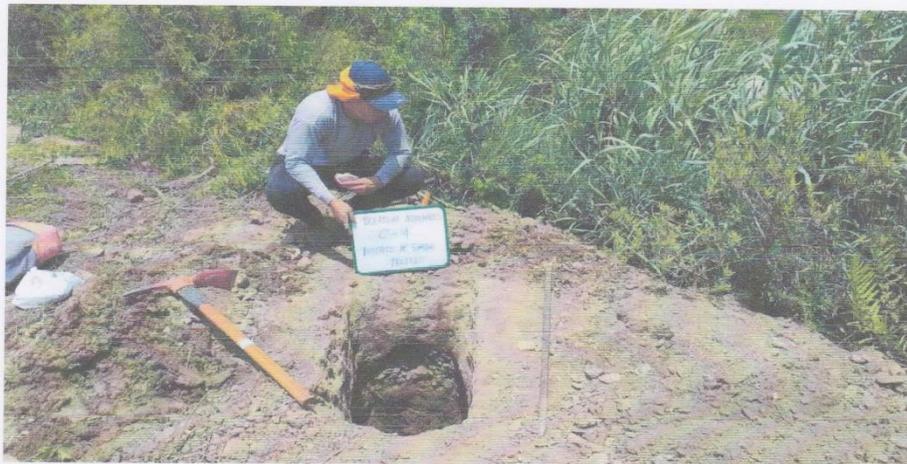
Demetrio Carranza Peña  
INGENIERO CIVIL  
C.I.P. N° 191809

**INFORME TECNICO**

**ESTUDIO DE SUELOS CON FINES DE IDENTIFICACION**

**PROYECTO**

**“REHABILITACION DE LA BOCATOMA ALFALFAREZ DEL DISTRITO DE SIMBAL PROVINCIA DE TRUJILLO”**



**SOLICITANTE:** MANUEL ALAYO PAREDEZ

**UBICACIÓN:**

**DISTRITO** : SIMBAL

**PROVINCIA** : TRUJILLO

**DEPARTAMENTO:** LA LIBERTAD

**SETIEMBRE 2019**



*Demetrio Carranza Peña*  
DEMETRIO CARRANZA PEÑA  
ING CIVIL CIP N° 191809  
Especialista en Geotecnia

## INDICE

- 1.- GENERALIDADES
  - 1.1 Objetivo del Estudio
  - 1.2 Normatividad
  - 1.3 Alcances.
  - 1.4 Ubicación
  - 1.5 Topografía
2. GEOLOGIA Y SISMICIDAD
  - 2.1 Geología regional
  - 2.2 Sismicidad
- 3.- INVESTIGACIONES DE CAMPO
- 4.- ANALISIS DE LAS CONDICIONES DE LA CIMENTACION
  - 4.1 Tipos y profundidad del sistema de cimentación
  - 4.2 Calculo y análisis de la capacidad de carga admisible
  - 4.3 Calculo del asentamiento
- 5.- AGRESIVIDAD DE SUELO
- 6.- CONDICIONES GEOTECNICAS ESPECIALES
- 7.- CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES
- 8.- ANEXOS



  
-----  
DEMETRIO CARRANZA PEÑA  
ING CIVIL CIP N° 191809  
Especialista en Geotecnia

## 1.0 GENERALIDADES

El presente trabajo (EMS) se ha realizado dentro del marco temático desarrollado desde el RNE- 050 (Suelos y Cimentaciones), RNE-030 (Diseño Sismoresistente), la literatura técnica especializada y la práctica permanente de la Ingeniería Civil-Geotécnica-Sísmica. El área tiene unos patrones geomorfológicos consistentes en suelos aluviales sedimentarios, finos arcillosos limosos, de compresibilidad alta, por debajo este material continuo.

Se determinó una zona geotécnica correspondiente al área donde se construirá las estructuras proyectadas, usaremos los datos del perfil crítico como representativo, dentro de los alcances habituales en la Ingeniería Geotécnica descritos en el acápite 1.30.

A fin de evaluar la distribución de esfuerzos en profundidad, se ha considerado inicialmente el análisis de cimentaciones superficiales, el sistema será concordante con las condiciones estructurales y geotécnicas evaluadas así como de la sismicidad regional. Se realizaron dos (02) excavaciones (calicatas a cielo abierto).

El NT= 0.00, Nivel del Terreno actual, es el nivel de referencia provisional para los perfiles. Ello se ha considerado para definir las presiones geostáticas actuales, si se encontró el (NF) indicado en el acápite 3.30.

En laboratorio se realizaron ensayos para clasificación de los suelos, definición de los parámetros de resistencia al corte, cálculos, diseños, gráficos y procesamiento de textos.

### 1.10 Objetivos

Se trata de evaluar las condiciones geotécnicas del macizo de suelos que soportará a las estructuras del proyecto "REHABILITACION DE LA BOCATOMA ALFALFAREZ DEL DISTRITO DE SIMBAL PROVINCIA DE TRUJILLO". Las estructuras actuantes serán de concreto, zapatas continuas o losas de cimentación superficiales.



DEMETRIO CARRANZA PEÑA  
ING CIVIL CIP N° 191809  
Especialista en Geotecnia

### 1.20 Normatividad

Los estudios se han realizado dentro del marco estipulado por RNE, NTE-050-Suelos y Cimentaciones, NTE-030 -Diseño Sismoresistente, NTE-060-Concreto, la literatura técnica concerniente y la práctica cotidiana de la Ingeniería Geotécnica-Sísmica.

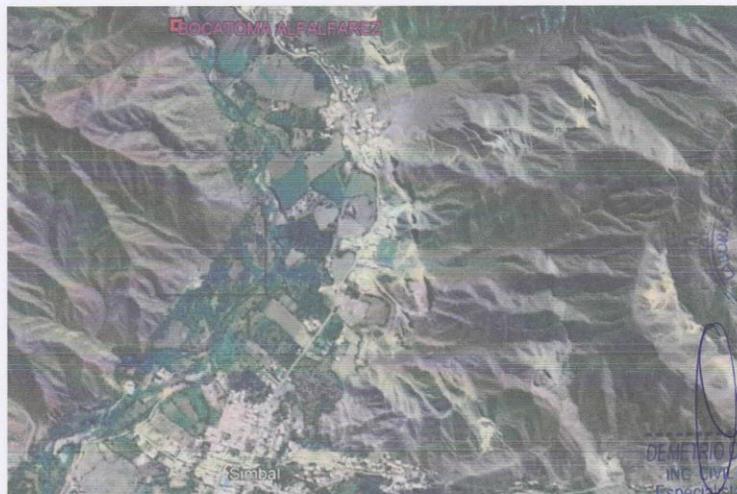
Se han usado métodos directos de campo (calicatas), así como un reconocimiento geotécnico de zonas adyacentes, para definir el rango de variación de las exploraciones y poder usar el perfil crítico según los procedimientos normales de la Ingeniería Geotécnica.

### 1.30 Alcances

Las particularidades de los datos requeridos para los estudios de mecánica de suelos en un área determinada son una entidad probabilística y que como en todo sistema físico natural-en este caso de partículas discretas-presentan una variabilidad horizontal y vertical en sus propiedades incluso en zonas definidas como homogéneas y adyacentes. Los parámetros calculados podrán variar dentro de determinados rangos, lo cual es manejado a criterio del Consultor. Podrían por tanto, manejarse otros criterios. En todo caso, éste deberá ser informado.

### 1.40 Ubicación

El área del proyecto se localiza en el sector Bello Horizonte, Distrito de Laredo, Provincia de Trujillo, Departamento La Libertad, en el sistema UTM GWS 84 zona sur- presenta las siguientes coordenadas 740825.00 Este y 9119409.00 Norte



### 1.50 Topografía

El relieve de la zona es accidentada a ondulada, se encuentra rodeada por cerros, presenta una elevación aproximada de 616 msnm (fuente: Google Earth).

## 2.00 GEOLOGIA Y SISMICIDAD

### 2.10 Geología Regional

presenta una variedad de unidades geomorfológicas, cuya identificación y conocimiento constituyen requisitos indispensables para el uso prudente del medio, para garantizar la estabilidad de las obras de ingeniería, para la prevención y mitigación de los efectos de los desastres naturales.

Faja Litoral, comprende las terrazas escalonadas llamadas terrazas aluvionales que han sido cortadas por la erosión marina (desgaste con transporte) formando acantilados costeros. Entre la desembocadura del Río Moche y el Puerto de Salaverry, se aprecia la acumulación de fragmentos compuestos de arena, grava y conchas acarreadas por los mares y ríos llamados cordones litorales

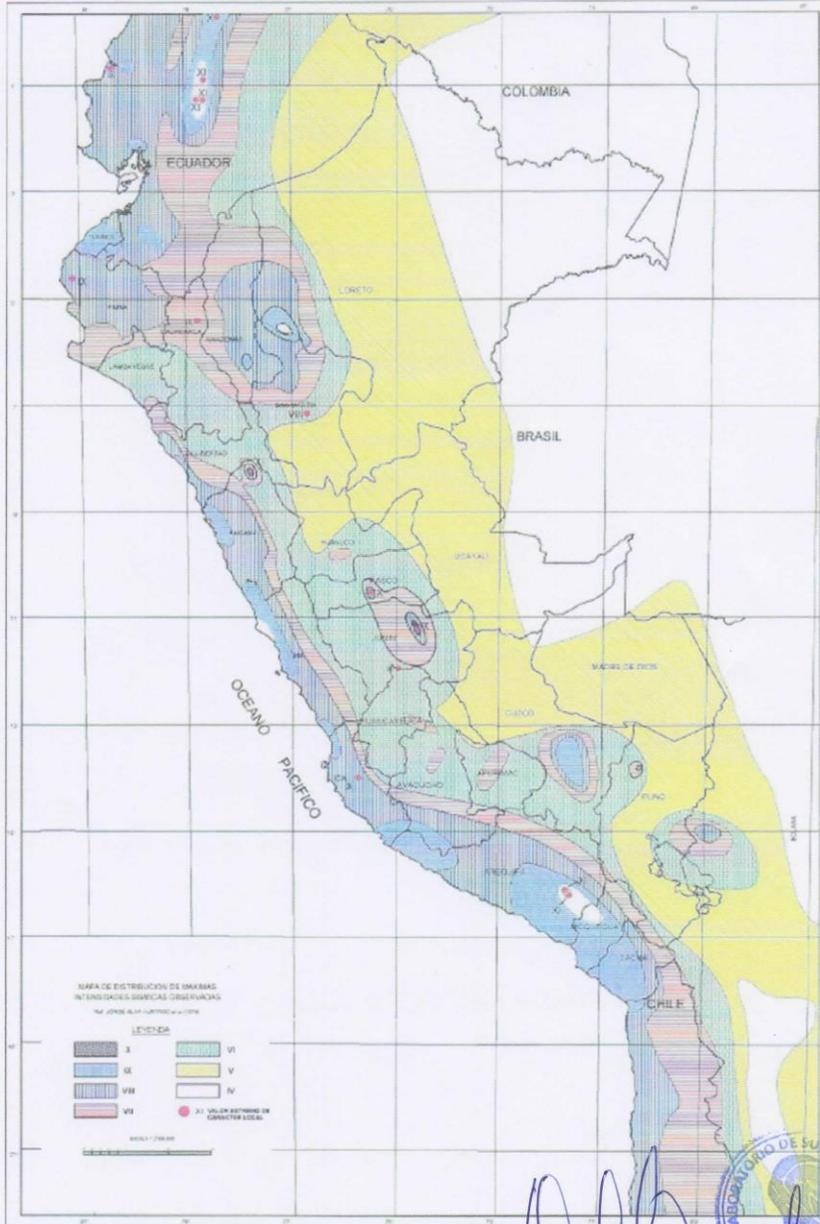
### 2.20 Sismicidad

En la zona de estudio es posible la ocurrencia de sismos de intensidad de VI a VIII grados en la escala de Mercalli Modificada. El Mapa N° 01 presenta el Mapa de Distribución de Máximas Intensidades Sísmicas observadas en el Perú realizado por Alva Hurtado et al (1984), el cual se basó en mapas de isosistas de sismos peruanos y datos de intensidades puntuales de sismos históricos y recientes.

El sector bello horizonte, Distrito de Laredo se encuentra comprendido en la Zona 4 en la Zonificación Sísmica del Perú con un factor de zona= 0.45; los parámetros geotécnicos corresponden a un suelo de perfil tipo S3, con período predominante de  $T_p = 1.0s$  y factor de suelo  $S = 1.10$  para ser usado en las Normas de Diseño Sismo-Resistente. El Mapa N° 02 presenta el mapa de Zonificación Sísmica del Perú (Norma E-030.2016 de Diseño Sismorresistente).



