



**UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO**

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

Diseño del drenaje pluvial en un tramo de 20 metros del kilómetro N°06 de la  
carretera Rioja – Yorongos, Rioja - 2021

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

**AUTORES:**

Chamoly Urtecho, Jezer Daniel ([orcid.org/0000-0001-8617-5124](https://orcid.org/0000-0001-8617-5124))

Guevara Salazar, Susán Lizeth ([orcid.org/0000-0002-9582-8040](https://orcid.org/0000-0002-9582-8040))

**ASESOR:**

Dr. Paredes Aguilar, Luis ([orcid.org/0000-0002-1375-179X](https://orcid.org/0000-0002-1375-179X))

**LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:**

Diseño de Obras Hidráulicas y Saneamiento

**LÍNEA DE RESPONSABILIDAD SOCIAL UNIVERSITARIO:**

Desarrollo económico, empleo y emprendimiento

**TARAPOTO – PERÚ**

**2021**

## **Dedicatoria**

Para mis hijos, Rodrick Alejandro y Mía Valeria; por esperarme pacientemente durante este periodo de estudios, a mi padrino Alexander Gómez por ser mi apoyo incondicional y pilar importante en el impulso de no perder la misión y visión de mi carrera. A mi mamá Elizabeth y mi tía Nelly, por ser ejemplos de superación.

Susan L. Guevara

Ante todo, a Dios, por darme vida y fortaleza para llegar a esta etapa profesional. A mis queridos progenitores por ser el pilar en mi vida, demostrando su afecto y apoyo incondicional sin importar nuestras distintas opiniones. A mis hermanas y sobrina por siempre estar dispuestas a escucharme y ayudarme en todo momento sin importar distancias y barreras.

Jezer D. Chamoly

## **Agradecimiento**

Agradezco a mis docentes, por compartir sin egoísmo todos sus conocimientos para brindarnos la mejor formación y convertirnos en grandes profesionales. De manera especial, brindo mi agradecimiento al Ing. Luis Paredes por brindarnos su guía incondicional y asesoría constante en la elaboración de este proyecto y mi agradecimiento especial a Dios por guiar siempre mis pasos en el camino correcto.

Susan L. Guevara

Agradezco a mis docentes del centro de investigaciones, que sin ustedes con sus virtudes y constancia en el trabajo; dedicando tiempo sagrado, compartiendo conocimiento y experiencias. Con el fin de concluir satisfactoriamente nuestro ciclo de estudio para obtener el grado de bachiller. También agradezco al Ing. Hassan Ramos Cobeñas por ayudarme en el proceso de mi camino profesional y guiarme con sus enseñanzas.

Jezer Chamoly U.

## 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>9</b>
<b>II. MARCO TEÓRICO.....</b>	<b>14</b>
<b>III. METODOLOGÍA .....</b>	<b>21</b>
3.1. Tipo y diseño de investigación. ....	21
3.2. Variables y operacionalización.....	22
3.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos.....	24
3.5. Procedimientos .....	25
3.6. Método de análisis de datos.....	26
3.7. Aspectos éticos.....	26
<b>IV. RESULTADOS.....</b>	<b>27</b>
<b>V. DISCUSIÓN.....</b>	<b>35</b>
<b>VI. CONCLUSIONES.....</b>	<b>40</b>
<b>VII. RECOMENDACIONES .....</b>	<b>41</b>
<b>REFERENCIAS.....</b>	<b>42</b>
<b>ANEXOS</b>	

## Índice de tablas.

Tabla 01. Muestreo No probabilístico intencional por daños.....	24
Tabla 02. Técnicas, instrumentos de recolección de datos.....	24
Tabla 03: Coordenadas y progresivas.....	27
Tabla 04. Características físicas del agregado fino.....	29
Tabla 05. Capacidad admisible del terreno.....	29
Tabla 06. Determinación de las cuencas de estudio.....	30
Tabla 07. Valor del coeficiente de compacidad para la cuenca.....	31
Tabla 08 Pendiente media de la cuenca.....	31
Tabla 09.Precipitación máxima en las cuencas de estudio – Resumen.....	32
Tabla 10. Diseño del tramo del drenaje pluvial del tramo de 20 metros.....	33
Tabla 11. Costo del tramo del drenaje pluvial del tramo de 20 metros.....	34

## Índice de Figuras

Figura N°01: Comportamiento de las variables de investigación .....	21
---	----

## Resumen

Para este proyecto esboza el resultado obtenidos al desarrollo de la tesis cuyo objetivo fue el realizar un detallado plan para desalojar el agua de lluvia en 20 metros del kilometro N°06 de la carretera Rioja – Yorongos, Rioja 2021. Los métodos científicos empleados son del tipo cuantitativa con un diseño no experimental transversal. En tal sentido tomamos nuestra población finita los 10.0 kilómetros de la carretera “Tramo Emp. PE-05 N Rioja – Yorongos”; aplicamos un muestreo no probabilístico y seleccionamos un tramo critico de 20 metros del kilómetro N° 06 de la carretera en estudio. Los estudios de suelos denotaron la presencia de grava mal graduada con presencia de arcilla, se tiene la clasificación por el sistema AASTHO A-2-6(0) y para el sistema SUCS se tiene GP-GC, se ha logrado determinar el área de la cuenca que asciende 1,155.23 Km<sup>2</sup> y un perímetro de 197.53 kilómetros, además de la máxima precipitación de la cuenca es 144.55 milímetros en un tiempo de 200 años. Con esta información se obtiene un diseño de una alcantarilla TMC de diámetro de 60” con una longitud de 8.35 metros y una cota de 840.041 m.s.n.m; se ha determinado una inversión de S/.73,505.79 soles.

Palabras clave: Drenaje pluvial, drenaje en carretera, máxima precipitación

## Abstract

This project outlines the result obtained from the development of the thesis whose objective was the design of the storm drainage of a 20-meter section of kilometer No. 06 of the Rioja - Yorongos highway, Rioja 2021. The methodology used is of the quantitative type with a cross-sectional non-experimental design. In this sense, we take our finite population the 10.0 kilometers of the road "Tramo Emp. PE-05 N Rioja – Yorongos"; we applied a non-probabilistic sampling and selected a critical section of 20 meters from kilometer No. 06 of the road under study. The soil studies denoted the presence of poorly graded gravel with the presence of clay, the classification by the AASTHO A-2-6(0) system is available and for the SUCS system there is GP-GC, it was possible to determine the area of the soil, basin that ascends 1,155.23 km<sup>2</sup> and a perimeter of 197.53 kilometers, in addition to the maximum precipitation of the basin is 144.55 millimeters in a period of 200 years. With these data, a design of a 60" diameter TMC culvert with a length of 8.35 meters and a height of 840,041 m.s.n.m is obtained; an investment of S/.73,505.79 soles has been determined.

**Keywords:** storm drainage, road drainage, maximum precipitation

## I. INTRODUCCIÓN.

El drenaje en un sistema vial, evita las acumulaciones pluviales, que se agrupan y estancan en depresiones topográficas; un correcto sistema de evacuación, dispersa estas acumulaciones a través de canales que drenan el agua de escorrentía y lo llevan hasta alcanzar una red fluvial. Año a año, las carreteras del Perú, se ven afectadas por diferentes fenómenos asociados a la temporada de invierno, como el niño costero en la región costa y los constantes derrumbes y desbordes de las carreteras producto de las lluvias en la selva. Los argumentos de este proyecto se enfocan en el colapso de las carreteras producidas por el incorrecto diseño del drenaje pluvial dando como consecuencia un incremento en el costo de mantenimiento. Por ello es importante contemplar el uso de tecnologías novedosas y progresistas en el diseño de drenaje pluvial que a su vez permita servir de base de información a futuro en proyectos que se contemplen en un diseño de infraestructura vial. Como parte de nuestra realidad problemática, describimos desde el ámbito internacional según Vicente (2019), en su trabajo de investigación para recibir el documento de ingeniero civil que tiene por menciona que el diseño para redes de drenaje, debe hacerse de forma independiente, en la que existan un sistema de conducción sanitario y un sistema de conducción pluvial, por tener un diferencia en la contaminación de fluidos contaminados y su nivel en gasto que tiene cada uno; centrándose específicamente en el drenaje pluvial, plantea el diseño de un flujo avenamiento de lluvias utilizando tres metodologías: 1. El cálculo de gasto con la formulación racional, para obtener flujos por área tributaria por cada sección del conducto y diseño de la red con el software EPA SWMM. 2. Distribución de lluvia y diseño de la red con el software EPA SWMM, utilizando valores del hietograma de lluvia total, haciendo cálculo de pérdidas se insertaron cuencas de aportación por tramo de tubería y así el modelo hace la distribución de lluvia y tránsito hidráulico. 3. Obtención de hidrograma en cada cruce de la red de drenaje con el software IBER y diseño de la red con EPA SWMM. Al culminar el estudio, y haciendo la comparación de valores obtenidos en los tres métodos, concluyen que los gastos más pequeños se generaron con el programa

IBER, implicando que se tendrán diámetros de tuberías más pequeñas y con ello un costo menor del proyecto. Con respecto a las otras metodologías, los resultados obtenidos fueron diámetros más grandes, recomendando este software como herramienta de modelación. En el ámbito nacional, según la tesis de Zárate (2021), para titularse como ingeniero civil denominada “Modelado hidrológico e hidráulico del drenaje pluvial mediante el software SWMM para la urbanización Monterrico de la Ciudad Jaén – Cajamarca”, existe una necesidad de tener un correcto sistema que drene las aguas pluviales y fluviales y así frene la percepción de escurrimientos, mapas de inundación causadas por las intensas lluvias del fenómeno del niño, para ello plantea el diseño hidráulico de una red de drenaje pluvial, mediante el software SWMM 5.0, para realizar los cálculos y un óptimo diseño conformado por redes hidráulicas y con ello, obtener un menor coste de proyecto, además que la información recabada podrá servir para proyectos posteriores que se desarrollen en dicha ciudad. Por otro lado, Zambrano (2017) en la tesis que le otorgó el título de ingeniero civil, denominada “Diseño de drenaje pluvial del pueblo Joven Muro, Chiclayo, Lambayeque – 2017” como parte de sus objetivos está el indicar las características preliminares del área, para el diseño del drenaje pluvial, determinando así los estudios topográficos, mecánica de suelos, hidrología, hidráulica e impacto ambiental; cumpliendo este objetivo, busca diseñar el drenaje pluvial. Para efectos del diseño, se trabajó con el método racional, con estudios hidrológicos obtenidos de la estación de Lambayeque, se obtuvieron los datos pluviométricos y con ello realizaron el cálculo de intensidad según la duración de la lluvia y el periodo de retorno. El diseño hidráulico lo obtuvieron empleando el software H – Canales; mediante el análisis topográfico y mecánica de suelos se pudo obtener un sistema de diseño que funcione por gravedad, de esa manera mediante la aplicación de la fórmula del caudal de escurrimiento ( $Q=C*I*A/360$ ) se obtuvieron 5 flujos principales que descargarán en el canal de Yourtuque con un diseño de escurrimiento por gravedad, gracias a la topografía de la zona, permitirá la evacuación correcta de las precipitaciones pluviales, generando así desarrollo social, comercial y económico de la población beneficiada.