DEMETRIO CARRANZA PEÑA  
ING CIVIL CIP N° 191809  
Especialista en Geotecnia

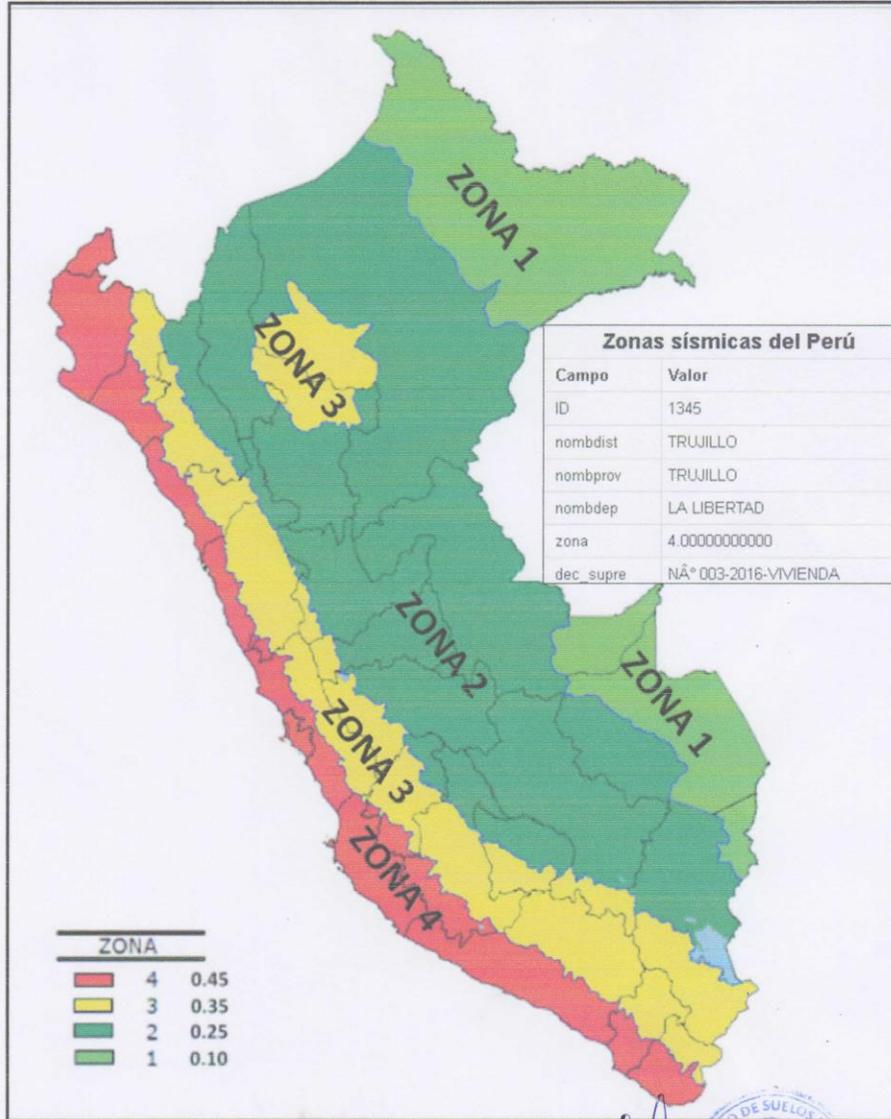


Mapa 01 de intensidades sísmicas a nivel nacional  
 Fuente: CISMID/FIC-UNI

*Demetrio Carranza Peña*  
 DEMETRIO CARRANZA PEÑA  
 ING CIVIL CIP N° 191809  
 Especialista en Geotecnia



**MAPA DE ZONIFICACION SISMICA**



Mapa 02: Zonificación Sísmica del Perú  
 Fuente: Norma E030

*[Handwritten Signature]*  
 DEMETRIO CARRANZA PEÑA  
 ING CIVIL CIP N° 191809  
 Especialista en Geotecnia

*[Circular Stamp: LABORATORIO DE SUELOS Y CONCRETOS GEOCONS S.R.L.]*

## 2.21 Licuefacción Potencial

Los suelos no presentan las condiciones para que se produzca el fenómeno de licuación.

## 3.00 INVESTIGACION DE CAMPO

Para la investigación de campo se utilizaron las siguientes técnicas:

### a) Calicatas o Excavaciones a Cielo Abierto

Se ejecutó una calicata o excavación a cielo abierto, alcanzando una profundidad descrita en el cuadro 1.0.

Cuadro N° 1.0  
Resumen de calicatas

Calicatas	Profundidad (m)	Nivel Freático (m)	N° de Muestras Alteradas	Ubicación
C - 1	1.50	SA	1	Ver plano ubicación
C - 2	0.60	SA	1	Ver plano ubicación

S.A.: Si alcanzado  
Fuente: Propia

### b) Muestras Alteradas

Se tomaron muestras alteradas de cada uno de los tipos de suelos encontrados, en cantidad suficiente y debidamente protegidas las que fueron enviadas al laboratorio para realizar los ensayos de clasificación y el análisis químico.

### c) Registro de Excavaciones

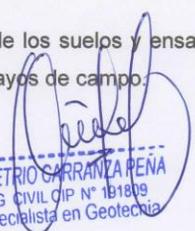
Paralelamente al muestreo se efectuó el registro de excavaciones, anotándose las principales características de los estratos encontrados, tales como: clasificación, compacidad, consistencia, color, humedad, espesor, etc. En Anexos se muestran los perfiles estratigráficos.

## 3.10 Ensayos de Laboratorio

Se han requerido ensayos de caracterización de los suelos y ensayos mecánicos que permitieron encontrar correlaciones con los ensayos de campo.

Ensayos en Laboratorio de Suelos:

- % humedad natural, NTP-339-127.
- % de finos, NTP-339-128.
- Análisis granulométrico por tamizado en los suelos con más del 50% retenido en el tamiz N°200. NTP-339-128.

  
DEMETRIO CARRANZA PEÑA  
ING CIVIL CIP N° 191809  
Especialista en Geotecnia



- Límites de consistencia (LL y LP) NTP-339-129.

Análisis químico:

- Determinación del Contenido de Sales Solubles Totales, ASTM D -1884
- Determinación del Contenido de Sulfatos, ASTM D-516
- Determinación del Contenido de Cloruros, ASTM D-512

### 3.20 Perfiles Estratigráfico -Geotécnicos

La cota de referencia provisional, para las siguientes descripciones, es el nivel del terreno 0.00m en boca de las excavaciones y sondajes.

En forma general, bajo el NT se encuentran superficialmente una capa de relleno orgánico de 50 cm de espesor luego vienen material aglomerado de 70 cm de espesor, seguidamente da paso a una arcilla limosa (SC-SM) muy densa, se encontró un suelo de TM 3/8", compacto.

Los Cuadros N° 03, 04 se presentan el resumen de resultados de ensayos realizados en laboratorio:

**Resumen de ensayos – Clasificación de suelos**  
Cuadro N° 3.0

Sondaje / calicata	Muestra	Profundidad (m)	Granulometría (%)			Límites (%)			C.H. (%)	Clasificación SUCS
			Grava	Arena	Finos	L.L	L.P.	I.P.		
C-1	M-2	0.70 – 1.30	34.8	55.4	9.8	23.15	17.81	5.34	27.8	SC-SM
C-2	M-3	0.30 – 0.50	11.4	79.7	8.9	55.69	50.87	4.82	45.2	SP-SM

L.L: Límite líquido

L.P: Límite plástico

Profundidad: Se refiere a la profundidad de la muestra extraída (ver perfiles estratigráficos)

Fuente: Propia

**Resumen de ensayos - Químicos**  
Cuadro N° 4.0

Calicata	Muestra	Profundidad(m)	SST ppm	Cloruros ppm	Sulfatos ppm
C-1	M-2	1.20 – 2.00	150.00	612.11	1236.45
C-2	M-3	2.70 – 4.40	360.00	382.67	1562.69

Fuente: Propia

Presencia en el suelo de:	ppm	Grado de Alteración	Observaciones
SULFATOS	0 - 1000	Leve	Como se indica en el cuadro anterior se verifica que la cantidad de sulfatos es moderado por lo que se tendría en consideración un cemento TIPO MS
	1000 - 2000	Moderado	
	2000 – 20,000	Severo	
	> 20,000	Muy Severo	

DEMETRIO CARRANZA PEÑA  
ING. CIVIL CIP N° 191809  
Especialista en Geotecnia

CLORUROS	> 6,000	Perjudicial	La cantidad de presencia de cloruros existe en pocas cantidades por lo que se encuentra dentro de lo permitido
SALES SOLUBLES	> 15,000	Perjudicial	La cantidad de presencia de sales solubles totales existe en pocas cantidades por lo que se encuentra dentro de lo permitido

### 3.30 Nivel Freático

El NF se ha encontrado a 1.30 y 0.30 m. de profundidad excavado en la calicata C-01 y C-02.

## 4.00 ANALISIS DE LAS CONDICIONES DE CIMENTACION DE ESTRUCTURAS

### 4.10 Tipo y Profundidad del Sistema de Cimentación

Se consideran un sistema de cimentación superficial en base a zapatas o una platea o losa de cimentación de concreto armado de comportamiento estructural rígido, cimentados a una profundidad de 1.50m por debajo del último nivel de piso terminado, sobre el suelo arcilloso-limoso presente.

En caso encontrar un suelo distinto, ya sean las arcillas CH, éste se deberá reemplazar por un material de préstamo tipo sub-base y deberá ser compactado por capas de 0.20 cm hasta lograr un 90% de su densidad máxima obtenida del ensayo de Proctor Modificado, o también podrá utilizarse una falsa zapata de  $f_c=80\text{Kg/cm}^2+\text{PM}$ .

### 4.20 Cálculo y Análisis de la Capacidad de Carga Admisible

#### 4.21 Cimentaciones Superficiales

Se ha determinado la capacidad admisible de carga del terreno basándose en las características de resistencia del subsuelo, considerando las propiedades de la matriz arcillosa en el suelo limoso-arcilloso. La capacidad de carga de cimentaciones profundas se ha determinado en base a la fórmula de Terzaghi y Peck (1967) con los parámetros de Vesic (1973).

Capacidad de carga por Corte  
Cuadro N° 5.0

Calicata	Df (m)	$\gamma$ (g/cm <sup>3</sup> )	Cohesión (kg/cm <sup>2</sup> )	$\phi$ (°)	E (kg/cm <sup>2</sup> )
C - 1	1.4	1.658	0.13	18.3	203.01

Fuente: Propia



DEMETRIO CARRANZA PEÑA  
ING CIVIL CIP N° 191809  
Especialista en Geotecnia

SOLICITANTE **MANUEL ALAYO PEREZ**

PROYECTO "REHABILITACION DE LA BOCATOMA ALFALFAREZ DEL DISTRITO DE SIMBAL PROVINCIA DE TRUJILLO"

UBICACIÓN **BOCATOMA ALFALFAREZ**

FECHA **22/09/2019**

MUESTRA **SC-SM**

Calicata **C-1 / M-1**

Prof.(m) **0.70 - 1.30**

**CAPACIDAD ADMISIBLE SOBRE EL NIVEL FREÁTICO**

Según TERZAGUI Y PECK (1967):

$$Q_{ult} = S_c * c * N_c + 0,5 * S_\gamma * \gamma * B * N_\gamma + S_q * q * N_q$$

$$q_{adm} = Q_{ult} / FS$$

Calculo de Asentamientos:

$$S_i = \frac{B (1 - \nu^2)}{E_s} I_f$$

$E_s$

Parámetros de cálculo	
Angulo de Friccion interna $\phi$	18.3
Cohesión (kg/cm <sup>2</sup> ) c'	0.13
Densidad de suelo Natural	1.658
Densidad seca de suelo	1.658
Humedad del Suelo (%)	27.8
Factor de Seguridad	3

DATOS DE ASENTAMIENTO:

q :	Variable	ton/m <sup>2</sup>
$\nu$ :	0.30	
$I_f$ :	197.0	cm/m
$E_s$ :	203.21	kg/cm <sup>2</sup>

Coef. de empuje de tierras	
ka	= 0.522
Kp	= 1.92
ko	= 0.69

FACTORES DE CAPACIDAD DE CARGA (vesic)				FACTORES DE FORMA			
				Corrid.	Cuad.	Rect.	
$N_c =$	13.35	$N_q/N_c =$	0.41	$S_c =$	1	1.41	1.19
$N_q =$	5.41	$\tan \phi =$	0.33	$S_q =$	1	1.33	1.16
$N_\gamma =$	4.24			$S_\gamma =$	1	0.60	0.81

**Cimentacion Corrida:**

Ancho de Ciment.	Larg. Ciment.	Desplante	Qu	Qad
B (m)	L (m)	Df (m)	t/m <sup>2</sup>	kg/cm <sup>2</sup>
0.80		0.50	9.04	<b>0.30</b>
0.80		0.70	10.83	<b>0.36</b>
0.80		1.00	13.52	<b>0.45</b>
0.80		1.20	15.32	<b>0.51</b>

**Cimentacion Cuadrada:**

Ancho de Ciment.	Larg. Ciment.	Desplante	Qu	Qad
B (m)	L (m)	Df (m)	t/m <sup>2</sup>	kg/cm <sup>2</sup>
1.60	1.60	1.20	20.15	<b>0.67</b>
1.60	1.60	1.40	22.54	<b>0.75</b>
1.60	1.60	1.50	23.73	<b>0.79</b>
1.60	1.60	1.60	24.93	<b>0.83</b>



DEMETRIO CARRANZA PEÑA  
ING CIVIL CIP N° 191809  
Especialista en Geotecnia

#### 4.30 Cálculo de Asentamientos

Para el análisis de cimentaciones tenemos los llamados Asentamientos Totales y los Asentamientos Diferenciales, de los cuales los asentamientos diferenciales son los que podrían comprometer la seguridad de la estructura si sobrepasa 2.50 cm (edificaciones), que es el asentamiento máximo para estructuras convencionales.

El asentamiento de la cimentación se calculará en base a la teoría de la elasticidad (Lambe y Whitman, 1964). Se asume que el esfuerzo neto transmitido es uniforme en ambos casos. El asentamiento elástico inicial será:

ASENTAMIENTO			
Presion por carga admisible	$Q_{adm.}$	=	0.75 Kg/cm <sup>2</sup>
Relacion de Poisson	$\mu$	=	0.25
Modulo de elasticidad	$E_s$	=	203.21 Kg/cm <sup>2</sup>
Asentamiento permisible	$S_i(max.)$	=	2.54 cm
Ancho de la cimentacion	$B$	=	1.60 m
Factor de forma	$I_f$	=	1.83
$S_i = \frac{q B (1 - \mu^2)}{E_s} I_f$			
Asentamiento	$S_i$	=	1.03 cm
Asentamiento	$S_i$	=	0.010 m
Presion por carga	$Q_{adm.}$	=	0.75 Kg/cm <sup>2</sup> $S_i = 1.03 \text{ cm OK}$

Las propiedades elásticas del suelo de cimentación fueron asumidas a partir de tablas (Dr. Ing. Jorge e. Alva Hurtado) publicadas con valores para el tipo de suelo existente donde irá desplantada la cimentación. Los cálculos de asentamiento se han realizado considerando cimentación rígida; se considera además que los esfuerzos transmitidos son iguales a la capacidad admisible de carga.

Por tanto, se tiene que:

1.03 cm < 2.50 cm.....OK

#### 5.00 AGRESIVIDAD DEL SUELO

En base al análisis químico realizado con las muestras de suelo (Cuadro N°04) se concluye que el concreto se encontrará bajo una exposición moderada a sulfatos, por lo que el cemento a utilizar requiere características especiales. Así mismo, la presencia de

  
DEMETRIO CARRANZA PEÑA  
ING CIVIL CIP N° 191809  
Especialista en Geotecnia



cloruros sales solubles totales ocasionara problemas de corrosión o perdida de resistencia.

## 6.00 CONDICIONES GEOTECNICAS ESPECIALES

### 6.10 Suelos Expansivos

En la Tabla propuesta por Holtz y Gibbs {1956} y tomando en cuenta los valores del Índice Plástico (IP) se observa que la zona en estudio presenta un potencial de expansión bajo.

Tabla N°09

#### Estimation of Potential Volume Changes of Clays (After Holtz And Gibbs 1956)

Data from index tests

Colloid content % finer than 0.001 mm	PI	SL	Probable expansion % total volume change*	Potential for expansion
> 28	> 35	< 11	> 30	Very high
20-31	25-41	7-12	20-30	High
13-23	15-28	10-16	10-30	Medium
< 15	< 18	> 15	< 10	Low

\* Based on a loading of 6.9 kN/m<sup>2</sup> (1lb/in<sup>2</sup>)

De acuerdo a la propuesta de Chen (1988) y tomando en cuenta los valores del Límite Líquido (LL) el grado de expansión de la zona en estudio va de medio a bajo, presentando un porcentaje de cambio de volumen probable menor a 10 %

Tabla N°10

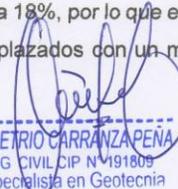
#### Estimating Probable Swelling Pressure (After Chen, 1988)

Laboratory and field data

Percentage Passing 75 µm sieve	Liquid limit, (%)	Standard penetration resistance, blows/300mm	Probable expansion percent total volume change	Swelling pressure (kN/m <sup>2</sup> )	Degree Of expansion
> 35	> 60	> 30	> 10	> 1000	Very high
60-95	40-60	20-30	3-10	250-1000	High
30-60	30-40	10-20	1-5	150-250	Medium
< 30	< 30	> 10	< 1	< 50	Low



Los suelos arcillosos, tienen un LL menor a 60% y IP menor a 18%, por lo que el potencial de expansión es bajo, estos suelos no requieren ser reemplazados con un material de préstamo.

  
DEMETRIO CARRANZA PEÑA  
ING. CIVIL CIP N° 191809  
Especialista en Geotecnia

## 6.20 Sostenimiento de Excavaciones

Se deberá diseñar el soporte del talud de excavación y los empujes del terreno sobre las zapatas que se colocaran sobre los pilotes, y en base a las propiedades mecánicas del subsuelo, que se proponen como  $c' = 0.13 \text{ Kg/cm}^2$ ,  $\theta = 18.3^\circ$ , luego los coeficientes de empuje activo ( $K_a$ ) y pasivo ( $K_p$ ) son:

Coef. de empuje de tierras		
$K_a$	=	0.522
$K_p$	=	1.92
$K_o$	=	0.69

## 7.00 CONCLUSIONES Y RECOMEDACIONES:

1. El nivel de profundidad de la cimentación recomendada es 1.4 m. como mínimo contados desde el nivel de terreno natural, el proyectista podrá elegir menor distancia de acuerdo a su análisis estático dinámico.
2. Los valores obtenidos para la capacidad de carga admisible para el diseño del pilote se muestran en el cuadro de diseño, se recomienda para fines cálculo Capacidad Portante del Suelo de  $0.75 \text{ kg/cm}^2$ .
3. En los sectores donde se apruebe utilizar los rellenos controlados, se deberán compactar estos materiales hasta alcanzar una densidad mayor al 95% de la máxima obtenida en el ensayo Próctor Modificado en un espesor como máximo de 0.20 m
4. Considerando el módulo de elasticidad del suelo de  $2000 \text{ Tn/cm}^2$  y relación de Poisson de 0.25, según la teoría de elasticidad (Lambe y Whitman, 1964), para el tipo de pilote de concreto se estima un asentamiento máximo de 1.03 cm, inferior a lo permisible que es 2.54cm (1"), según la Norma E.050, entonces no se presentarán problemas por asentamiento.
5. Como coeficiente de presión lateral se usará el valor  $K_a = 0.552$  (según Meyerhof), para la consideración de la fuerza lateral.
6. Se recomienda usar encofrados para el entibamiento de las paredes en alturas mayores de 2.00 m.



*Demetrio Carranza Peña*  
DEMETRIO CARRANZA PEÑA  
ING CIVIL CIP N° 191809  
Especialista en Geotecnia

7. Los parámetros de resistencia del material involucrado en la determinación de la capacidad admisible, es decir, el ángulo de fricción interna ( $\phi$ ) y la Cohesión ( $c$ ), han sido determinados por ensayo triaxial y las correlaciones con base en curvas granulométricas y propiedades índices de los suelos
8. El sub suelo predominante está conformado por material SC-SM.- ARENA ARCILLOSA LIMOSA
9. se detectó la presencia del nivel de aguas freáticas en la zona de estudio en alturas variables.
10. De acuerdo con la nueva norma de edificaciones E-030 el diseño Sismo-resistente y el predominio del suelo bajo la cimentación, se recomienda adoptar en los análisis sismo-resistentes, los siguientes parámetros.

FACTOR	VALOR	OBSERVACIONES
Factor de Zona	0.45	Zona 4
Factor de Uso	1.10	U
Factor de Suelos	1.00	S3 Suelo blandos
Periodo de Vibración del Suelo ( $T_p$ )	1.10	----

11. Se concluye que el estrato de suelo que forma parte del contorno donde irá desplantada la cimentación contiene concentraciones moderadas de sulfatos, que perjudicaran al concreto y la armadura de la cimentación. Por lo tanto, usar de Cemento Portland Tipo MS.
12. Los resultados de este estudio se aplican exclusivamente al área estudiada, no se pueden utilizar en otros sectores o para otros fines.




DEMETRIO CARRANZA PEÑA  
ING CIVIL CIP N° 191809  
Especialista en Geotecnia

#### REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- Norma E-050, Suelos y Cimentaciones.
- Norma E-030, Diseño Sismoresistente
- Norma E-060 Concreto Armado
- Karl Terzaghi / Ralph B. Peck Mecanica de Suelos, Practica. Segunda Edición 1973.
- Jesus Ayuso M. Cimentaciones y estructuras de contención 2010
- Rico – Castillo / La Ingeniería de Suelos, Vol 1 y 2. 1 edicion 1998
- Peck/Hanson/ Thornburn: Ingeniería de Cimentaciones
- Roy Whitlow / Fundamentos de Mecánica de Suelos. 1 edición 2000
- Manuel Delgado Vargas / Ingeniería de Cimentaciones/ 2da edición 1999
- Peter L. Berry / Mecánica de Suelos/ 1998
- Juarez Badillo - Rico Rodriguez : Mecánica de Suelos, Tomos I,II.
- Ing. Carlos Crespo : Mecánica de suelos y Cimentaciones
- T. William Lambe / Robert V. Whitman. Primera Edición 1972.
- Roberto Michelena / Mecánica de Suelos Aplicada. Primera Edición 1991
- Alva Hurtado J.E., Meneses J. y Guzmán V. (1984), "Distribución de Máximas Intensidades Sísmicas Observadas en el Perú", V Congreso Nacional de Ingeniería Civil, Tacna, Perú.
- Cimentaciones de Concreto Armado en Edificaciones - ACI American Concrete Institute. Segunda Edición 1998.
- Geotecnia para Ingenieros, Principios Básicos. Alberto J. Martinez Vargas / CONCYTEC 1990.