Asimismo, en el ámbito local, Torres y Pashanasi (2020), en su tesis con la que obtuvo el título de ingeniero civil, denominado “Relación de parámetros hídricos, suelo y orografía del centro poblado Las Palmas para el diseño hidráulico y estructural de un sistema de alcantarillado pluvial urbano” se traza como parte de sus objetivos realizar un sistema que permita el alcantarillado pluvial urbano, siguiendo los parámetros de la norma OS.060, utilizando el método de diseño racional en caso de que la zona de la cuenca sea menor o igual a 13 Km<sup>2</sup>, en caso de áreas mayores propone utilizar modelos de simulación o en su defecto el método de hidrograma unitario. Según los análisis hídricos, parámetros de suelos y parámetros orográficos de la zona de estudio, le permitieron un planteamiento hidráulico de sistema de drenaje utilizando como base la gravedad que lleve lo drenado hacia la quebrada de Ahuashiyacu. Concluyendo así en la gran importancia que tienen los estudios preliminares de topografía, suelos e hídricos para un correcto diseño de drenaje pluvial; lo que nos lleva a la formulación del siguiente problema general : ¿Cuál sería el correcto diseño del drenaje pluvial en un tramo de 20 metros del kilómetro N° 06 de la carretera Rioja – Yorongos, Rioja 2021? A partir de allí, nos formulamos los siguientes problemas específicos; para efectos de diseño, ¿Cuáles son las propiedades mecánicas que tiene el suelo en un tramo de 20 metros del kilómetro N° 06 de la carretera Rioja – Yorongos, Rioja 2021?, ¿Cuál es la topografía que tiene un tramo de 20 metros del kilómetro N° 06 de la carretera Rioja – Yorongos, Rioja 2021? ¿Cuáles son los datos hidrológicos necesarios para el diseño del drenaje pluvial en un tramo de 20 metros del kilómetro N° 06 de la carretera Rioja – Yorongos, Rioja 2021? ¿Cuál será la propuesta de diseño de drenaje pluvial que se va a realizar en un tramo de 20 metros del kilómetro N° 06 de la carretera Rioja – Yorongos, Rioja 2021? por ultimo ¿Cuál sería el costo del diseño de drenaje pluvial de un tramo de 20 metros del kilómetro N° 06 de la carretera Rioja – Yorongos, Rioja 2021? Por consiguiente, para fines de esta investigación se presenta la siguiente justificación teórica, con este proyecto, buscamos brindar a través de las herramientas de la Metodología BIM, una solución conjunta que permita el correcto diseño del drenaje pluvial, teniendo una vista panorámica y

tridimensional de las fallas ocasionadas por el incremento del caudal del río y las precipitaciones pluviales y así de esa manera sirva de base de datos para una futura proyección de carretera asfaltada. Por otro lado, como justificación práctica buscamos insertar la metodología BIM con su tecnología progresista que busca economizar el costo del proyecto, contemplando todas las probabilidades de una falla cuando aún se encuentra en proceso de diseño de expediente. Así mismo, en la justificación por conveniencia, en nuestra región, aún no se ha visto proyectos innovadores que permitan diseñar y ejecutar el proyecto en softwares para identificar de manera anticipada cualquier error en las etapas de diseño, además de permitir contemplar un mejor panorama de impacto ambiental, al poder ejecutar el proyecto en el mismo software; convirtiendo a la provincia en modelo de ejecución de proyectos eco sostenible. Como justificación social, se busca mejorar la calidad de vida de los pobladores del distrito de Yorongos, al ser una zona agrícola, el diseño correcto del drenaje pluvial evitará inundaciones de las zonas agrícolas, salvaguardando así los cultivos de los pobladores y mantendrá la conectividad terrestre al evitar el desborde de la carretera por precipitaciones pluviales. Por último, nuestra justificación metodológica, se llevará a cabo analizando y recopilando informes de estudios realizados en la elaboración de tesis, artículos, normas, reglamentos y manuales sobre diseño de drenaje fluvial y la importancia de la metodología BIM en diseños de obras hidráulicas. Nuestro objetivo general se realizado el diseño del drenaje pluvial en un tramo de 20 metros del kilómetro N° 06 de la carretera Rioja – Yorongos, Rioja 2021. Como objetivos específicos tenemos: Se ha logrado conocer los aspectos físicos de la carretera realizando un levantamiento topográfico, para seccionar el área de diseño del drenaje pluvial del Km 06 de la carretera Rioja – Yorongos, Rioja 2021. Se realizado los estudios de suelos para obtener las propiedades mecánicas del suelo para el diseño de drenaje pluvial en un tramo de 20 metros del km 06 de la carretera Rioja – Yorongos, Rioja 2021; se ha logrado obtener los datos hidrológicos necesarios para el diseño del drenaje pluvial en un tramo de 20 metros del kilómetro N° 06 de la carretera Rioja – Yorongos, Rioja 2021; Se ha logrado determinar el diseño del drenaje pluvial

óptimo para un tramo de 20 metros del kilómetro N° 06 de la carretera Rioja – Yorongos, Rioja 2021; Se logro determinar el costo proyectado para el diseño del drenaje pluvial de un tramo de 20 metros del Km 06 de la carretera Rioja - Yorongos, Rioja 2021. Por último, se ha formulado la hipótesis general con la que partimos la investigación es que con un adecuado diseño del drenaje pluvial de un tramo de 20 metros del kilómetro N° 06 de la carretera Rioja – Yorongos nos permitira conocer adecuadamente las características hidraulicas del presente tramo, Rioja 2021; como hipótesis específicas: HE1 Con el levantamiento topográfico nos dará a conocer las características físicas del terreno en un tramo de 20 metros del kilómetro N° 06 de la carretera Rioja – Yorongos, Rioja 2021. HE2 El estudio de suelos nos mostrará las características mecánicas del terreno en un tramo de 20 metros del kilómetro N° 06 de la carretera Rioja – Yorongos, Rioja 2021. HE4 Con los datos hidrológicos nos permitira fundamentar adecuadamente el diseño del drenaje pluvial en un tramo de 20 metros del kilómetro N° 06 de la carretera Rioja – Yorongos, Rioja 2021, HE5 Con los resultados obtenidos, se podrá determinar la estimación de costos que implica el diseñar el drenaje pluvial de un tramo de 20 metros del kilómetro N° 06 de la carretera Rioja – Yorongos, Rioja 2021.

## II. MARCO TEÓRICO

Como antecedentes internacionales según Romero, (2017) en su tesis “Propuesta de diseño de un sistema de drenaje vial para tramo de carretera terciaria San Joaquín Alto del Tigre en el Municipio de la Mesa Cundinamarca”, indica que un correcto sistema de drenaje, permite el paso de aguas que se acumulan en depresiones topográficas y en aumento de caudales en periodos de fuertes avenidas, para efectuar el diseño como primer paso se hace uso de la hidrología teniendo en cuenta lo establecido en las normas y criterios hidrológicos, su principal objetivo es reunir y depurar las aguas que corren debajo de la vía. Según Carmona, (2014). En sus tesis “Diagnóstico del sistema de alcantarillado pluvial del tramo ruta nacional 228 en Cartago”. Para lograr diagnosticar un proyecto de drenaje pluvial, se tiene que hacer uso de la observación señalando los puntos donde se generan las fallas se guardan los datos para su posterior rediseño en las secciones que no cumple con el caudal requerido y hacer un estudio del comportamiento climático para mitigar errores, sin duda se incluye la falta de mantenimiento y limpieza que afecta al funcionamiento del drenaje. Según Sánchez et al (2021) En su artículo científico denominado “Diseño eficiente de sistema de drenaje pluvial en carretera”, hace referencia al exceso de aguas superficiales en las carreteras debido a tormentas que puedan generar situaciones peligrosas, se puede realizar variaciones de entonces para delimitar las avenidas de aguas en el drenaje, utilizando una simulación numérica hidráulica se verifica las entradas de rejilla con la información hidráulica nos concluye que para tomar mejores decisiones de diseño se debe recopilar información hidráulica. Según Amatya et al. (2021) en su artículo científico denominada “Estimaciones de precipitaciones, curvas IDF y descargas de diseño para estructuras que cruzan carreteras”, los autores utilizaron gráficos de intensidad-duración-frecuencia de precipitaciones que fueron desarrolladas para 4 cuencas hidrológicas, ellos utilizaron para el análisis hidráulico el método racional y ecuaciones de regresión regional del USGS, definieron que el último método se utilizó para cuencas de mayor y el otro para cuenca de menores dimensiones.. Como antecedentes nacionales: Según Hernández, (2018), en la tesis denominada “Diseño del

drenaje pluvial y evaluación de impacto ambiental en Urb. El Chilcal de la Ciudad de Piura”, se ha concluido que los parámetros para el diseño del drenaje son, la potencia que tiene dependencia con el tiempo de masa expuesta en el tramo de análisis, así como los caudales de escorrentía cuyo cálculo se realiza con el método racional y como criterio se utiliza lo que estipula la norma de drenaje pluvial urbano (OS.060). Según Gencel, (2014), en el artículo científico denominado “Diseño mejorado de alcantarillas de drenaje pluvial en carreteras”, se ha concluido que los ingenieros encargados de los diseños de drenaje pluvial en carretera, a menudo su primera opción son los modelos estructurales como alcantarillas y badenes antes que construir un puente, siendo uno de los criterios con error que se repite por falta de continua mejora en la experiencia y no realizar los análisis especializados. Según Yáñez, (2014), en la tesis denominada “*Eficiencia del sistema de drenaje pluvial en la Av. Angamos y Jr. Santa Rosa*”, nos comenta que un sistema de drenaje administra el proceso de conducir el exceso de agua para prevenir y proveer protección, el sistema está integrado por la red de conductos e instalaciones que suman para el mantenimiento y operación, aquel conjunto de obras, que tienen por función principal de interceptar y dirigir, evitando que causan u originan problemas de inundación, los drenajes tiene un espacio primordial en razón a proyectos de viabilidad, de la topografía y su alto costo. Se tiene la tesis de Quintana (2021) de nominada “*Análisis y diseño de drenaje pluvial para A.H. Los Algarrobos I y II etapa (Piura)*”. Se concluye que para el diseño de las zanjas de tierra se ha utilizado el programa para diseño de cunetas de tierra a partir de caudales, desniveles y rugosidad del material y geometría rectangular, se calcularon los tirantes en seccion y se adiciono una altura libre del 24% como estandar para luego determinar las geometrías con medidas precisas, para construcción, se tiene ocho tipo de modelo de concreto de medida de 0.10 metros y repisas de barras metaicas para evitar el ingreso de desague se ha utilizado la norma técnica OS.060. (2006) correspondiente al método racional se ha realizado el cálculo del caudal elevado. Por último, se analizo el estudio preliminar de construcción con costos, relacion de precios y cronograma. Para los autores Condezo y Reshea (2019), en su tesis denominada

*“Propuesta de un diseño hidráulico para la evacuación pluvial del jirón Putumayo desde el 15 a la cuadra 17 – Iquitos 2019”*, Para esta investigación se ha tomado por partes las cuestiones con respecto a los desbordes de los límites normales de la calle Putumayo, con límites a la calle Manco Capac hasta llegar a la calle Amazonas, que están al norte del espacio urbano con buena densidad de población de la urbe de Iquitos, se ha tenido en consideración los estudios de hidrología, estudio de topografía que fueron finalmente utilizadas para determinar los parámetros de diseño hidráulico y posterior simulación mediante un programa con algoritmos de inteligencia artificial para una situación ficticia para una red de drenaje pluvial para zona norte. La utilización de programas con algoritmos de inteligencia artificial nos permite llegar a los resultados más precisos, conclusiones y recomendaciones, que están a la par de los proyectos más importantes.

Teorías relacionadas con la variable independiente drenaje pluvial, como definición conceptual, Bolinaga, F. (2011) Se comprenden como drenaje pluvial como un procedimiento o grupo de hechos, materiales o no, con el objetivo de evitar, que los fluidos pluviales realicen fallos a las estructuras, propiedades y factores que terminan dañando al hombre u impidan el libre desarrollo de actividades civiles de las poblaciones cercanas al problema planteado, es decir dirigidas por los resultados incluidos en los objetivos analizados. Este tipo de proyectos son creados a partir de la interacción de la actividad humana y el ciclo natural del agua. Como definición operacional de la variable, se tendrá en cuenta el ciclo hidrológico empezando por el estudio de la cuenca para delimitar el área, perímetro y velocidad, teniendo como principal aporte el análisis en tiempo de avenidas de las cuencas hasta el punto de quiebre y su posterior recorrido por toda la zona afectada, a continuación, se hace una zonificación de la zona de estudio para proceder a escoger los tipos de sistema que ocuparemos para la ejecución del proyecto. Perspectiva del drenaje pluvial. Observamos los retos impuestos sobre la utilización de los recursos hídricos en zonas

urbanas o de circulación vecinal en carreteras. Las políticas y sin olvidar que el enfoque de la ingeniería debe tener la adaptabilidad frente a los cambios climáticos como principal principio para la proyección de las obras de arte, es generado para proteger vidas humanas, la infraestructura vial y urbana, para concretizar el estudio se dispuso a verificar las características de cuencas y topografía, precipitación, estimación de caudales y velocidades. Reconocer una reducida capacidad hidráulica para la adaptación, debemos integrar la manipulación de cuencas hidrológicas como también el control de descargas, con el fin de lograr una ciudad sostenible. Ávila, (2014). Falla en drenajes pluviales en carreteras. La posibilidad que una estructura falle está sujeto al periodo de retorno y la vida útil. Con esta dependencia, nos brinda fórmulas y tablas de velocidades, para poder calcular los periodos de retorno y riesgo admisible. Las dimensiones, se basan en nuestros estudios preliminares, tales como levantamiento topográfico a nivel profesional y se utiliza para conocer el área de estudios; otra dimensión es el estudio de mecánica de suelos para conocer las propiedades del suelo en el que se realizará el diseño, así como los estudios hidrológicos e hidráulicos, que son la base de nuestro diseño, con eso podríamos obtener nuestros costos y presupuestos del proyecto y medir la eficiencia de nuestro proyecto. La mejor solución pero a la vez la más costosa es la construcción de un puente, sin embargo la ingeniería se realiza por entregar soluciones efectivas al menor costo posible, se dispone de dos alternativa de solución las cuales son: la alcantarilla protegida desde aguas arriba haciendo factible el vertimiento sobre el tramo de carretera y alcantarillas más resistentes, consiste en confinar elementos de parapeto seguido de las alcantarilla del concreto reforzado de suficiente alcance tal que, estas pueden servir de un almacón que acceda suspende encima de ellas una protección de taludes aguas abajo mediante gaviones tipo colchón siendo un apoyo para la impermeabilidad de los distintos materiales. Indicadores. Definidos por las siguientes actividades de nuestro proyecto, tales como las curvas de nivel, determinación de pendientes, determinación de las características del terreno, estudios de mecánica de suelos donde se realizaron los estudios de límite de líquido y límite plástico, el desarrollo del perfil estratigráfico y la

correspondiente clasificación de suelo, con ello tendremos nuestro diseño óptimo el presupuesto y programación. Es necesario proponer un mapa de cuencas antes de realizar el diseño de una carretera ya que para reconocer el campo en análisis del área que brinda escorrentía aguas arriba de un punto referencial para el cauce común. Con esto se procederá a realizar los diseños de drenajes, teniendo en consideración que el agua seguirá su dirección natural sin considerar el posicionamiento de la carretera; mientras tanto con la hidrología se puede analizar y determinar variaciones de medidas o fenómenos tanto como el nivel freático, caudales, entre otros como evaluar la calidad de agua y la cantidad del transporte de sedimentos. Para no perjudicar la estructura y que no sufra ningún tipo de falla estructural efectos que son producidos por los fluidos de las cuencas los cuales generan mayor impacto para ello la hidráulica es la encargada de manejar los parámetros apropiados. Se incluye la topografía de manera que abstraer puntos de levantamiento topográfico con el propósito de reconocer el terreno existente, es de suma importancia para verificar el movimiento de terreno en sentido de corte y relleno de manera que se logra visualizar como una representación plana de la zona a analizar con todos sus detalles. Prado G. A et. al. (2020). Como escala de medición se toma en consideración la escala de medición a la razón. Teorías relacionadas con la variable dependiente Metodología Bim, como definición conceptual, Barreto, (2020). La integración de proyectos de manera que minimice incompatibilidades que solo se pueden observar en obra, ya que muchas entidades atribuyen a su trabajo un método de forma segmentada. Building Information Modeling (BIM) es un sistema eficiente que ejecuta y organiza en simultaneo los diseños del proyecto, como prioridad la metodología tiene la reducción y optimización del análisis en las actividades a ejecutar. El detalle de la implementación BIM es el requerimiento de adaptaciones conteniendo variaciones de etapas involucradas con la comunicación, las múltiples disciplinas de integración de redes, talentos. Al implementar nos brinda un principal modelo digital que desarrolla todas las etapas del proyecto estructurales generando plazos de menor tiempo con mayor productividad. Para los ingenieros es un reto por la falta de experiencia, calificación de

usuarios y los costos que solicita la tecnología para adecuar a una entidad. Como definición operacional, Se organiza un flujo de trabajo constante con comunicación continua entre las diversas disciplinas implicadas en el proyecto, evitando el coste de tiempo por la falta de actualización de datos; se utiliza software que manejen la secuencia y formatos. Adecuando el contexto para poder respaldar los datos con nuevas configuraciones, así mismo se procede el diseño del modelamiento de forma correlativa; sincronizando la información de datos. La tecnología que se utiliza para los modelamientos correlativos y podemos organizarlos son, el Auto-Cad 3D que generalmente se utiliza para cortes y rellenos, también para el diseño de obras de arte, el Revit para estructura y arquitectura, el Hec-Rass para el modelamiento de flujos en cuencas y finalmente se hace uso del Autodesk NaviWorks para la integración del proyecto seguido de su presentación final. Sin embargo, hay que tener en cuenta la compatibilidad del conjunto de programas a utilizar con nuestra propia metodología de trabajo. Como dimensiones, las obtenemos a partir de los modelamientos con softwares de diseño de Autodesk, cuyos interfaces son similares a las de Autocad. De ello tendríamos objetado a la viabilidad del proyecto para determinar el cálculo hidráulico y el mismo diseño de la red de alcantarillado, esta metodología ayudará a minimizar el tiempo de diseño en casos similares al que se está proyectando por primera vez en un campo a someter tales estudios, bastará con el cambio de información en los cuadros de diálogos de los programas para poder iniciar con la resolución del problema en común sin embargo como se mencionó se restringe para rediseños ya que esto costará un nuevo estudio del caso para que no sucedan fallos y errores en la compatibilidad, otro punto a favor es la visualización final que nos ofrece en un modelamiento 3D con variaciones de vista con las que se puede rectificar con mayor exactitud los errores, esto sucede gracias a la integración de los software y el flujo de trabajo que se implementó en dicho proyecto; con respecto al diseño se debe trazar y armar de formar rigurosa con una supervisión de un especialista proyecto de modelamiento Bim, por lo general se ingresan datos de los estudios de acuerdo a los parámetros dispuestos por las normativas del país. Carmo, (2019). Como Indicadores, es necesario conocer el

modelamiento de programas de la marca Autodesk para poder determinar el caudal promedio, diario y máximo horario, y lo que implique los procedimientos de diseño con sus softwares para determinar el diámetro de la tubería y la calidad necesaria para ser utilizada en el presente proyecto. Para ello es necesario conocer los datos empíricos como lo es el ciclo hidrológico con este complemento podemos calcular las diferentes variaciones según velocidad vs tiempo, obteniendo una estimación de caudal que proporciona la cuenca natural en donde se efectúa la obra de arte, con estas atribuciones podemos realizar el diseño hidráulico y estructural, teniendo en cuenta que utilizan los cálculos de la avenida con respecto al tiempo futuro, con el fin de soportar las variaciones en el transcurso, en esta fase se agregan datos a los programas. Neciosupm (2015). Estrategias para el diseño de redes de drenaje pluvial, empleando modelación matemática, para su aplicación en la ciudad de Luanda”, nos dice que el estudio del drenaje pluvial constituye un aspecto muy importante dentro de la rama de la hidrología e históricamente los modelos de drenaje han resaltado por su carácter empírico en formulaciones a excepción del método racional, que para su cálculo exige datos empíricos, sin embargo su formulación como el nombre indica es de tipo racional; con la aparición de modelos espaciales 2D y 3D, surgen las limitaciones en su elaboración debido a la insuficiencia de datos, ante todo en países en vías de desarrollo. Los programas para modelación del flujo de agua más conocidos son el SWMM (1D) y el IBER (2D), el primero es de dominio público y cuenta con una versión comercial distribuidas por empresas privadas, es del modelo de depósito No lineal (MDNL) y está estructurado en dos módulos: hidrológico para simular la escorrentía (RUNOFF) e hidráulico (EXTRAN) para simular el comportamiento del flujo dentro de la red de colectores. Por otro lado, el MODELO IBER es un modelo numérico que simula el flujo turbulento en lámina libre en cuanto refiere a procesos medio ambientales en la rama de la hidráulica fluvial, puede simular rotura de presas, evalúa aquellas zonas que padecen de inundaciones, además del cálculo de transporte de sedimentos y flujo de marea en estuarios. Domingos, D. (2015). Como escala de medición se considera de medición de razón

### III. METODOLOGÍA

#### 3.1. Tipo y diseño de investigación.

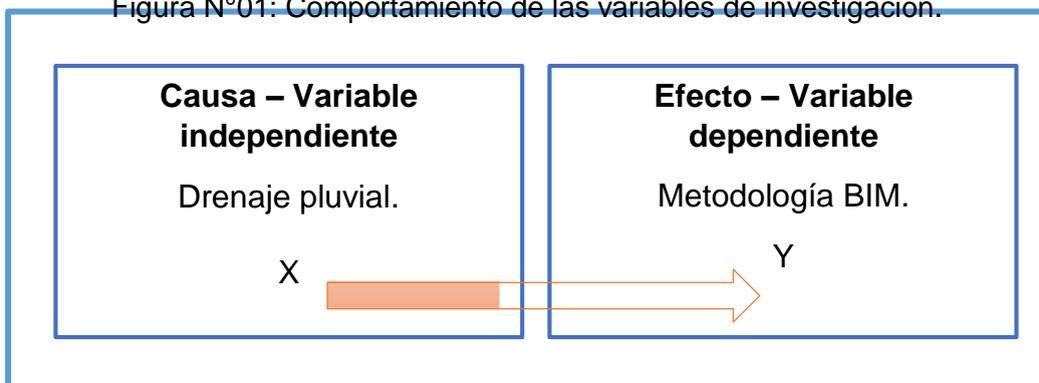
##### 3.1.1.-Tipo de Investigación.