DEMETRIO CARRANZA PEÑA  
ING CIVIL CIP N° 191809  
Especialista en Geotecnia

### 8.00 ANEXOS

- ENSAYOS DE LABORATORIO
- PAÑEL FOTOGRAFICO



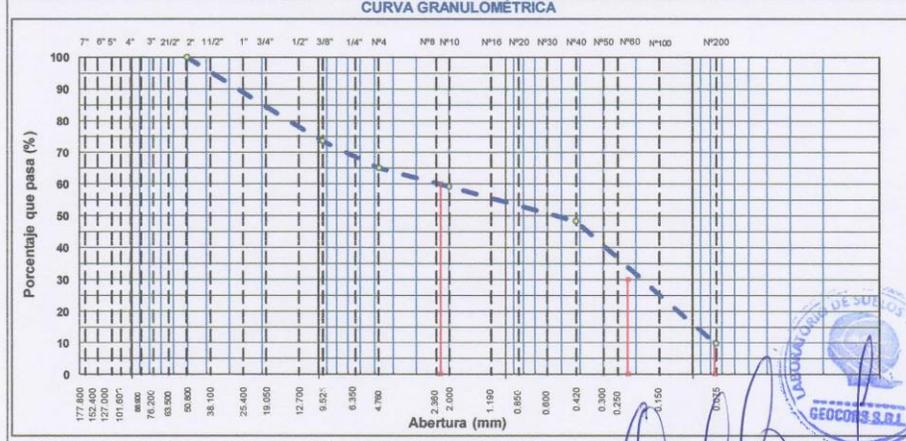
DEMETRIO CARRANZA PEÑA  
ING CIVIL/CIP N° 191809  
Especialista en Geotecnia

**GRANULOMETRIA POR TAMIZADO**  
MTC E 107, E 204 - ASTM D 422 - AASHTO T-11, T-27 Y T-88

SOLICITANTE : MANUEL ALAYO PEREZ	ING° RESP. : Demetrio Carranza Peña
PROYECTO : "REHABILITACION DE LA BOCATOMA ALFALFAREZ DEL DISTRITO DE SIMBAL PROVINCIA DE TRUJILLO"	FECHA : 22/09/2019
MATERIAL : TERRENO NATURAL	HECHO POR : Geocons.srl
SONDEO : C-1	
UBICACIÓN : BOCATOMA ALFALFAREZ	
MUESTRA : M-1 / 0.7 - 1.30	

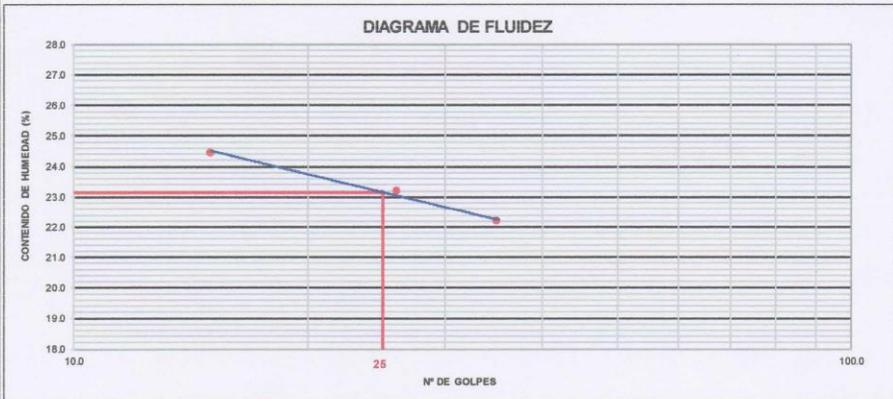
TAMIZ	ABERT. mm.	PESO RET.	%RET. PARC.	%RET. AC.	% Q' PASA	HUSO A	DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA
7"	177.800					A-1	PESO TOTAL = 1.500.0 gr PESO GRAVA = 522.4 gr PESO ARENA = 977.6 gr PESO FINO = 977.6 gr LÍMITE LÍQUIDO = 23.15 % LÍMITE PLÁSTICO = 17.81 % ÍNDICE PLÁSTICO = 5.34 % CLASF. AASHTO = A-1-b (0) CLASF. SUCCS = SC-SM MAX. DENS. SECA = (gr/cm3) OPT. CONT. HUM. = % CBR 0.1" (100%) = % CBR 0.2" (100%) = % % Grava = 34.8 % % Arena = 55.4 % % Fino = 9.8 % % HUMEDAD : P.S.H. 117.3, P.S.S. 94.6, % Humedad 23.9% Observaciones :
6"	152.400						
5"	127.000						
4 1/2"	114.300						
4"	101.600						
3 1/2"	88.900						
3"	76.200						
2 1/2"	63.500						
2"	50.800						
1 1/2"	38.100		0.0	0.0	100.0		
1"	25.400	126.0	8.4	8.4	91.6		
3/4"	19.050	163.0	10.9	19.3	80.7		
1/2"	12.700		0.0	19.3	80.7		
3/8"	9.525	108.0	7.2	26.5	73.5		
1/4"	6.350						
# 4	4.750	125.4	8.4	34.8	65.2		
# 8	2.360						
# 10	2.000	89.1	5.9	40.8	59.2		
# 20	0.850	77.2	5.1	45.9	54.1		
# 40	0.420	86.7	5.8	51.7	48.3		
# 60	0.300						
# 60	0.250	229.8	15.3	67.0	33.0		
# 100	0.150	188.6	12.6	79.6	20.4		
# 200	0.075	159.9	10.7	90.3	9.8		
< # 200	FONDO	146.3	9.8	100.0	0.0		
FRACCIÓN		977.6					Coef. Uniformidad - Índice de Consistencia
TOTAL		1,500.0					Coef. Curvatura - -0.1 Pot. de Expansión Bajo Líquido

Descripción suelo: Arcilla limosa con grava



  
 DEMETRIO CARRANZA PEÑA  
 ING CIVIL CIP N° 191809  
 Especialista en Geotecnia



LÍMITES DECONSISTENCIA				
MTC E 110 Y E 111 - ASTM D 4318 - AASHTO T-89 Y T-90				
SOLICITANTE: MANUEL ALAYO PEREZ				
PROYECTO : "REHABILITACION DE LA BOCATOMA ALFALFAREZ DEL DISTRITO DE SIMBAL PROVINCIA DE TRUJILLO"			ING° RESP. : Demetrio Carranza Peña	
MATERIAL : TERRENO NATURAL			FECHA : 22/09/2019	
SONDEO : C-1			HECHO POR : Geocons.srl	
UBICACIÓN : BOCATOMA ALFALFAREZ				
MUESTRA : M-1 / 0.7 - 1.30				
LÍMITE LÍQUIDO (MALLA N° 40)				
N° TARRO	1	2	3	
TARRO + SUELO HÚMEDO	56.78	51.59	45.91	
TARRO + SUELO SECO	48.10	44.66	39.96	
AGUA	8.68	6.93	5.95	
PESO DEL TARRO	12.60	14.81	13.15	
PESO DEL SUELO SECO	35.50	29.85	26.81	
% DE HUMEDAD	24.45	23.22	22.19	
N° DE GOLPES	15	26	35	
LÍMITE PLÁSTICO (MALLA N° 40)				
N° TARRO	1	2		
TARRO + SUELO HÚMEDO	17.86	16.89		
TARRO + SUELO SECO	17.02	16.17		
AGUA	0.84	0.72		
PESO DEL TARRO	12.31	12.12		
PESO DEL SUELO SECO	4.71	4.05		
% DE HUMEDAD	17.83	17.78		
<b>DIAGRAMA DE FLUIDEZ</b>				
				
CONSTANTES FÍSICAS DE LA MUESTRA		OBSERVACIONES		
LÍMITE LÍQUIDO	23.15			
LÍMITE PLÁSTICO	17.81			
ÍNDICE DE PLASTICIDAD	5.34			

*Demetrio Carranza Peña*  
DEMETRIO CARRANZA PEÑA  
ING CIVIL CIP N° 191809  
Especialista en Geotecnia





**GRANULOMETRIA POR TAMIZADO**

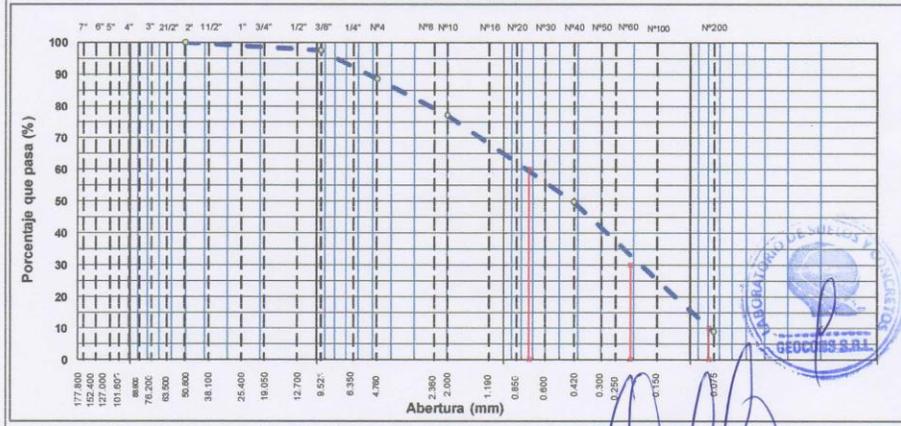
MTC E 107, E 204 - ASTM D 422 - AASHTO T-11, T-27 Y T-88

SOLICITANTE : MANUEL ALAYO PEREZ  
 PROYECTO : "REHABILITACION DE LA BOCATOMA ALFALFAREZ DEL DISTRITO DE SIMBAL PROVINCIA DE TRUJILLO"  
 MATERIAL : TERRENO NATURAL  
 SONDEO : C-2  
 UBICACIÓN : BOCATOMA ALFALFAREZ  
 MUESTRA : M-3 / 0.30 - 0.50

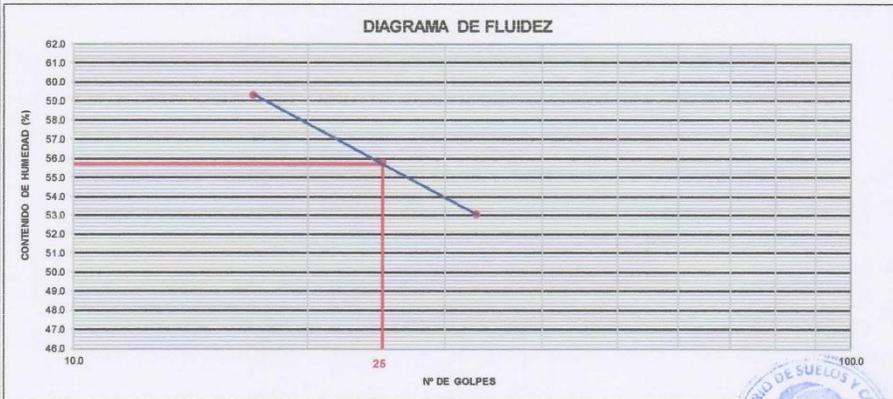
ING° RESP. : Demetrio Carranza Peña  
 FECHA : 22/09/2019  
 HECHO POR : Geocons.srl

TAMIZ	ABERT. mm	PESO RET.	%RET. PARC.	%RET. AC.	% Q° PASA	HUSO A	DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA	
7"	177.800							
6"	152.400							
5"	127.000						PESO TOTAL = 1.000.0 gr	
4 1/2"	114.300						PESO GRAVA = 114.1 gr	
4"	101.600						PESO ARENA = 885.9 gr	
3 1/2"	88.900						PESO FINO = 885.9 gr	
3"	76.200						LÍMITE LÍQUIDO = 55.69 %	
2 1/2"	63.500						LÍMITE PLÁSTICO = 50.87 %	
2"	50.800						ÍNDICE PLÁSTICO = 4.82 %	
1 1/2"	38.100		0.0	0.0	100.0		CLASF. AASHTO = A-1-b (0)	
1"	25.400		0.0	0.0	100.0		CLASF. SUCCS = SP - SM	
3/4"	19.050		0.0	0.0	100.0		MAX. DENS. SECA = (gr/cm3)	
1/2"	12.700		0.0	0.0	100.0		OPT. CONT. HUM. = %	
3/8"	9.525	25.8	2.6	2.6	97.4		CBR 0.1" (100%) = %	
1/4"	6.350						CBR 0.2" (100%) = %	
# 4	4.760	88.3	8.8	11.4	88.6		% Grava = 11.4 %	
# 8	2.360						% Arena = 79.7 %	
# 10	2.000	113.7	11.4	22.8	77.2		% Fino = 8.9 %	
# 20	0.850	143.6					% HUMEDAD	
# 40	0.420	130.0	13.0	50.1	49.9		P.S.H.	
# 60	0.300						P.S.S.	
# 60	0.250	152.9	15.3	65.4	34.6		% Humedad	
# 100	0.150	131.5	13.2	78.6	21.4		Observaciones :	
# 200	0.075	125.4	12.5	91.1	8.9			
< # 200	FONDO	88.7	8.9	100.0	0.0			
FRACCIÓN		885.9					Coef. Uniformidad = 9	
TOTAL		1,000.0					Coef. Curvatura = 0.8	
DESCRIPCIÓN SUELO:	Arena pobremente gradada con limo							Pot. de Expansión = Estable

**CURVA GRANULOMÉTRICA**



DEMETRIO CARRANZA PEÑA  
ING CIVIL CIP N° 191809  
Especialista en Geotecnia

LIMITES DECONSISTENCIA			
MTC E 110 Y E 111 - ASTM D 4318 - AASHTO T-99 Y T-90			
SOLICITANTE: MANUEL ALAYO PEREZ			
PROYECTO : "REHABILITACION DE LA BOCATOMA ALFALFAREZ DEL DISTRITO DE SIMBAL PROVINCIA DE TRUJILLO"	ING° RESP. : Demetrio Carranza Peña		
MATERIAL : TERRENO NATURAL	FECHA : 22/09/2019		
SONDEO : C-2	HECHO POR : Geocons.srl		
UBICACIÓN : BOCATOMA ALFALFAREZ			
MUESTRA : M-3 / 0.30 - 0.50			
LÍMITE LÍQUIDO (MALLA N° 40)			
N° TARRO	1	2	3
TARRO + SUELO HÚMEDO	56.11	58.93	59.71
TARRO + SUELO SECO	39.76	42.33	43.02
AGUA	16.35	16.60	16.69
PESO DEL TARRO	12.19	12.59	11.54
PESO DEL SUELO SECO	27.57	29.74	31.48
% DE HUMEDAD	59.30	55.82	53.02
N° DE GOLPES	17	25	33
LÍMITE PLÁSTICO (MALLA N° 40)			
N° TARRO	1	2	
TARRO + SUELO HÚMEDO	23.35	20.19	
TARRO + SUELO SECO	21.42	18.51	
AGUA	1.93	1.68	
PESO DEL TARRO	17.60	15.23	
PESO DEL SUELO SECO	3.82	3.28	
% DE HUMEDAD	50.52	51.22	
			