La investigación es de tipo básica cuantitativa, este tipo de investigación plantea que una de las formas confiables de conocimiento de la realidad es con la recopilación y análisis de datos, además con ello podríamos contestar las interrogantes de la investigación y en consecuencia demostrar las hipótesis, esta investigación confía en lo tangible, en lo que se pueda probar en uso de cálculos estadísticos que nos dé patrones de comportamiento en la población de estudio. Borja, (2016).

##### 3.1.2.-Diseño de Investigación.

Para nuestro diseño, esta investigación es descriptiva del tipo transversal, por lo tanto, requiere una adecuada y minuciosa comprensión de las condiciones actuales, para brindar la correcta descripción de la recolección de datos. Rivas, J. (2018). Además de ser no experimental, porque se lleva a cabo sin manipular intempestivamente las variables y prioriza el analizar el nivel de las mismas en un determinado momento, estudia la relación que guarda un conjunto de variables en un punto determinado de tiempo. Zambrano, J. (2017).

Figura N°01: Comportamiento de las variables de investigación.



Fuente: Elaboración propia, 2021.

### 3.2. Variables y Operacionalización

Se dice que una variable independiente, ejerce influencia, es determinante y causa sujeción en las otras variables llamadas dependientes, además dentro de la relación causal que brinda la hipótesis, estas se determinan como causas. Pino, R. (2010). En ese sentido, tenemos como:

- Variable independiente: Drenaje pluvial, definición conceptual: Está destinada a liberar y/o prevenir cualquier acumulación de agua de lluvia, Así como prevenir el deterioro de las edificaciones e infraestructuras existentes y evitar generar focos de contaminación ambiental. (Norma CE 040, 2021). Definición operacional: Son la mejor alternativa para desocupar las acumulaciones de agua por precipitaciones y derivarlas a ríos o canales para su aprovechamiento, evitando el daño de la infraestructura pública y privada. Izquierdo A. y Zeña J. (2019). Dimensiones: corresponde a las características que influyen en el diseño del drenaje pluvial. Indicadores: según su viabilidad, el diagnóstico situacional del Km 06 de la carretera Rioja – Yorongos, Rioja 2021; según sus estudios preliminares tendremos: los estudios topográficos, de suelos, hidrológico e hidráulico; por último, tenemos el presupuesto y programación.
- Variable dependiente: Uso de la metodología BIM en el diseño del drenaje pluvial en un tramo de 20 metros del kilómetro N° 06 de la carretera Rioja – Yorongos, Rioja 2021, definición conceptual: Es aquel grupo de tecnologías, métodos y estándares que ayudan en diferentes etapas, como formulación, diseño, fase construcción, operación y mantener una infraestructura o edificación de manera colaborativa en un espacio virtual, Ministerio de Economía y Finanzas, (2020). Definición operacional: Es un proceso de gestión y generación de datos para el proyecto durante su periodo de vida, utilizando herramientas digitales (softwares) de modelamiento en tres dimensiones, disminuyendo así la reducción de tiempo y evitando la pérdida de recursos en el diseño y la construcción, Cerón, y Liévano, (2017). Dimensiones: tiene por dimensiones su grado de viabilidad como el modelamiento con

softwares de diseño de AUTODESK en sus versiones 2D y 3D. Indicadores: según su viabilidad, el diagnóstico situacional de softwares de diseño de redes de saneamiento, drenaje transversal; según su diseño tenemos el hidrológico y estructural. Nuestra escala de medición será la razón.

### **3.3. Población, muestra**

#### **3.3.1.-Población**

Es la totalidad del rango en el que se encuentra el conjunto a estudiar, y desde un punto de vista estadístico, tenemos la población infinita en la que no existe posibilidad alguna de elaborar un marco muestral puesto que se desconoce el tamaño, a diferencia de la población finita, en la que existe un marco muestral que permite hallar unidades de análisis. D'Angelo, S. (2014). Para este proyecto, se tendrá como población finita a los 10 km. De la carretera denominada Tramo Emp. PE-05 N Rioja - Yorongos, Provincia de Rioja - San Martín.

#### **3.3.2.-Muestra**

Según la naturaleza y objetivos de la investigación, se puede obtener la muestra realizando el muestreo del tipo no probabilístico de selección intencional y así, de esta manera poder evaluar las variables. Díaz, J. (2019). En ese sentido, tomaremos como muestra 20 metros del Kilómetro N°06. del Tramo Emp. PE-05 N Rioja – Yorongos.

#### **3.3.3.-Muestreo**

Para efectos de este estudio, se emplea un muestreo no probabilístico, teniendo nuestro proceso de selección intencional, basada en los reportes de incidencia de daños por precipitaciones pluviales en el Kilómetro N° 06. del Tramo Emp. PE-05 N Rioja – Yorongos.

**Tabla 01. Muestreo No probabilístico intencional por daños**

**Evaluación Preliminar De Daños Por Precipitaciones Pluviales En el Distrito De Yorongos - INDECI**

Año	Carretera afectada (Km)	Ubicación
2017	0.08	Altura del Km 06 ruta Rioja - Yorongos
2019	0.03	Altura del Km 06 ruta Rioja - Yorongos
2021	0.1	Altura del Km 06 ruta Rioja - Yorongos

Fuente: Elaboración propia, tomando datos de reportes del COEN – INDECI, 2021.

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

Para la elaboración de los criterios de estudio, se deberán tener criterios establecidos que permitan delimitar las técnicas de recolección de datos, el uso que se brindará a los mismos y los instrumentos que se emplearán en dicha toma. Siendo consecuentes, realizamos la siguiente tabla:

**Tabla 02.**

<i>Técnicas, instrumentos</i>		<i>de recolección</i>	<i>de datos.</i>
TÉCNICA		USO	INSTRUMENTO
Análisis de documentos		Recopilar y analizar información de otros autores, libros, artículos, antecedentes entre otros	Guía de análisis de documentos
Observación directa - experimental	No	Diagnostico situacional	Guía de observación de campo
Estudios Generales		Estudios preliminares de ingeniería en obras	- Estudios de Topografía - Estudios de Mecánica de suelos - Estudios hidráulicos
Calculo		Metodología de diseño (softwares de diseño) Diseño de drenaje pluvial transversal	- Metodología BIM - Diseño drenaje - Normas y reglamentos vigentes

Fuente: Elaboración propia, 2021.

### 3.5. Procedimientos

Trabajo de Campo: Se ha realizado visitas a la carretera de Rioja hacia Yorongos, denominada Tramo Emp. PE-05 N Rioja – Yorongos a la altura del Km 06, Rioja 2021; con la finalidad de la obtención de las características topográficas del área, relieve y aspectos hidrológicos de los cauces artificiales y naturales, además de identificar la existencia de obras de arte que actualmente se usen como sistema de drenaje como alcantarillas, cunetas, etc.; de esta manera realizar un bosquejo de un diseño del drenaje. Por otro lado, realizaremos estudios preliminares con la ayuda de instrumentos, equipos y laboratorios externos para realizar:

- a) Estudios de topografía: Se realizará la fijación de puntos topográficos de control vertical (BM) y horizontal (Poligonal básica de apoyo) en un tramo de 231 m de la carretera denominada “Tramo Emp. PE-05 N Rioja – Yorongos” con herramientas como GPS, trípode, estación total, etc. Con el propósito de alcanzar los diferentes relieves del terreno y obtener las pendientes.
- b) Estudios de mecánica de suelos: Se realizará el perfil estratigráfico de 02 calicatas tal como estipula la norma de Drenaje pluvial Urbano, la NORMA OS 060 y obtener las características del suelo.

Trabajo de Gabinete: Recopilar información relevante, como análisis hidrológicos, reportes preliminares de precipitaciones pluviales en nuestra zona de muestra, estudio de normativas vigentes aplicadas al tema.

- c) Estudios hidrológicos e hidráulicos: Recopilación de información de la cuenca del río Tonchima según:
  - Pluviometría: determinación de las estaciones pluviométricas que nos brindaran la data de las precipitaciones de los últimos años.
  - Hidrografía: Evaluación de la información hidrológica, Selección de estaciones meteorológicas y recopilación de las precipitaciones mensuales de cada una.
  - Relación de precipitación – altitud, mediante el comportamiento orográfico de las precipitaciones.

- Determinación de las cuencas hidrográficas. Para poder calcular el caudal de diseño y obtener las dimensiones del proyecto de drenaje pluvial.

Elección de softwares de diseño y procesamiento de datos para la integración conjunta mediante la metodología BIM. Con la recolección, análisis y procesamiento de esta información se busca ordenar las variables y datos que van a influir en el diseño y brindar un orden de prelación a las etapas de diseño. Se planteará 03 diseños de drenaje pluvial, según el análisis de costos, herramientas y materiales in situ se pueda elegir el óptimo diseño. Finalmente haremos una tabla comparativa de los beneficios y costos obtenidos al utilizar la metodología BIM, con respecto a otros métodos de diseño y probaremos que con la metodología BIM nos brinda el correcto diseño del drenaje Pluvial de un tramo de 20 metros del kilómetro N° 06 de la carretera Rioja – Yorongos, Rioja 2021.

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

El análisis efectuado se utilizará para el diseño con las herramientas informáticas que utilizan la metodología BIM (Softwares) este ayudará con la administración de datos e información, permitiéndonos tener un análisis más sofisticado y de precisión. La recopilación de datos y estipulación de parámetros lo registramos empleando lineamientos de la Norma técnica peruana, para nuestros estudios preliminares; los manejos de datos se ejecutarán en tablas de Excel y se consolidaron en este informe en Word.

### **3.7. Aspectos éticos.**

Como investigadores, nos comprometemos a respetar la legitimidad de los conocimientos reconociendo en este proyecto sus derechos de autoría. Por otro lado, nos comprometemos a realizar un estudio con datos veraces que contribuyan con el desarrollo de los procesos de diseño y ejecución de proyectos con tecnologías modernistas. Para realizar el diseño se respetaron los procesos, criterios y lineamientos establecidos en los reglamentos de diseño; de otro lado este proyecto se realizó según la Guía de Productos de Investigación, UCV (2020).