CONSTANTES FÍSICAS DE LA MUESTRA		OBSERVACIONES	
LÍMITE LÍQUIDO	55.69		
LÍMITE PLÁSTICO	50.87		
ÍNDICE DE PLASTICIDAD	4.82		

  
 DEMETRIO CARRANZA PEÑA  
 ING CIVIL CIP N° 191809  
 Especialista en Geotecnia

HUMEDAD NATURAL (MTC E 108)			
SOLICITANTE : MANUEL ALAYO PEREZ		ING° RESP. : Demetrio Carranza I	
PROYECTO : "REHABILITACION DE LA BOCATOMA ALFALFAREZ DEL DISTRITO DE SIMBAL PROVINCIA DE TRUJILLO"		FECHA : 22/09/2019	
MATERIAL : TERRENO NATURAL		HECHO POR : Geocons.srl	
SONDEO : C-2			
UBICACIÓN : BOCATOMA ALFALFAREZ			
MUESTRA : M-3 / 0.30 - 0.50			
DATOS			
N° de Ensayo	1		
Peso de Mat. Humedo + Tara (gr.)	118.59		
Peso de Mat. Seco + Tara (gr.)	85.54		
Peso de Tara (gr.)	12.50		
Peso de Agua (gr.)	33.05		
Peso Mat. Seco (gr.)	73.04		
Humedad Natural (%)	45.25		
Promedio de Humedad (%)	45.2		
OBSERVACIONES:			
muestra saturada			

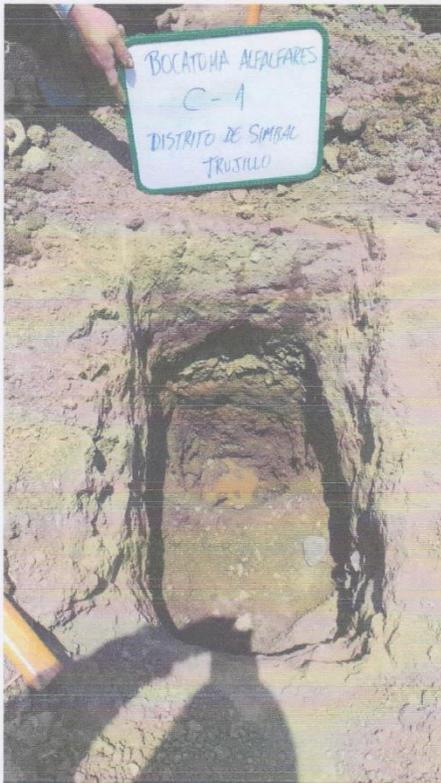


DEMETRIO CARRANZA PEÑA  
ING CIVIL CIP N° 191809  
Especialista en Geotecnia

**FOTOS**



  
-----  
DEMETRIO CARRANZA PEÑA  
ING CIVIL CIP N° 191809  
Especialista en Geotecnia



*Demetrio Carranza Peña*  
 DEMETRIO CARRANZA PEÑA  
 ING CIVIL CIP N° 191809  
 Especialista en Geotecnia



DEMETRIO CARRANZA PEÑA  
ING CIVIL CIP N° 191809  
Especialista en Geotecnia



  
DEMETRIO CARRANZA PEÑA  
ING CIVIL CIP N° 191809  
Especialista en Geotecnia



## ANEXO 6: PANEL FOTOGRÁFICO DE LA ZONA DE ESTUDIO



**Fotografía 1:** Se observa la entrada al caserío Collambay donde se encuentra ubicado nuestro tramo de estudio. **Fuente:** Elaboración propia



**Fotografía 2:** Se puede observar el tramo de estudio totalmente con materia sólida y con vegetación. **Fuente:** Elaboración propia



**Fotografía 3:** Se puede observar el puente Collambay caído por la inundación que se dio en el año 2017. **Fuente:** Elaboración propia.



**Fotografía 4:** Se puede observar otra parte del tramo de estudio totalmente con materia sólida y con vegetación. **Fuente:** Elaboración propia.

## ANEXO 7: PANEL FOTOGRÁFICO DEL ESTUDIO TOPOGRÁFICO



**Fotografía 1:** En la zona de estudio antes de empezar el levantamiento topográfico.

**Fuente:** Elaboración propia.



**Fotografía 2:** Se observa el Drone Phantom 4 pro v.2.

**Fuente:** Elaboración propia.



**Fotografía 3:** Se observa el control y celular con aplicativo para el levantamiento topográfico. **Fuente:** Elaboración propia.



**Fotografía 4:** Se observa cómo se programa el primer vuelo del Drone. **Fuente:** Elaboración propia.



**Fotografía 5:** Se observa cómo se maneja el aplicativo que sirve para manipular el dron.

**Fuente:** Elaboración propia.



**Fotografía 6:** Se observa cómo estamos realizando el vuelo con el dron.

**Fuente:** Elaboración propia.

# ANEXO 9: PLANOS

PRODUCED BY AN AUTODESK STUDENT VERSION



LEYENDA	
SÍMBOLO	DESCRIPCIÓN
	Curvas menores
	Curvas mayores
	Ríos y Quebradas
	Lagunas
	Limite de Cuenca
	Estación Meteorológica

DEPARTAMENTO : LA LIBERTAD  
 CARTA NACIONAL : OTUZCO 16-I  
 SISTEMA : UTM  
 ZONA : 17  
 DATUM : WGS 84

PRODUCED BY AN AUTODESK STUDENT VERSION

PRODUCED BY AN AUTODESK STUDENT VERSION

 **UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO**  
 FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA  
 ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL  
 "MODELAMIENTO HIDRÁULICO DEL RÍO SINSICAP PARA PREVENCIÓN DE INUNDACIONES - TRAMO CHORO - LUCMAR, CASERIO COLLAMBAY - SIMBAL - TRUJILLO"

**ALUMNOS:**  
 PUMACHAICO GAMBOA YAIR ALONSO  
 ZAVALETA COLLAVE ELVIS GEINER  
**ASESOR:**  
 ING. HERRERA VILOCHE, ALEX ARQUIMEDES

N°	FECHA	DESCRIPCIÓN

**ESCALA:**  
 1/100  
**FECHA:**  
 MARZO-2020

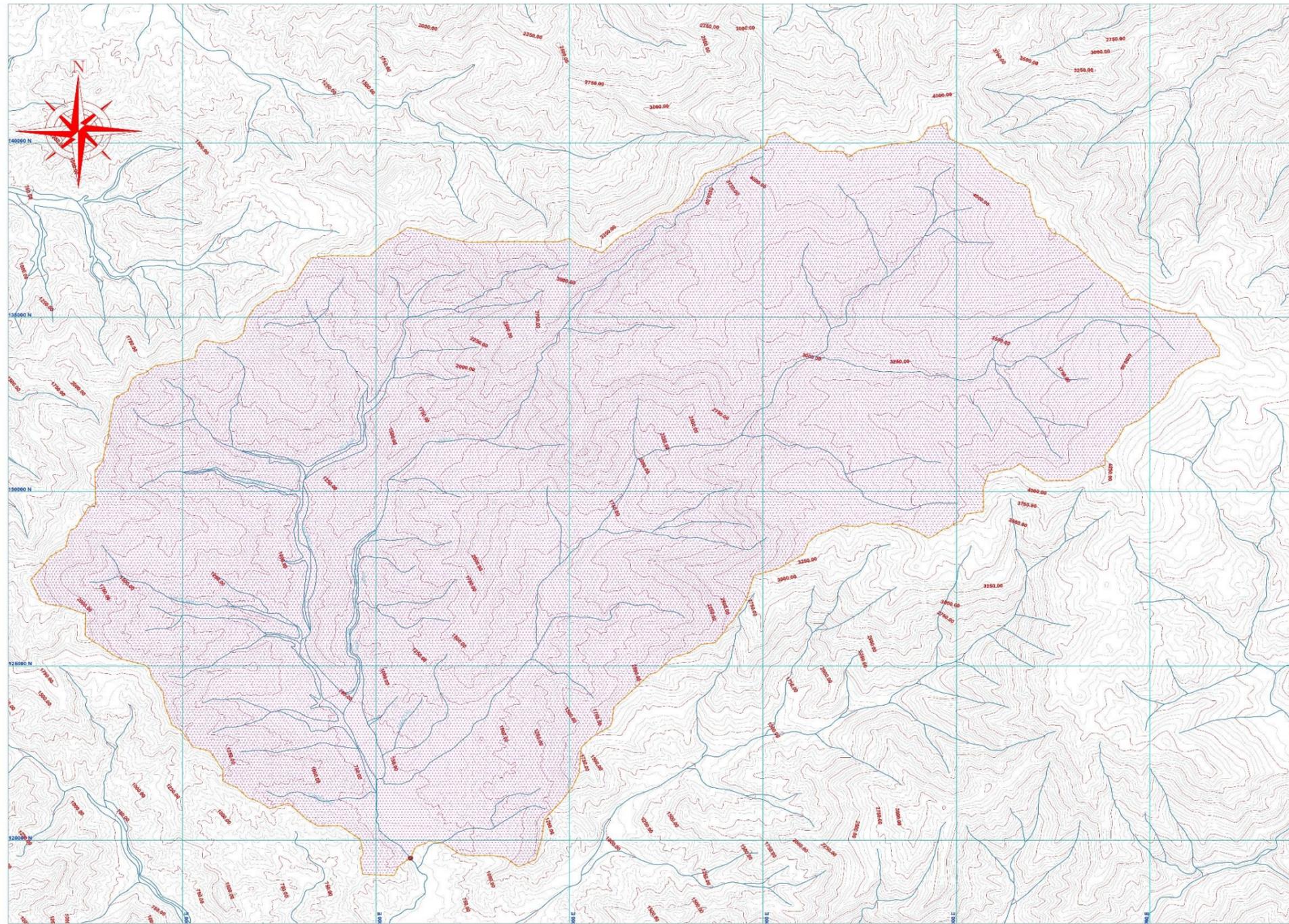
**PLANO:**

UBICACIÓN DE ESTACION

**N° LÁMINA:**  
 UE-01

PRODUCED BY AN AUTODESK STUDENT VERSION

## PLANON°1: UBICACIÓN DE ESTACION



LEYENDA	
SIMBOLO	DESCRIPCIÓN
	Curvas menores
	Curvas mayores
	Rios y Quebradas
	Lagunas
	Límite de Cuenca

DEPARTAMENTO : LA LIBERTAD  
 CARTA NACIONAL : OTUZCO 16-f  
 SISTEMA : UTM  
 ZONA : 17  
 DATUM : WGS 84

CUADRO DE ESTACIONES METEOROLÓGICAS				
ESTACION	LATITUD	LONGITUD	ALTITUD	ÁREA
SINSICAP	7° 51' 75"	78° 45' 18.11"	2315.00	159.51m



"MODELAMIENTO HIDRÁULICO DEL RÍO SINSICAP PARA PREVENCIÓN DE INUNDACIONES - TRAMO CHORO - LUCMAR, CASERÍO COLLAMBAY - SIMBAL - TRUJILLO"

ALUMNOS:  
 PUMACHAICO GAMBOA YAIR ALONSO  
 ZAVALETA COLLAVE ELVIS GEINER  
 ASESOR:  
 ING. HERRERA VILOCHE, ALEX ARQUIMEDES

N°	FECHA	DESCRIPCIÓN

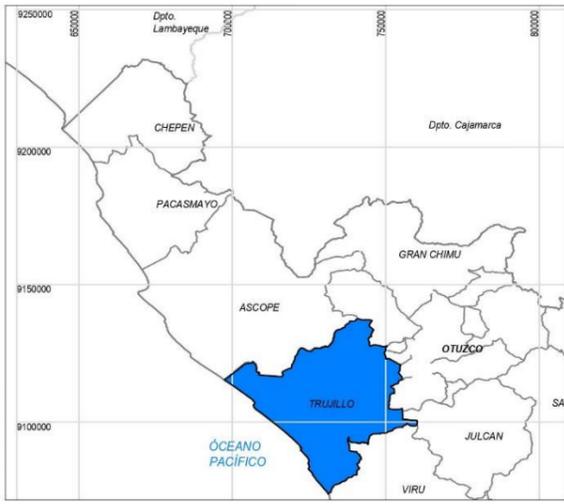
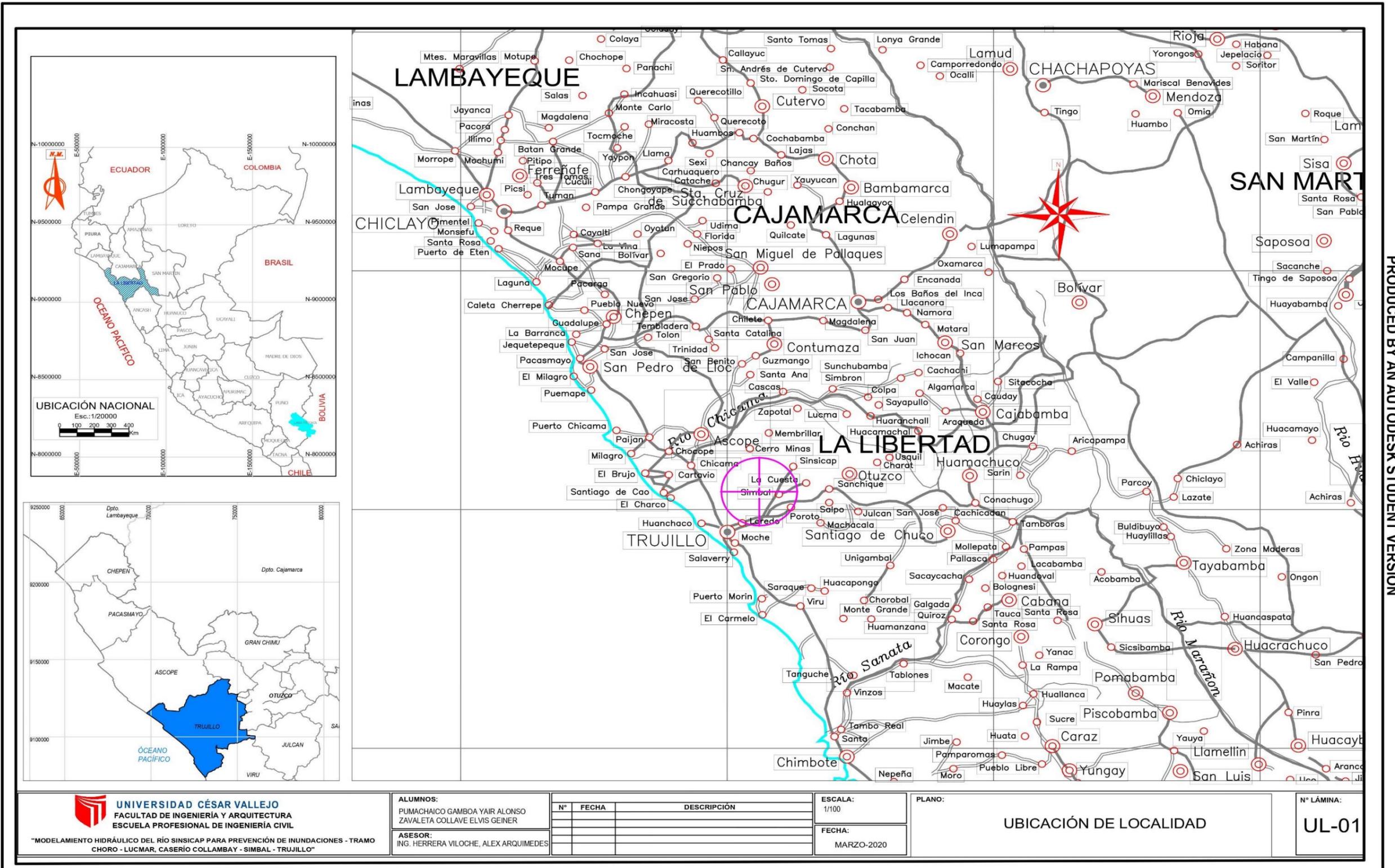
ESCALA:  
 1/100  
 FECHA:  
 MARZO-2020

PLANO:

PLANO CUENCA

N° LÁMINA:  
 PC-01

PLANON°2: PLANODELACUENCA



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

"MODELAMIENTO HIDRÁULICO DEL RÍO SINSIAP PARA PREVENCIÓN DE INUNDACIONES - TRAMO CHORO - LUCMAR, CASERÍO COLLAMBAY - SIMBAL - TRUJILLO"

**ALUMNOS:**  
 PUMACHAICO GAMBOA YAIR ALONSO  
 ZAVALETA COLLAVE ELVIS GEINER

**ASESOR:**  
 ING. HERRERA VILOCHE, ALEX ARQUIMEDES

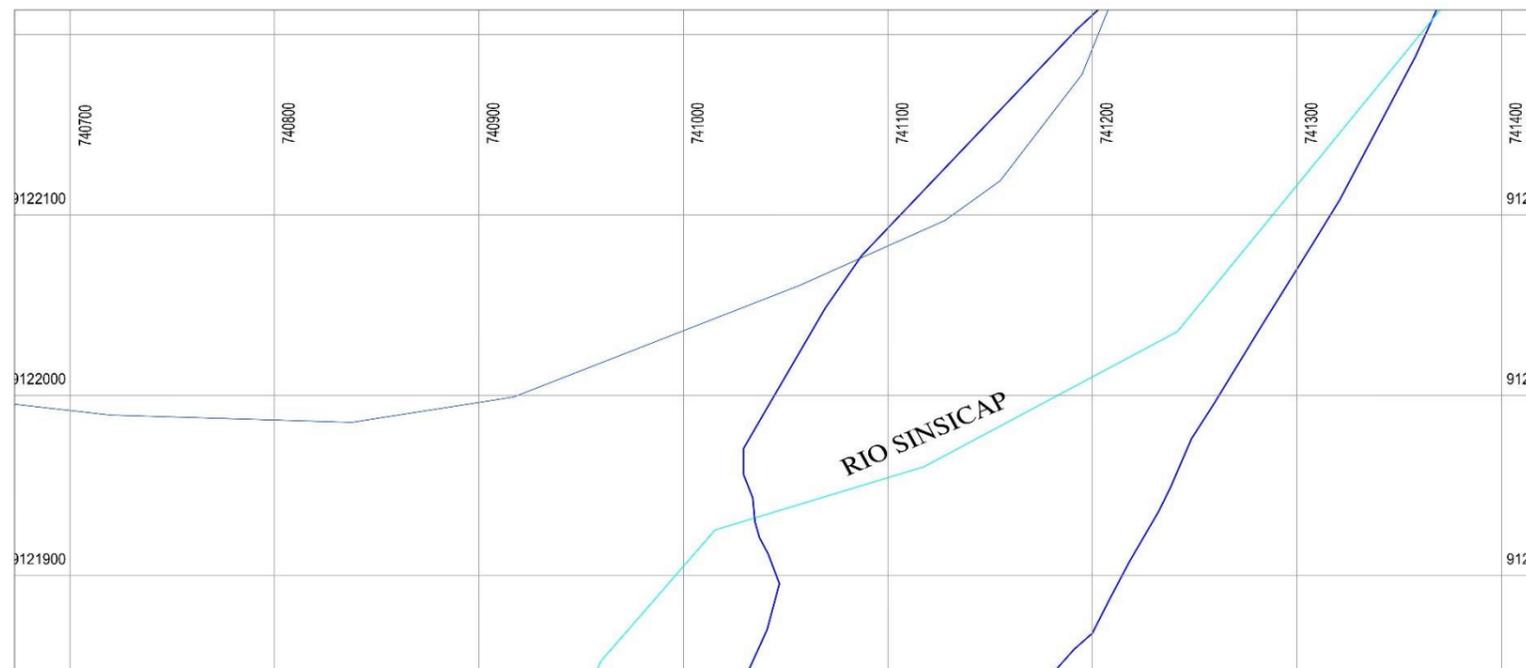
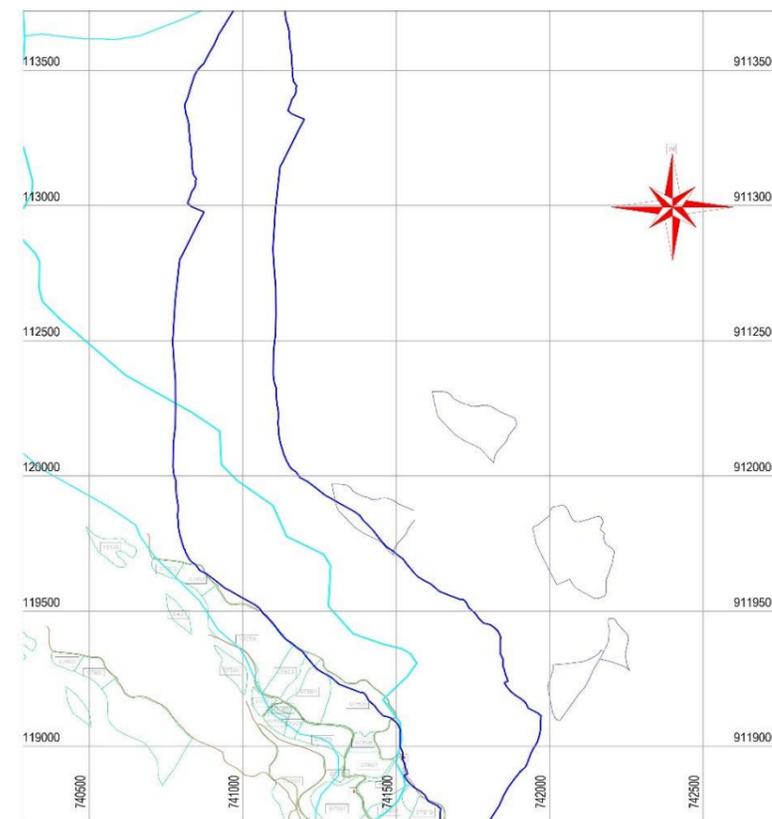
N°	FECHA	DESCRIPCIÓN