#### IV. RESULTADOS.

**4.1. Se ha logrado la determinación de las características topográficas del terreno en un tramo de 20 metros del kilómetro N° 06 de la carretera Rioja – Yorongos, Rioja 2021.**

**Tabla 03: Coordenadas y progresivas:**

TRAMO	LONG	PUNTO	ESTE	NORTE	PROGRESIVAS
TRAMO	20.00	Inicio	263025.173	9323553.646	6+225.00
1		Fin	262854.384	9323686.453	6+231.00

Fuente: Elaboración propia, 2021

**Interpretación:** Los trabajos de campo, se realizaron con equipos de alta precisión, cuya información es procesada y permite obviar fórmulas y correcciones manuales, que serían susceptibles al error humano; dicha data se procesa en el software especializado. Como características del área de estudio se obtuvo que, en épocas de máxima avenida, el desborde del río Tónchima afecta las zonas de cultivo y los caminos internos de entrada a las áreas de cultivo, generando fallas geológicas en los bordes del río Tónchima, para el tramo 01 determinado en el estudio. Además, se pudo identificar que la zona del proyecto presenta un relieve ondulado. Para efectos de georreferenciación, se colocaron puntos BM físicamente en el tramo de intervención, además se presentan fichas para que puedan ubicarse de forma futura en el área de estudio. Las coordenadas obtenidas están referidas al sistema WGS84, Realizamos el levantamiento topográfico de un tramo de 231 m para realizar el drenaje pluvial de un tramo crítico de la carretera Rioja – Yorongos. Se identificaron 03 cursos de agua que vierten sus aguas al río Tónchima, que deberán ser tomadas en cuenta al momento de diseñar el sistema de drenaje pluvial a aplicarse.

#### **4.2. Se ha realizado la elaboración del estudio de mecánica de suelos para el diseño del drenaje pluvial en un tramo del kilómetro N°06 de la carretera Rioja – Yorongos, Rioja 2021.**

La normatividad de los lineamientos mínimos se regirá en base al RNE, NTE E050 – Suelos y cimentaciones, además como complementos tendremos a la NTE E030, Diseño Sismo Resistente y NTE E060, concreto armado. Se tiene el siguiente perfil estratigráfico del suelo:

Calicata N°01. km. 6+800 COORD.: N. 9324438 E. 0262292.M-1- (Prof. 0.00 – 0.70): Grava mal graduada arcillosa, medianamente compacto, fino de color blanquecino con manchas amarillas, material húmedo (25.00%), y de índice de plasticidad bajo (IP=12.60%), presenta contenido de 68.0% de grava, 20.61 % de arena y 11.39% de arcilla. Estrato de clasificación, SUCS: GP-GC. ASSTHO: A-2-6(0). M-2: (Prof. 0.70 – 2.50): Grava arcillosa, medianamente compacto, finos de color gris, en estado saturado con índice de plasticidad bajo (IP=11.40%), presenta contenido de 65.52% de grava, 19.00 % de arena y 15.48% de arcilla, estrato de clasificación, SUCS: GC. ASSTHO: A-2-6(0).

Calicata N°02. km.6+910. COORD.: N. 9324330 E. 262329 M-1:(Prof. 0.00 – 1.00): Arena limosa con grava, sub redondeada, medianamente compacto, fino de color blanquecino con manchas amarillas, material húmedo (27.40%), no plástico, presenta contenido de 35.41% de grava, 51.49 % de arena y 13.10% de arcilla. botonería de 3 a 13 pulgadas, de diámetro. Estrato de clasificación, SUCS: SM. ASSTHO: A1b (0). M-2: (Prof. 1.00 – 2.50): Grava mal gradada arcillosa, medianamente compacto, finos de color gris, estrato saturado, con índice de plasticidad bajo (IP=10.30%), presenta contenido de 63.18% de grava, 26.76 % de arena y 10.06% de arcilla. bolonería de 3 a 9 pulg, estrato de clasificación, SUCS: GP- GC. ASSTHO: A-2-4(0).

**Tabla 04. Características físicas del agregado fino**

Características físicas del agregado fino	Unidades	Propiedades
Módulo de fineza	%	2
Humedad Natural	%	1.20
Absorción	%	1.33
Peso específico	g/cm <sup>3</sup>	2.643
Peso unitario (suelto)	g/cm <sup>3</sup>	1.54
Peso unitario (compactado)	g/cm <sup>3</sup>	1.68

Fuente: Laboratorio JHCD contratistas SAC – Creación de la defensa ribereña en la localidad de Yorongos, 2021

**Interpretación:** El perfil estratigráfico mostrado se elaboró mediante la interpretación de la estratigrafía hallada en la zona evaluada:

La calicata C-1. Presenta grava mal gradada arcillosa, medianamente compacto, fino de color blanquecino con manchas amarillas, y de índice de plasticidad bajo, como segundo estrato presenta grava arcillosa, medianamente compacto, finos de color gris, en estado saturado con índice de plasticidad bajo. Calicata C-2. Arena limosa con grava, sub redondeada, medianamente compacto, fino de color blanquecino con manchas amarillas, material húmedo, no plástico, como segundo estrato presenta grava mal gradada arcillosa, medianamente compacto, finos de color gris, estrato saturado de plasticidad. La zona en general presenta bolonerías de 3 a 15 Pulg de diámetro. Las características del suelo en la zona evaluada, presentan expansividad de alta a nula con una presión de hinchamiento de menor a 0,50 Kg/cm<sup>2</sup>.

**Tabla 05. Capacidad admisible del terreno**

Calicata	Descripción	Df (m)	Capacidad (kg/cm <sup>2</sup> )
C-01	Km 6+800	1.50	1.03
C-02	Km 6+910	1.50	1.22

Fuente: Elaboración propia, 2021

**4.3. Se la ha logrado determinar las características hidrológicas para el diseño del drenaje pluvial en un tramo de 20 metros del kilómetro N° 06 de la carretera Rioja – Yorongos, Rioja 2021.**

El departamento de San Martín posee una red hidrológica que se ubica en un tramo de la cuenca del río Huallaga; en territorios de la cordillera oriental, están las nacientes de las sub-cuencas principales de la margen izquierda del río Huallaga, algunos de ellos a más de 4,000 m.s.n.m; de otra parte, las sub cuencas de la margen derecha del Huallaga, nacen en la Cordillera Sub-Andina a unos 2,000 m.s.n.m. En tal sentido, los valles que se forman en la parte media y baja de los ríos primarios de la zona de estudio, nos muestran altitudes que no sobrepasan los 1,000 m.s.n.m. Los ríos recorren planicies y terrenos colinosos formando valles aluviales intramontanos.

Determinación de las cuencas hidrográficas:

Para este estudio, las cuencas hidrográficas se determinaron en base a los puntos identificados como zona crítica potencial, ello con la finalidad de conocer el caudal máximo que circulan por dicho punto crítico. Para este fin, se han delimitado una (01) cuenca hidrográfica que genera cauce de interés de cruce en el punto de interés del proyecto. La superficie de la cuenca hidrogeológica se obtuvo tomando datos de la estación Tónchima.

**Tabla 06. Determinación de las cuencas de estudio**

CUENCA	AREA (Km <sup>2</sup> )	ÁREA (Ha)	CLASIFICACIÓN
C-1	1,155.23	115,523.31	Cuencas
<b>PERÍMETRO</b>			
C-1	197.53	KM	
<b>PUNTO DE INTERÉS</b>			
P-1	TÓNCHIMA	C-1 = 1,155.23 km <sup>2</sup>	

Fuente: Elaboración propia, 2021

**Tabla 07. Valor del coeficiente de compacidad para la cuenca**

CUENCA	ÁREA (Km <sup>2</sup> )	PERÍMETRO (Km)	$K_c = \frac{P}{\sqrt{A}}$
C-1	1,155.23	197.53	1.635

Fuente: Elaboración propia, 2021

Si el valor de  $K_c$  tiende a uno, la cuenca tomará una figura redonda a oval. Reflejando así la coincidencia que tendrán las crecientes, pues los tiempos de concentración para diferentes puntos de la cuenca mostrarán los mismos valores. Este tiempo se basa en el periodo de duración que necesita una gota de agua que cae en el punto más alejado de la cuenca para que llegue al punto de salida o desembocadura. En cuencas muy alargadas, el valor de  $K_c$  sobrepasa a 2, dando a la cuenca una forma rectangular u oblonga

### **Pendiente media de la cuenca.**

Parámetro principal, otorgado por el relieve que nos permite comparar entre cuencas y de esa manera observar fenómenos erosivos que se manifiestan en la superficie (Lux Cardona, Benjamín - 2016). Aquel índice simboliza el valor medio de cada una de las pendientes que forman la diversidad de áreas topográficas de la cuenca. Existen variedades de criterios para dicho cálculo. En la siguiente tabla mostramos la topografía que adoptada una cuenca según rangos aproximados de su pendiente media.

**Tabla 08. Pendiente media de la cuenca**

Cuenca	Pen. Media (%)	Pend. Media m/m	Clasificación
c-1	23.78	0.2378	fuertemente accidentado

Fuente: Elaboración propia, 2022

### **Análisis estadístico de datos hidrológicos.**

Tiene la finalidad de estimar las precipitaciones, caudales máximos e intensidades, según nos dé la ocasión para los diversos periodos de retorno, aplicando modelos probabilísticos, que pueden ser discretos o continuos. Para calcular la precipitación máxima probable para el periodo de retorno establecido a partir de la data histórica se ha utilizado ajustes probabilísticos

de distribución Normal (Función de densidad de probabilidad normal), Log Normal Tipo 3, Log Normal de 2 Parámetros, Gamma de 2 y 3 Parámetros, Log Pearson III, Gumbel Tipo I, y Fréchet (Ver anexos). Los resultados se muestran a partir de la función:

**Tormenta de diseño:**

Patrón de precipitación que se define para ser utilizado al diseñar un sistema Hidrológico. La magnitud de las tormentas se obtiene de los registros pluviométricos diarios, SENAMHI y del Sistema de Alerta Temprana (SIAT) que registra la precipitación actualmente”. Asimismo, en el mismo estudio señala que: “Ardila (2001) los perfiles calculados para las tormentas en Tonchima son muy similares a los encontrados por Huff, y se denota una marcada tendencia de las tormentas del tipo I, seguidas por tormentas de los tipos II y III. En cuanto a las tormentas del tipo IV, éstas tendían a presentarse en una menor proporción, llegando incluso a no presentarse en algunas estaciones.”

**Tabla 09. Precipitación máxima en las cuencas de estudio.**

<b>CUENCA (mm)</b>	<b>24hTR=100 años</b>	<b>24hTR=200 años (mm)</b>
C-1	131.54	144.55

Fuente: Elaboración propia, 2021

**Interpretación:** Se analizaron los datos de precipitaciones pluviales para lograr los datos importantes en el diseño hidrológico, tales como periodo de retorno, riesgo admisible y tormenta de diseño, con los valores obtenidos del estudio, podremos obtener nuestra estimación de caudales para nuestro sistema de modelamiento.

**4.4. Se ha determinado el diseño del drenaje pluvial optimo en un tramo de 20 metros del kilómetro N°06 de la carretera Rioja – Yorongos, Rioja 2021.**

**Tabla 10 Diseño del tramo del drenaje pluvial del tramo de 20 metros**

Ítem	Estructura	Tipo	Diámetro	Longitud	Cota
01	Alcantarilla	TMC	60”	8.35	840.041

Fuente: Elaboración propia, 2021.

**Interpretación:** DISEÑO HIDRÁULICO. -De acuerdo con los estudios hidrológicos, se determinaron caudales de diseño para la obra proyectada. Para comprender como se comporta hidráulicamente la superficie dentro del espacio tiempo, con respecto al cauce del río frente a nuestro caudal de diseño determinado es preciso efectuar un cálculo hidráulico utilizando HEC-RAS 6.0. GENERACION DE LA GEOMETRIA 2D.-El software Arc Map V10.8 nos proporciona las curvas de nivel, logrando elaborar así un modelo digital de elevación (DEM), el total de capas concierne a la averiguación para el procesamiento en el RAS MAPER del Hec-Ras 6.0. Dicho grafico se encuentra en los anexos, el diseño final es una alcantarilla del tipo TMC de diámetro de 60” y una longitud de 8.35 metros lineales, la cual se encuentra en la cota 840.041 y en la progresiva 06+615.66

4.5. Se ha logrado determinar el cotos proyectado del diseño del drenaje pluvial optimo en un tramo de 20 metros del kilómetro N°06 de la carretera Rioja – Yorongos, Rioja 2021.

**Tabla 11 Costo del tramo del drenaje pluvial del tramo de 20 metros**

Ítem	Estructura	Tipo	Diámetro	Long.	Costo S/.
01	Alcantarilla	TMC	60"	8.35	73,505.79

Fuente: Elaboración propia, 2021.

**Interpretación:** COSTO DEL DISEÑO HIDRÁULICO. –El costo de la implementación del presente diseño del drenaje pluvial optimo, para un tramo de 20 metros del kilómetro N°06 de la carretera Rioja – Yorongos el cual tendrá una inversión de S/. 73,505.79 soles. La descripción técnica será una alcantarilla del tipo TMC de un diámetro de 60" y una longitud de 8.35 metros lineales.

## V. DISCUSIÓN

En la presente tesis cuantitativa descriptiva se optó por diseñar un sistema de la red de alcantarillado de la población de San Isidro, las primeras acciones son tomar medidas con instrumentos de precisión aplicando la teoría topográfica y de esa forma reconocer los niveles del terreno y su accesibilidad. De acuerdo a los datos proporcionados por los estudios de topografía se logró identificar una área extensa de ciento veinticuatro mil ochocientos cincuenta y tres metros cuadrados, estamos hablando de alrededor de 12 hectáreas. En función a lo establecido en la tabla tres, el área del terreno es de forma ondulada con formación de pequeños cerros y algunos hundimientos de escasa importancia. En la medida de los resultados se utiliza la información del investigador Garate (2017), que nos comunica que primero es realizar a detalle las medidas de la superficie de investigación, el cual hace una recopilación de la topografía de lugar denominado Maceda, el cual posee dentro de sus características de superficies inclinadas por estar en cercanías del río Mayo. Se ha tomado en cuenta la norma OS – 070 para programar y desarrollar los planos de ingeniería, tanto de curvas a nivel y la determinación de las ubicaciones de los lugares más importantes con la utilización de coordenadas UTM, que servirá para la realización del Proyecto. Con respecto al investigador Leyva (2017), es de prioridad determinar el área topográficamente, así como las curvas a nivel y de forma tener una mayor claridad con respecto al diseño de la red de alcantarillado sanitario. Estos dos proyectos mantienen una similitud con el proyecto desarrollado, el cual trata sobre el Diseño de un drenaje pluvial para un tramo de veinte metros.

Asimismo para los estudios de mecánica de suelos se ha tenido los siguientes resultados, un límite líquido de 20.7%, un límite plástico de 15.8%, un índice de plasticidad en un rango del 4.9%, la humedad natural del 14.3% y el tipo de suelo es un A-2-4 según la normativa AASHTO. Se ha observado la presencia de material con restos orgánicos de color oscuro, el cual tenía en su interior paños de raíces, palos, malezas para el primer estrato. Todo el filo del terreno es de veinte centímetros el cual tiene un relleno con tierra como materia orgánica esta que mantiene un color de marrón oscuro.

Segun la clasificación SUCS este tipo de suelo alcanzo el tipo (OL-PT) también, para el segundo nivel de profundidad que esta entre 0.20 metros y 1.50 metros se ha logrado descubrir que presenta un material organico con presencia de arcilla limosa, se obtiene limite liquid de 21.4% y un limite plastico del 16.7%, se tiene un indice de plasticidad de 4.8%, con una humedad natural del 16.55% y pertenece a un tipo de suelo A-2-4 segun la normativa AASHTO. Para la segunda calicata se el nivel superior que tiene treinta centímetros el cual esta conformado por material organico de color marron, contaminados por restos de impurezas como raices y palos, segun la clasificación SUCS el cual tiene el tipo (SC\_Pt). Finalmente, la calicata N° 03 se obtuvo un LL de 20.7% y un LP de 15.8%, IP 4.9 % con una humedad natural de 5.07 % y pertenece a un tipo de suelo A-2-4(0) según AASHTO. El estrato superior de aproximadamente 16 cm está conformado por material arcilloso arenoso de color marrón, contaminada por restos de impurezas como raíces, palos, maleza, etc., tipo (SC-Pt) en su clasificación SUCS, el segundo estrato a una profundidad de 0.16 – 1.50 m presenta un material orgánico, siendo arcilla limoso color naranja de baja plasticidad. En ese aspecto, Martínez (2018), menciona que los ensayos de suelos se deben realizar con la finalidad de obtener los parámetros necesarios que determinen las propiedades físicas y mecánicas del mismo, en ese sentido el mencionado autor obtuvo como resultado un suelo representado por una mezcla de arena que no presentaba materia inorgánica ni residuos y un suelo de color beige, también durante la exploración de las calicatas se detectó nivel freático. Finalmente, logró identificar la estratigrafía del terreno donde en la mayoría es arenoso pobremente graduado y existe una napa freática a 2.20 m de profundidad por lo que este recomienda que es muy importante un entibado a profundidades mayores y también considerar un equipo de bombeo para deprimir la napa durante las excavaciones.

Por otro lado, Garate (2017), en su estudio realizado logró clasificar al suelo como una arcilla inorgánica de mediana plasticidad. En resumen, con relación a los autores antes mencionados podemos evidenciar la importancia del EMS, pues se ha logrado comprobar que los resultados presentados o encontrados en ambas investigaciones difieren con respecto a la estratigrafía del terreno, y algunos otros parámetros, por lo tanto, es allí donde resalta la

importancia de estos estudios para poder determinar los parámetros o valores necesarios para realizar el diseño y así poder establecer el tipo de material, así como emitir lineamientos y recomendaciones relativas al proceso constructivo. Para determinar la viabilidad de los proyectos uno de los factores importantes es el factor económico, por lo tanto, resulta muy importante conocer a cuánto asciende el costo de un proyecto; en relación al diseño que se ha propuesto el monto asciende a una suma de S/ 1, 532,748.29. Para calcular este valor se realizó los metrados según la Norma técnica de metrados, y se usó el análisis de costos estándares con precio de la mano de obra según CAPECO y precio de los insumos y equipos según costo del mercado, quedando estructurado el presupuesto de la siguiente manera: costo directo S/. 1, 129,512.37, entre ellos la mano de obra que asciende a un monto de S/. 320,025.65; materiales con un monto de S/. 442,573.14; equipos con un monto de S/. 366,913.58 y también los gastos generales S/.112,951.24, utilidad S/. 56,475.62 y presupuesto total de S/. 1, 532,748.29 (un millón quinientos treinta y dos mil setecientos cuarenta y ocho con 29/100 soles). Cotejando con la investigación de Bonilla (2018), en su proyecto realizado de acuerdo a los metrados realizados el presupuesto del alcantarillado asciende a un costo total de \$ 3, 604, 098,714, este presupuesto se realizó con base a los precios utilizados por PAVCO y por procesos propuestos por el SECOP. Referente a la investigación de Tumbaco (2020), determinó un presupuesto referencial

## VI. CONCLUSIONES

- 6.1. Se realizó la determinación de las características topográficas del terreno en el tramo de 20 metros del kilómetro N°06 de la carretera Rioja – Yorongos, que tiene como características las coordenadas de inicio 263025.173E; 9323553.646N y coordenadas de finalización 262854.84E; 9323686.45N Las progresivas de inicio son las 06+225.00 y la progresivas de finalización del tramo es de 06+231.00.
- 6.2. Se logró realizar el estudio de mecánica de suelos para el diseño del drenaje pluvial en un tramo del kilómetro N°06, en donde se ha realizado dos calicatas una de las cuales está ubicada en las coordenadas UTM.: N. 9324438 E. 0262292. Presenta una grava mal graduada arcillosa y medianamente compacta; con un índice de plasticidad bajo y presenta un contenido de 68% de grava y 20.61% de arena y 11.39 de arcilla. Según la clasificación SUCS es del tipo GP – GC; según la clasificación AASTHO se tiene un A-2-6.
- 6.3. Se ha logrado determinar las características hidrológicas para el diseño del drenaje pluvial en un tramo de 20 metros, del kilómetro N°06.de la carretera Rioja – Yorongos, la cuenca tiene con un área 1,15523 Km<sup>2</sup> y un perímetro de 197.53 metros lineales, la cuenca es del rio Tónchima. Se tiene un coeficiente de compacidad de 1.635; tiene además una pendiente media de 23.78%
- 6.4. Con respecto al diseño del drenaje pluvial óptimo para el tramo de 20 metros del kilómetro N°06 de la carretera Rioja – Yorongos, se ha logrado determinar que se debe colocar una alcantarilla TMC de 60”, con una longitud de 8.35 metros y una cota promedio de 840.041. Se ha hecho uso de programas como el Arc Map V 10.8 que nos proporciona curvas de nivel logrando desarrollar un modelo digital de elevación.
- 6.5. Se ha llegado a la conclusión que el costo para la implementación del drenaje pluvial óptimo para el tramo de 20 metros correspondiente al kilómetro 06 de la carretera Rioja – Yorongos tendrá una inversión de S/. 73,505.79 soles

## **VII. RECOMENDACIONES**

- 7.1. Se recomienda la utilización de instrumentos de precisión debidamente calibrados para la realización de los estudios topográficos.
- 7.2. Se recomienda realizar como mínimo dos calicatas en las zonas de estudios de los proyectos de drenaje pluvial, para tener mayor conocimiento sobre la cimentación a realizar y cuál sería la forma de mejorar dicho terreno de fundación.
- 7.3. En relación a los estudios de mecánica de suelos en su defecto se debe tratar de abarcar toda la zona del proyecto, puesto que las muestras serían más representativas para obtener información más precisa, asimismo se recomienda realizar la evaluación de parámetros como pH, sulfatos, cloruros y sales con la finalidad de determinar la agresividad del suelo.
- 7.4. Se recomienda revisar el análisis de costo unitario de los insumos programados en el proyecto, en especial de los proyectos de drenaje pluvial.