**ESCALA:**  
 1/100

**FECHA:**  
 MARZO-2020

**PLANO:**  
 UBICACIÓN DE LOCALIDAD

**N° LÁMINA:**  
 UL-01

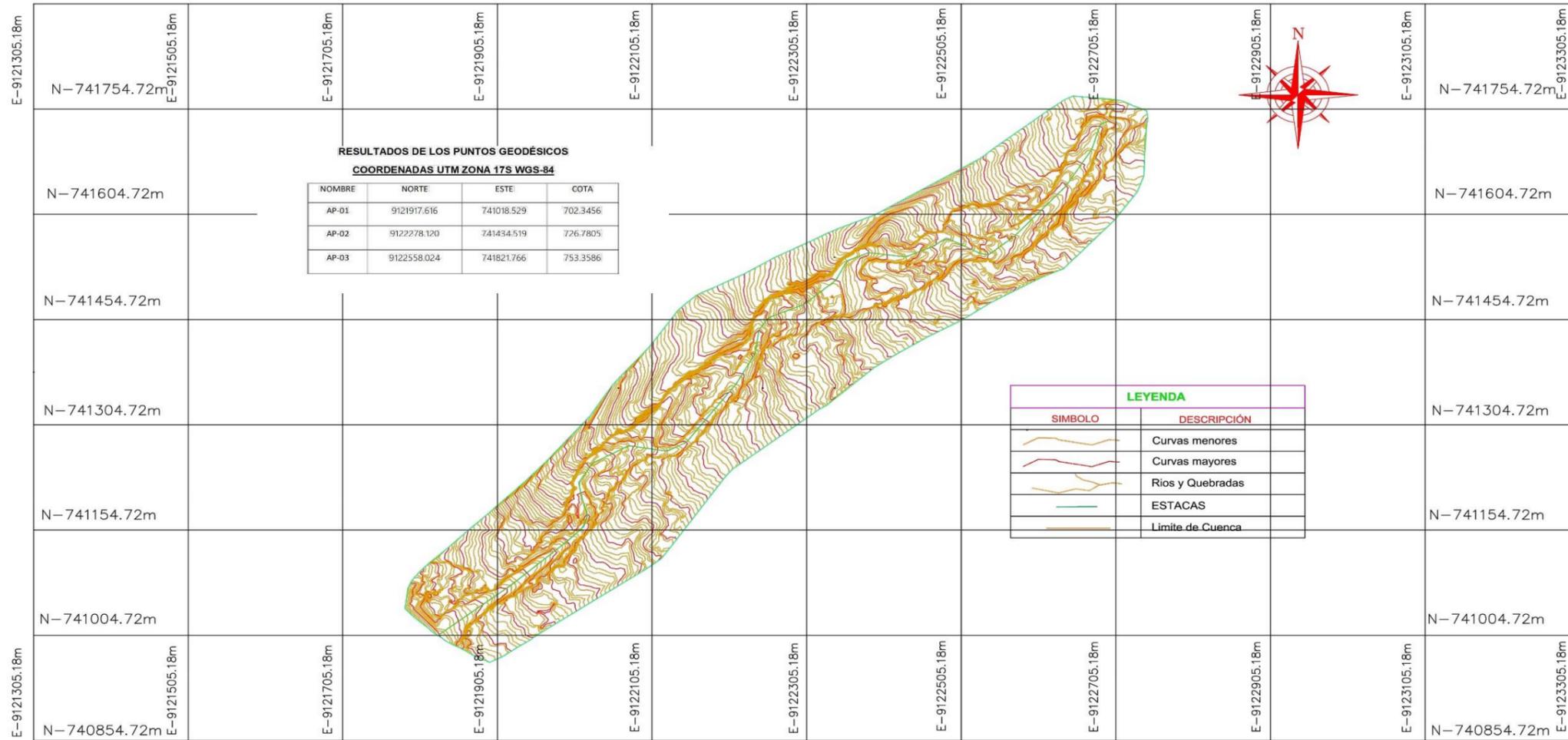


PRODUCED BY AN AUTODESK STUDENT VERSION

PRODUCED BY AN AUTODESK STUDENT VERSION

 <p><b>UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO</b> FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL</p> <p><small>"MODELAMIENTO HIDRÁULICO DEL RÍO SINSICAP PARA PREVENCIÓN DE INUNDACIONES - TRAMO CHORO - LUCMAR, CASERÍO COLLAMBAY - SIMBAL - TRUJILLO"</small></p>	<b>ALUMNOS:</b> PUMACHAICO GAMBOA YAIR ALONSO ZAVALETA COLLAVE ELVIS GEINER	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th style="width: 10%;">N°</th> <th style="width: 15%;">FECHA</th> <th style="width: 75%;">DESCRIPCIÓN</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td> </td><td> </td><td> </td></tr> <tr><td> </td><td> </td><td> </td></tr> <tr><td> </td><td> </td><td> </td></tr> <tr><td> </td><td> </td><td> </td></tr> </tbody> </table>	N°	FECHA	DESCRIPCIÓN													<b>ESCALA:</b> 1/100	<b>PLANO:</b>  <div style="font-size: 2em; font-weight: bold; margin-top: 10px;">UBICACIÓN</div>	<b>N° LÁMINA:</b>  <div style="font-size: 2em; font-weight: bold; margin-top: 10px;">U-01</div>
	N°		FECHA	DESCRIPCIÓN																
<b>ASESOR:</b> ING. HERRERA VILOCHE, ALEX ARQUIMEDES	<b>FECHA:</b> MARZO-2020																			

## PLAN Nº4: PLAN DE UBICACIÓN



<b>UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO</b> FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL "MODELAMIENTO HIDRÁULICO DEL RÍO SINSICAP PARA PREVENCIÓN DE INUNDACIONES - TRAMO CHORO - LUCMAR, CASERIO COLLAMBAY - SIMBAL - TRUJILLO"	<b>ALUMNOS:</b> PUMACHAICO GAMBOA YAIR ALONSO ZAVALETA COLLAVE ELVIS GEINER	<table border="1"> <thead> <tr> <th>N°</th> <th>FECHA</th> <th>DESCRIPCIÓN</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td> </td> <td> </td> <td> </td> </tr> <tr> <td> </td> <td> </td> <td> </td> </tr> </tbody> </table>	N°	FECHA	DESCRIPCIÓN							<b>ESCALA:</b> 1/100 <b>FECHA:</b> MARZO-2020	<b>PLANO:</b> PLANO EN PLANTA	<b>N° LÁMINA:</b> PP-01
	N°	FECHA	DESCRIPCIÓN											

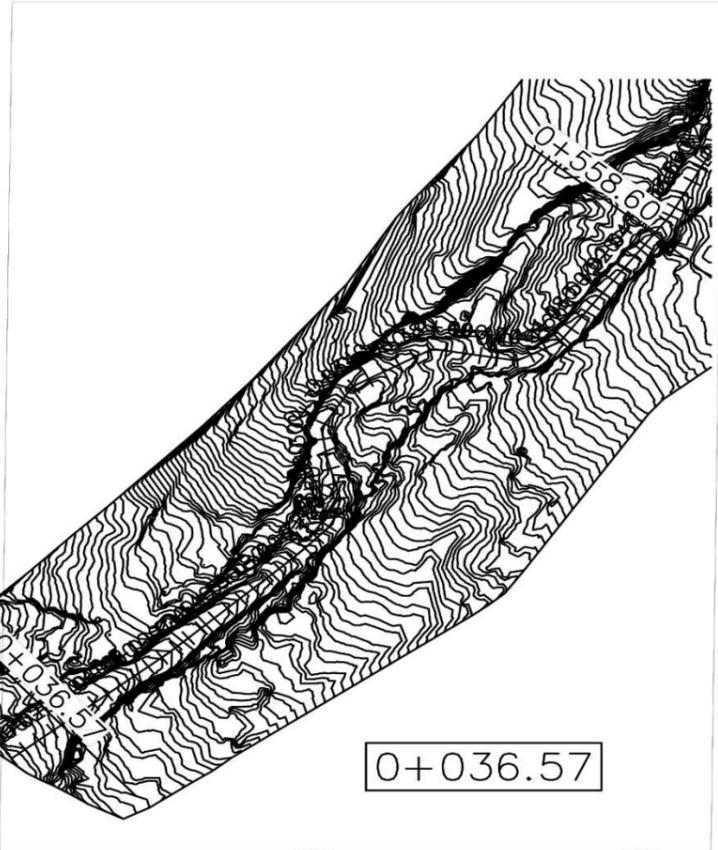
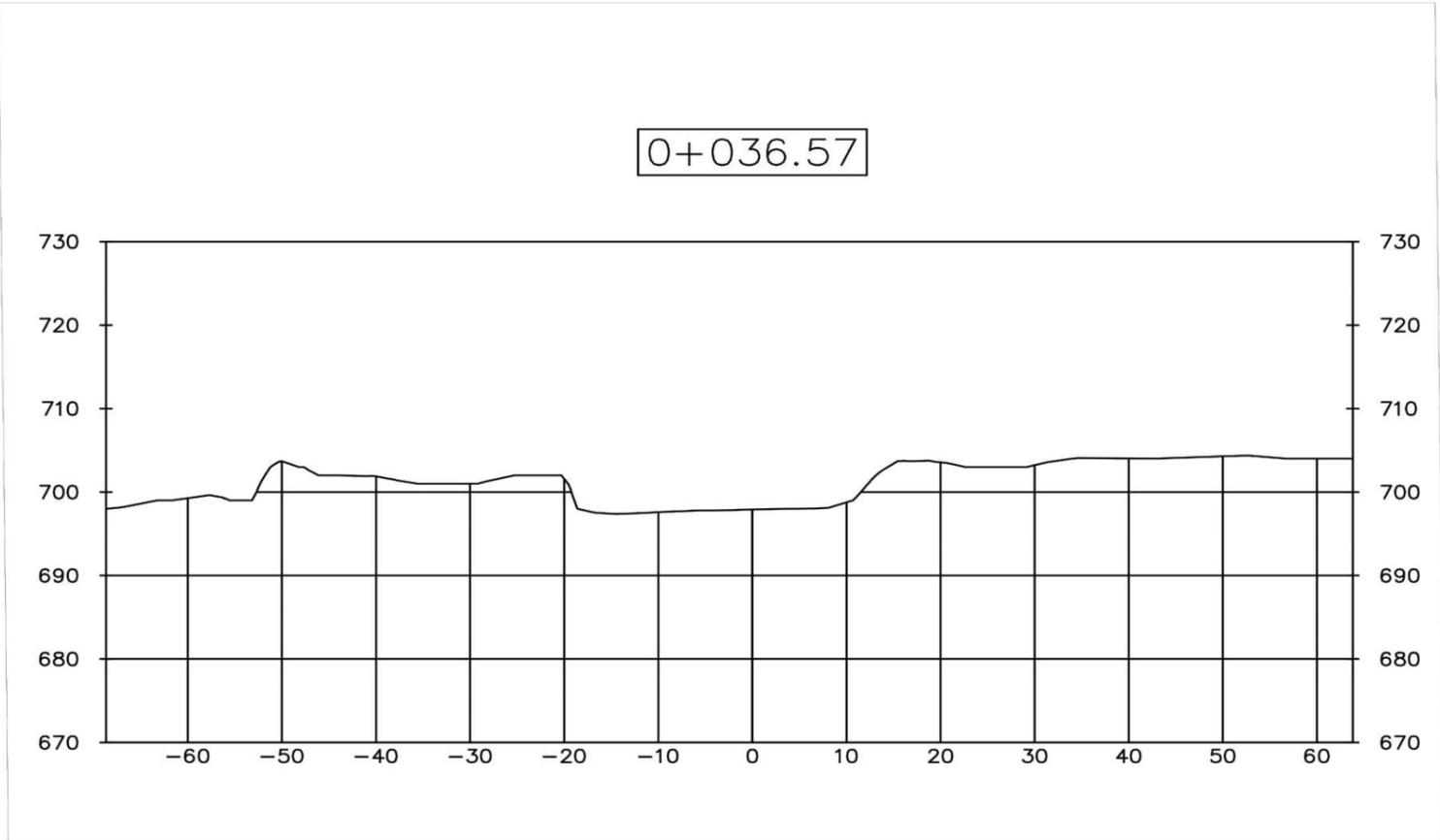
**PLANONº4: PLANOENPLANTA**