## REFERENCIAS.

Abbas, et al. (2019). Improving the geometry of manholes designed for separate sewer systems. *Canadian Journal of Civil Engineering*, 46(1), 13–25. Disponible en: <https://doi.org/10.1139/cjce-2018-0057>

Afshar, et al. (2016). Improving the Efficiency of Cellular Automata for Sewer Network Design Optimization Problems Using Adaptive Refinement. *Procedia Engineering*, 154, 1439–1447. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.proeng.2016.07.517>

Arias, F. (2006). El proyecto de Investigación Introducción a la Investigación Científica. In *Journal of Chemical Information and Modeling* (Vol. 53, Issue 9). Obtenido de: [http://datateca.unad.edu.co/contenidos/202030/Fidias\\_G.\\_Arias\\_El\\_Proyectode\\_Investigacion\\_5ta.\\_Edicion-.pdf](http://datateca.unad.edu.co/contenidos/202030/Fidias_G._Arias_El_Proyectode_Investigacion_5ta._Edicion-.pdf)

Arias, J. (2020). *Libro Métodos de Investigación Online. Herramientas digitales para recolectar datos*. Disponible en: [https://repositorio.concytec.gob.pe/bitstream/20.500.12390/2237/1/AriasGonzales\\_MetodosDeInvestigacionOnline\\_libro.pdf](https://repositorio.concytec.gob.pe/bitstream/20.500.12390/2237/1/AriasGonzales_MetodosDeInvestigacionOnline_libro.pdf)

Basupi, I. (2020). Performance analyses of existing sanitary sewers with the selection of household water-saving schemes. *Water Science and Technology*, 82(11), 2400–2414. Obtenido en: <https://doi.org/10.2166/wst.2020.492>

Benito, H. (2018). *Diseño del sistema de alcantarillado sanitario en el centro poblado de Culqui, Laureles y el caserío de Culqui Alto en el distrito de Paimas, provincia de Ayabaca - Piura* [Universidad Nacional de Piura]. Obtenido en: <http://repositorio.unp.edu.pe/handle/UNP/1243>

Bonilla, K. (2018). Pre-Diseño de la red de alcantarillado sanitario del condominio Recreacional Parcelación San Carlos en el municipio de Villavicencio. In *Journal of Materials Processing Technology* (Vol. 1, Issue 1). Obtenido de:

<http://dx.doi.org/10.1016/j.cirp.2016.06.001><http://dx.doi.org/10.1016/j.powtec.2016.12.055><https://doi.org/10.1016/j.ijfatigue.2019.02.006><https://doi.org/10.1016/j.matlet.2019.04.024><https://doi.org/10.1016/j.matlet.2019.127252>  
[Ahttp://dx.doi.o](http://dx.doi.org/)

Bravo, D., y Solis, E. (2018). *Diseño del sistema de alcantarillado sanitario para el barrio Los Laureles, comunidad de Nero, de la parroquia Baños, cantón Cuenca*. Disponible en: <http://dspace.ucuenca.edu.ec/handle/123456789/31523>

Carpio, J., y Hanco, E. (2020). *Creacion del servicio del sistema de agua potable, alcantarillado y drenaje pluvial de la asociacion Valle del Paraiso de Ticapata del distrito de San Sebastian, provincia y departamento de Cuzco*. [Universidad Nacional San Antonio Abad del Cuzco]. Disponible en: <http://hdl.handle.net/20.500.12918/5270>

Cheng, J., et al. (2019). Research of rural domestic sewage treatment processes in Ningbo. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 358(2). Disponible en: <https://doi.org/10.1088/1755-1315/358/2/022072>

Csicsaiová, R., et al. (2020). Application of mathematical models in design and assessment of sewer network facilities. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 867(1). Obtenido de: <https://doi.org/10.1088/1757-899X/867/1/012005>

Duque, N., et al. (2020). Sewer network layout selection and hydraulic design using a mathematical optimization framework. *Water (Switzerland)*, 12(12). Disponible en: <https://doi.org/10.3390/w12123337>

Duque, N., et al. (2017). Dynamic Programming over a Graph Modeling Framework for the Optimal Design of Pipe Series in Sewer Systems. *Procedia Engineering*, 186, 61–68. Obtenido de: <https://doi.org/10.1016/j.proeng.2017.03.208>

El-Housni, H., et al. (2018). Identification of most significant factors for modeling deterioration of sewer pipes. *Canadian Journal of Civil Engineering*, 45(3), 215–226.

Disponible en: <https://doi.org/10.1139/cjce-2015-0293>

Fouziya Sulthana, S., et al. (2020). Modelling and design of a drain cleaning robot. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 912(2). Disponible en: <https://doi.org/10.1088/1757-899X/912/2/022049>

Gárate, T. (2017). Diseño del sistema de alcantarillado para mejorar la salubridad en la localidad de Maceda, Lamas, San Martín. In *Ucv*.

Gomez, M., et al. (2010). *Investigación, escritura y publicación*.

Gonzales, B. (2020). *Diseño del sistema de alcantarillado sanitario en la urbanización Mirador de Rumiyacu, sector Uchuglla en el Distrito de Moyobamba, Provincia de Moyobamba, 2019* [Universidad Nacional de San Martín]. Obtenido de: <http://hdl.handle.net/11458/3940>

Hernandez, R., et al. (2014). Metodología de la investigación. In *Journal of Chemical Information and Modeling* (Vol. 53, Issue 9). Disponible en: <https://www.uca.ac.cr/wp-content/uploads/2017/10/Investigacion.pdf>

Hickel, K. A., et al. (2018). The search for an alternative to piped water and sewer systems in the Alaskan Arctic. *Environmental Science and Pollution Research*, 25(33), 32873–32880. Obtenido de: <https://doi.org/10.1007/s11356-017-8815-x>

Leyva, J. (2017). *Diseño del sistema de alcantarillado en el caserío de nuevo edén, distrito de nueva Cajamarca – provincia de Rioja – región San Martín*.

Liu, T., et al. (2018). Application of microbiological technology in urban sewage treatment. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 170(5). Obtenido de: <https://doi.org/10.1088/1755-1315/170/5/052001>

Lu, J., & Zhu, D. (2018). Design of city sewer dredging robot with variable diameter. *Journal of Physics: Conference Series*, 1074(1). Disponible en: <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1074/1/012056>

Mallory, A., et al. (2020). Evaluating the circular economy for sanitation: Findings from a multi-case approach. *Science of the Total Environment*, 744. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.140871>

Martinez, E. (2018). *Diseño del sistema de alcantarillado del centro poblado Huerequeque – La Unión - Piura*. Obtenido de: <http://repositorio.unp.edu.pe/handle/UNP/1481>

Meléndez, F. (2019). Diseño del sistema de alcantarillado para la mejora de la condición sanitaria del caserío Vichamarca, distrito de Moro, provincia del Santa, región Áncash - 2019. In *Universidad Católica Los Ángeles de Chimbote*. Disponible en: <http://repositorio.uladech.edu.pe/handle/123456789/14765>

Norma Técnica E.050 Suelos y Cimentaciones, El Peruano 23 (2018). Disponible en: <https://www.construccion.org/normas/rne2012/rne2006.htm>

Norma Técnica OS.070: Redes de aguas residuales, Ministerio de Vivienda Construcción y Saneamiento 14 (2009). Disponible en: <https://www.sencico.gob.pe/descargar.php?idFile=188%0A%0Ahttps://www.construccion.org/normas/rne2012/rne2006.htm>

Moeini, R., & Afshar, M. H. (2017). Arc Based Ant Colony Optimization Algorithm for optimal design of gravitational sewer networks. *Ain Shams Engineering Journal*, 8(2), 207–223. Obtenido de: <https://doi.org/10.1016/j.asej.2016.03.003>

Moreno, D., & Carrillo, J. (2019). Normas APA 7.a edición Guía de citación y referenciado. In *Universidad Central*.

Resolución Ministerial N° 153-2019-Vivienda, 12 (2019). Guía de Diseños Estandarizados para la infraestructura Sanitaria Menor en Proyectos de Saneamiento en el Ambito urbano. Obtenido de: <https://busquedas.elperuano.pe/normaslegales/aprueban-norma-tecnica-guia-de-disenos-estandarizados-para-resolucion-ministerial-n-153-2019-vivienda-1766373-3/>

OEFA. (2014). Fiscalización ambiental en aguas residuales. *Biblioteca Nacional Del Perú N° 2014-05991*, 1, 42. Disponible en: <https://doi.org/10.1017/CBO9781107415324.004>

Praveen, N., et al. (2021). *An optimization procedure for the layout and component size optimization of sewer network*. 20(5), 2924–2933. Obtenido de: <https://doi.org/10.17051/ilkonline.2021.05.319>

Quintana, M. (2021). Analisis y diseño de drenaje pluvial para los A;H. Los Algarrobos I y II etapa (Piura). Obtenido del enlace <https://pirhua.udep.edu.pe/handle/11042/4975>

Recalde, G. (2016). Acceso equitativo a servicios de agua potable y alcantarillado: una oportunidad para el activismo judicial y social a nivel local Equitable Access to Safe Drinking Water and Sanitation: An Opportunity for Judicial and Social Activism at Local Level. *Revista De Derecho*, 46, 257–292.