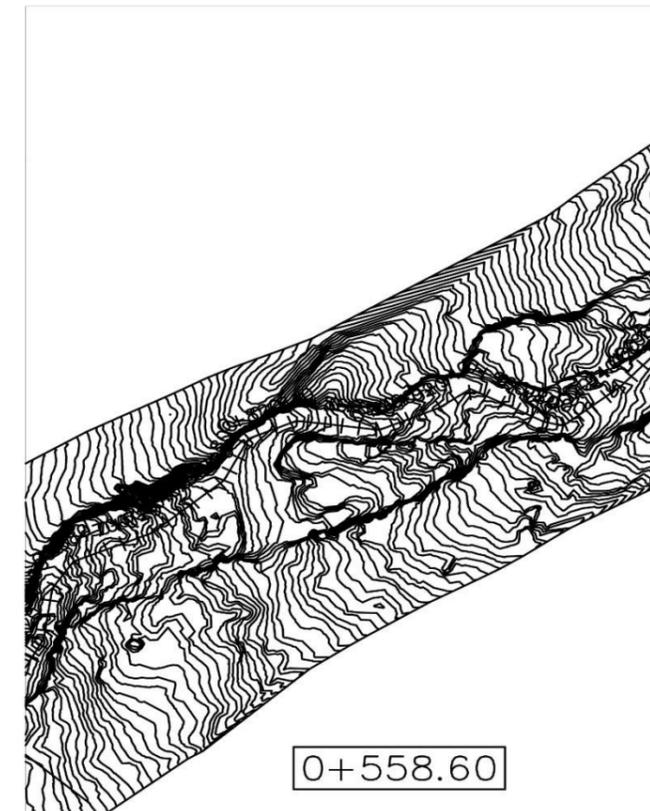
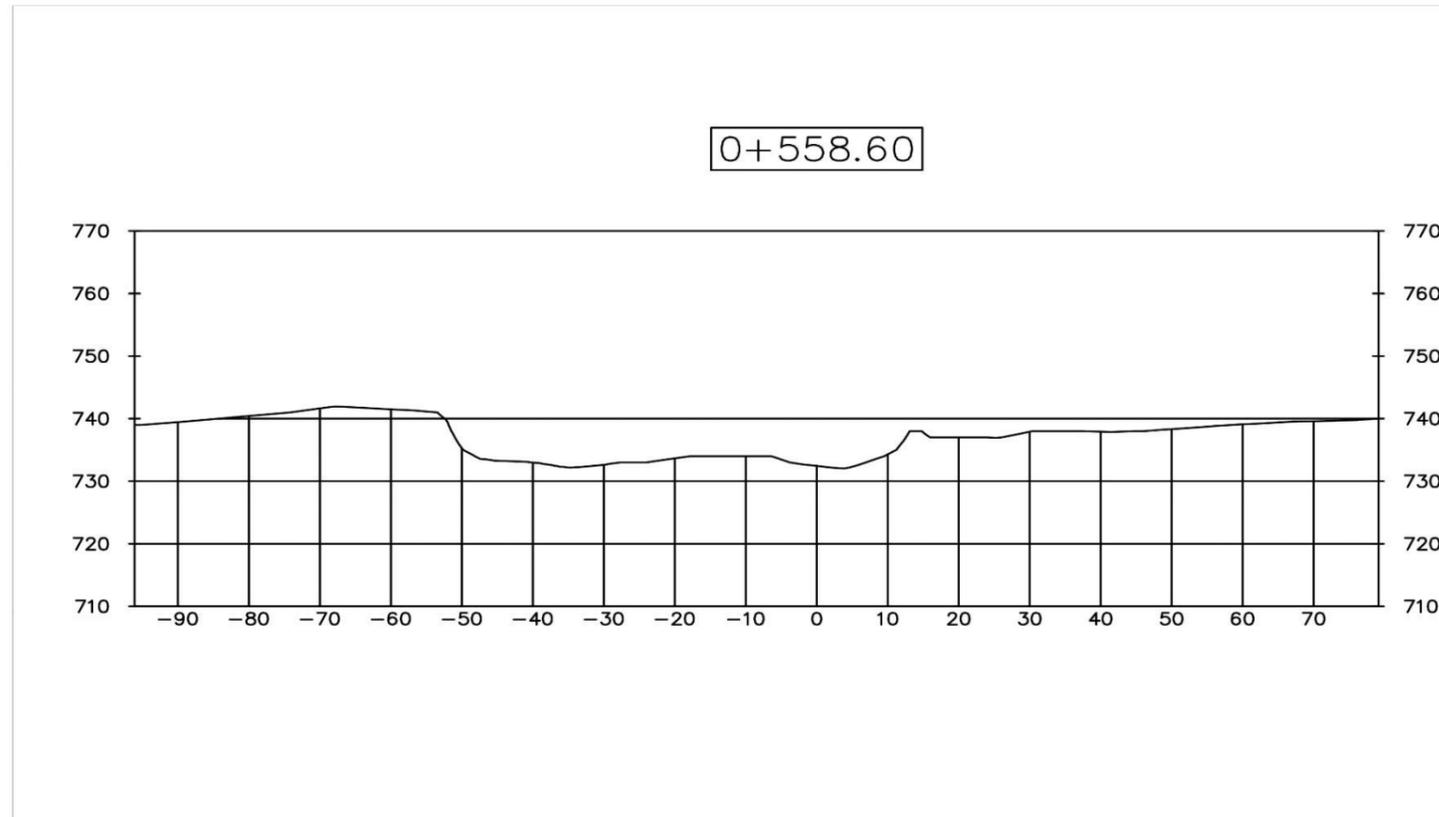






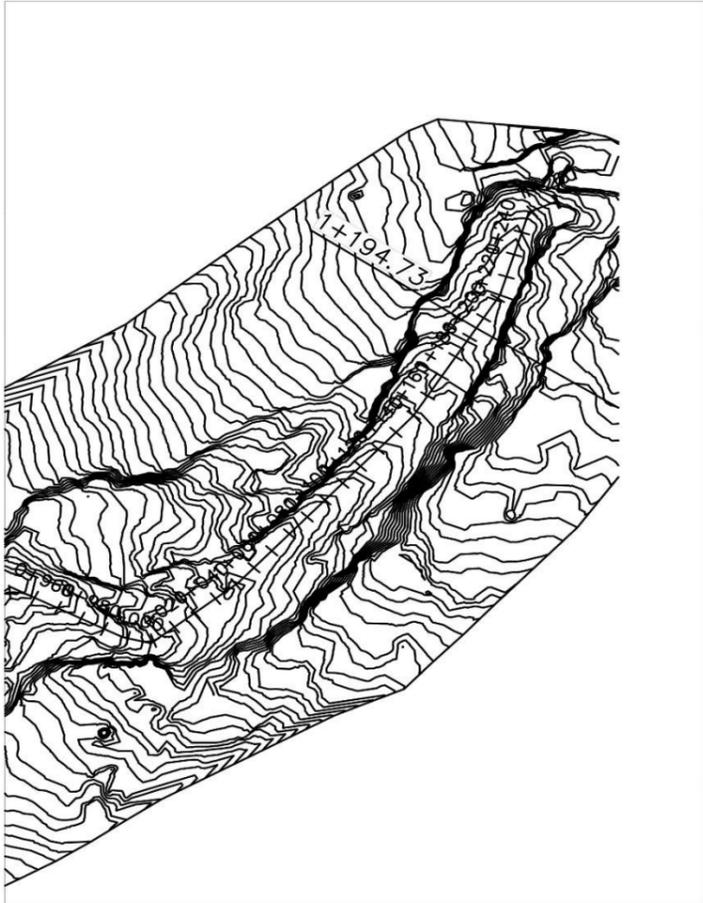
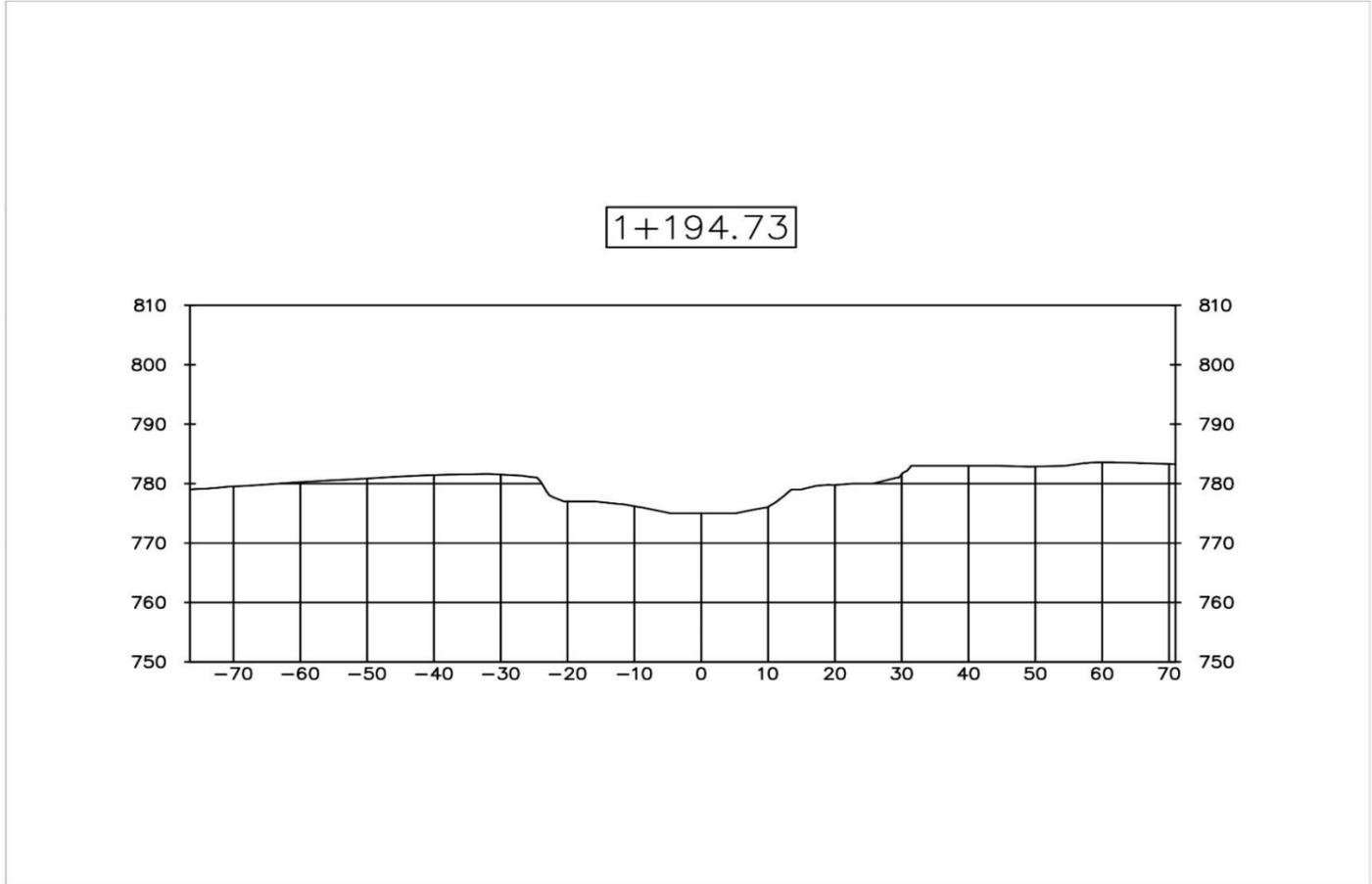
<b>UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO</b> FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL <small>"MODELAMIENTO HIDRÁULICO DEL RÍO SINSICAP PARA PREVENCIÓN DE INUNDACIONES - TRAMO CHORO - LUCMAR, CASERIO COLLAMBAY - SIMBAL - TRUJILLO"</small>	<b>ALUMNOS:</b> PUMACHAICO GAMBOA YAIR ALONSO ZAVALETA COLLAVE ELVIS GEINER	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th style="width: 5%;">N°</th> <th style="width: 5%;">FECHA</th> <th style="width: 90%;">DESCRIPCIÓN</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td> </td><td> </td><td> </td></tr> <tr><td> </td><td> </td><td> </td></tr> <tr><td> </td><td> </td><td> </td></tr> </tbody> </table>	N°	FECHA	DESCRIPCIÓN										<b>ESCALA:</b> 1/100  <b>FECHA:</b> MARZO-2020	<b>PLANO:</b> SECCION TRANSVERSAL	<b>N° LÁMINA:</b> ST-01
	N°	FECHA	DESCRIPCIÓN														
<b>ASESOR:</b> ING. HERRERA VILOCHE, ALEX ARQUIMEDES																	

**PLAN N°9: SECCIÓN TRANSVERSAL 1**



 <b>UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO</b> FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL <small>"MODELAMIENTO HIDRÁULICO DEL RÍO SINSICAP PARA PREVENCIÓN DE INUNDACIONES - TRAMO CHORO - LUCMAR, CASERIO COLLAMBAY - SIMBAL - TRUJILLO"</small>	<b>ALUMNOS:</b> PUMACHAICO GAMBOA YAIR ALONSO ZAVALETA COLLAVE ELVIS GEINER	<table border="1"> <thead> <tr> <th>N°</th> <th>FECHA</th> <th>DESCRIPCIÓN</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td> </td><td> </td><td> </td></tr> <tr><td> </td><td> </td><td> </td></tr> <tr><td> </td><td> </td><td> </td></tr> </tbody> </table>	N°	FECHA	DESCRIPCIÓN										<b>ESCALA:</b> 1/100	<b>PLANO:</b> SECCION TRANSVERSAL	<b>N° LÁMINA:</b> ST-02
	N°	FECHA	DESCRIPCIÓN														
<b>ASESOR:</b> ING. HERRERA VILOCHE, ALEX ARQUIMEDES	<b>FECHA:</b> MARZO-2020																

**PLAN N°10: SECCIÓN TRANSVERSAL 2**



<b>UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO</b> FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL	<b>ALUMNOS:</b> PUMACHAICO GAMBOA YAIR ALONSO ZAVALETA COLLAVE ELVIS GEINER	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th style="width: 5%;">N°</th> <th style="width: 5%;">FECHA</th> <th style="width: 90%;">DESCRIPCIÓN</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td> </td><td> </td><td> </td></tr> <tr><td> </td><td> </td><td> </td></tr> <tr><td> </td><td> </td><td> </td></tr> </tbody> </table>	N°	FECHA	DESCRIPCIÓN										<b>ESCALA:</b> 1/100	<b>SECCION TRANSVERSAL</b>	<b>N° LÁMINA:</b> ST-03
	N°	FECHA	DESCRIPCIÓN														
*MODELAMIENTO HIDRÁULICO DEL RÍO SINSICAP PARA PREVENCIÓN DE INUNDACIONES - TRAMO CHORO - LUCMAR, CASERIO COLLAMBAY - SIMBAL - TRUJILLO*	<b>ASESOR:</b> ING. HERRERA VILOCHE, ALEX ARQUIMEDES	<b>FECHA:</b> MARZO-2020															

**PLANON°11: SECCIÓN TRANSVERSAL 3**