Rucka, J., et al. (2016). Design of the pump controller of the low pressure sewer network. *MM Science Journal*, 2016(DECEMBER), 1654–1658. Disponible en: [https://doi.org/10.17973/MMSJ.2016\\_12\\_2016205](https://doi.org/10.17973/MMSJ.2016_12_2016205)

Sotelo, T. J., et al. (2021). Circling the drain: A systems analysis of opportunities for enhanced sewer self-purification technologies in wastewater management. *Journal of Environmental Management*, 288, 112451. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2021.112451>

Starkova, O. V., et al. (2019). Research on factors affecting the operational reliability of water and sewer utility networks. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 708(1). Obtenido en: <https://doi.org/10.1088/1757-899X/708/1/012108>

Sukor, N. A., et al. (2018). Mapping of utilities risk for sewerage system asset management. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 169(1). Disponible en: <https://doi.org/10.1088/1755-1315/169/1/012085>

Sutherland, C., et al. (2021). Socio-technical analysis of a sanitation innovation in a peri-urban household in Durban, South Africa. *Science of the Total Environment*, 755. Disponible en:

<https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.143284>

Tumbaco, E. (2020). *Diseño del Sistema de Alcantarillado Sanitario de la Comunidad Manantiales del Cantón Montecristi - Provincia de Manabí*. Disponible en: <http://repositorio.unesum.edu.ec/bitstream/53000/2671/1/CASTRO LINO LUCIA JOSELYN.pdf>

Universidad Cesar Vallejo. (2020). *Guía de Productos de Investigación*. Disponible en: <https://www.ucv.edu.pe/posgrado/acerca-de-posgrado/>

Yin, X., et al. (2020). Data-driven bi-level sewer pipe deterioration model: Design and analysis. *Automation in Construction*, 116, 103181. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.autcon.2020.103181>

Zhong, W., & Zhang, Y. (2020). Study on the Effect of Constructed Wetland in Treating Rural Domestic Sewage. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 546(3). Disponible en:

<https://doi.org/10.1088/1755-1315/546/3/032030>

Zieba, M., & Kalisz, P. (2019). Impact of Horizontal Soil Strains on Sewer Manholes and Pipelines within Mining Areas. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 471(4). Disponible en:

<https://doi.org/10.1088/1757-899X/471/4/042025>

## **ANEXOS**

**Anexo 01:** Matriz de operacionalización de variables.

Variables	Definición conceptual	Definición operacional	Dimensiones	Indicadores	Escala de medición
Variable Independiente: Drenaje Pluvial	Está destinada a prevenir la acumulación de agua de lluvia, Así como impedir el deterioro de las edificaciones e infraestructuras existentes y evitar la generación de focos de contaminación ambiental.  (Norma CE 040, 2021).	Son la mejor alternativa para desalojar los volúmenes de agua de las precipitaciones y derivarlas a ríos o canales para su aprovechamiento, evitando el daño de la infraestructura pública y privada. (Izquierdo A. y Zeña J. 2019).	- Levantamiento topográfico	- Curvas de nivel - Pendientes - Características del terreno	Razón
			- Estudio de mecánica de suelos	- Limite líquido y plástico - Perfil estratigráfico - Clasificación de suelos - Costo directo (Materiales, mano de obra)	Escala Razón
			- Costo y presupuesto	- Gastos generales - Presupuesto total	Escala y Razón
Variable Dependiente: Uso de la Metodología BIM en el diseño del drenaje pluvial	Es un conjunto de metodologías, tecnologías y estándares que permiten formular, diseñar, construir, operar y mantener una infraestructura o edificación de forma colaborativa en un espacio virtual. (Ministerio de Economía y Finanzas, 2020)	Es el proceso de gestión y generación de datos del proyecto durante su ciclo de vida, utilizando un software de modelado tridimensional y en tiempo real disminuyendo así la pérdida de tiempo y recursos en el diseño y la construcción. (Cerón, I. y Liévano, D. 2017)	- Calculo hidráulico. - Diseño de red de alcantarillado	- Caudal promedio, diario, y máximo horario - Tubería, buzones y conexiones domiciliarias.	Escala y Razón

Fuente: Elaboración propia de los tesisistas.

**Anexo 02: Panel fotográfico del diagnóstico situacional**



FECHA	20/12/2021
COORDENADAS UTM	289072.092
	9323199.294

<b>FIGURA N°01</b>	<b>TRAMO DE 20 METROS DEL KILÓMETRO N°06 DE LA CARRETERA RIOJA – YORONGOS.</b>	
<b>DESCRIPCIÓN:</b> Fallo estructural de la alcantarilla transversal	<b>PROGESIVA: 6+000, 6+005</b>	



FECHA	22/12/2021
COORDENADAS UTM	289072.096
	9323199.297

<b>FIGURA N°02</b>	<b>TRAMO DE 20 METROS DEL KILÓMETRO N°06 DE LA CARRETERA RIOJA – YORONGOS.</b>	
<b>DESCRIPCIÓN:</b> Cruce del afluente en la calzada de la vía	<b>PROGESIVA: 6+005, 6+007</b>	



FECHA	02/08/2021
COORDENADAS UTM	289072.100
	9323199.301

**FIGURA N°03** TRAMO DE 20 METROS DEL KILÓMETRO N°06 DE LA CARRETERA RIOJA – YORONGOS.

**DESCRIPCIÓN:** Fallo en los extremos de la vía del camino vecinal. **PROGESIVA: 6+007, 6+008**

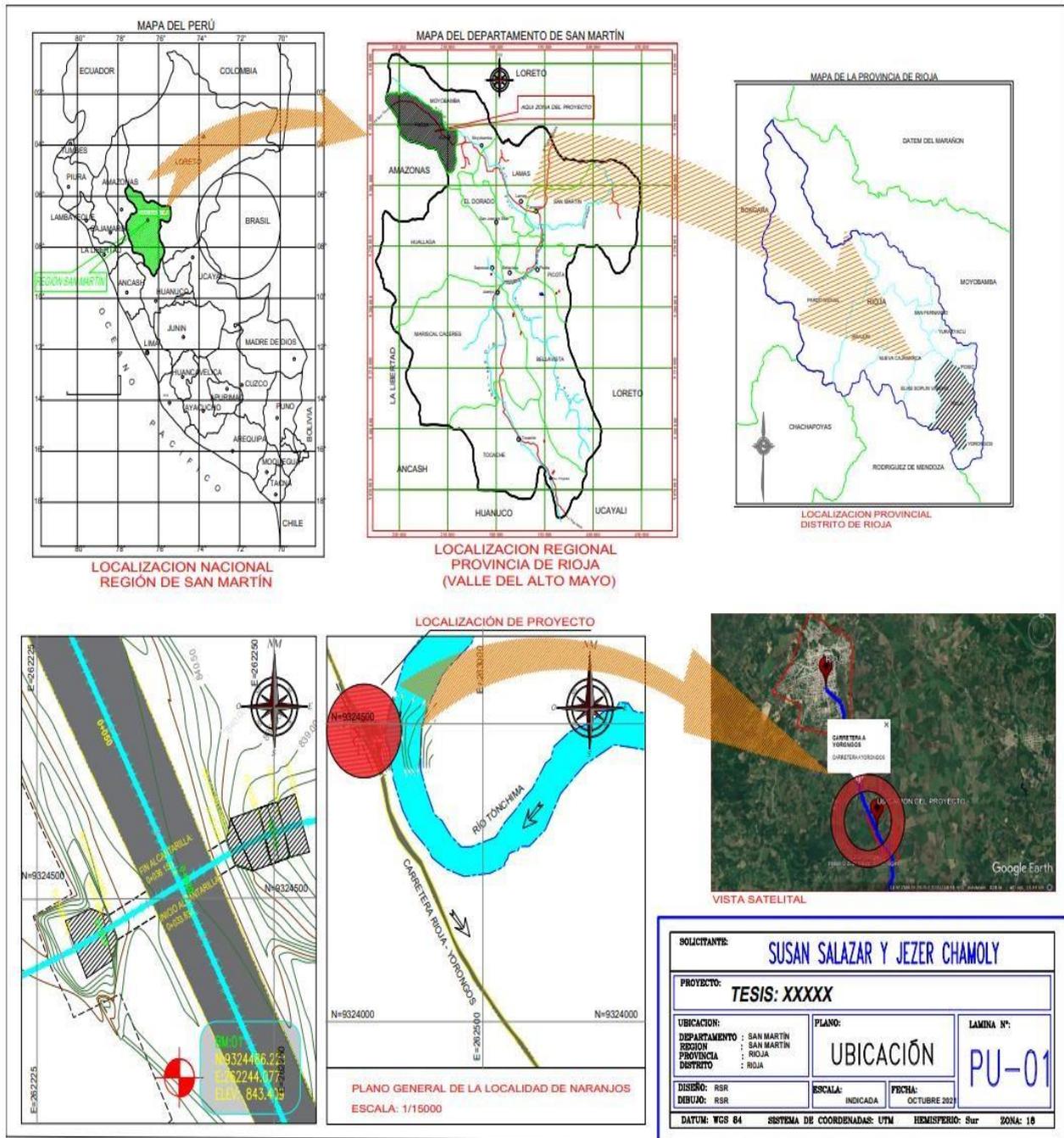


FECHA	02/08/2021
COORDENADAS UTM	289072.103
	9323199.302

**FIGURA N°04** TRAMO DE 20 METROS DEL KILÓMETRO N°06 DE LA CARRETERA RIOJA – YORONGOS.

**DESCRIPCIÓN:** Obstrucción de la alcantarilla por colapso **PROGESIVA: 6+008 6+010**

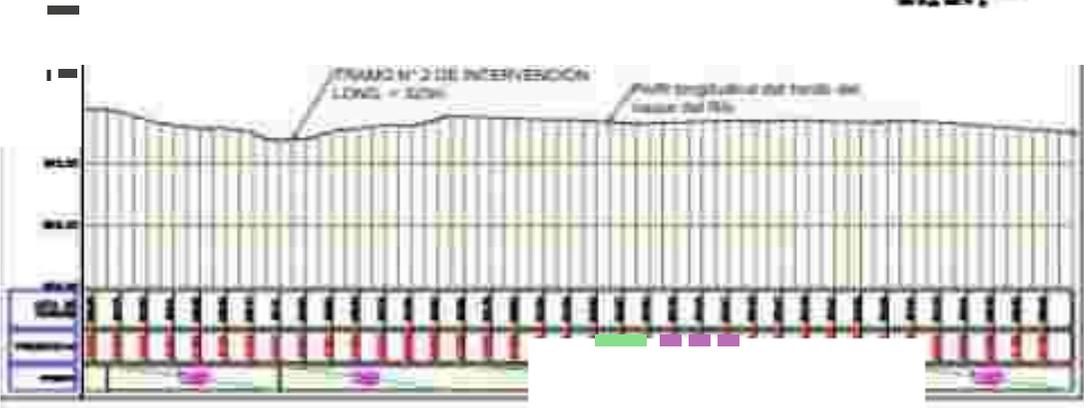
### Anexo 03: Plano de ubicación y localización



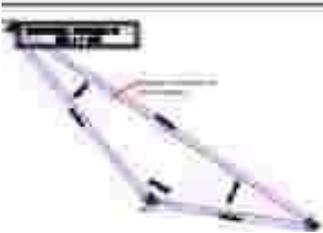
**Anexo 04:** Levantamiento topográfico – PEAM 2021



9. J



Color	Descripción
Red	Carretera
Blue	Propiedad
Black	Propiedad
Green	Propiedad
Purple	Propiedad
Yellow	Propiedad
White	Propiedad



Escala: 1:500  
 Fecha: 15/05/2021  
 Autor: [Nombre]  
 Proyecto: [Nombre]  
 Hoja: PL-02

Anexo 05: Estudio de mecánica de suelos

CALICATA : ~~C-1~~ km. ~~6+800~~ MUESTRA: ~~M-1~~ PROFUNDIDAD: ~~0.00-0.70 m~~

**ENSAYOS ESTANDAR DE CLASIFICACION.**  
**NORMAS ASTM D422 - D2216 - D854 - D4318 - D427 - D2487**

1. ANALISIS GRANULOMETRICO POR TAMIZADO

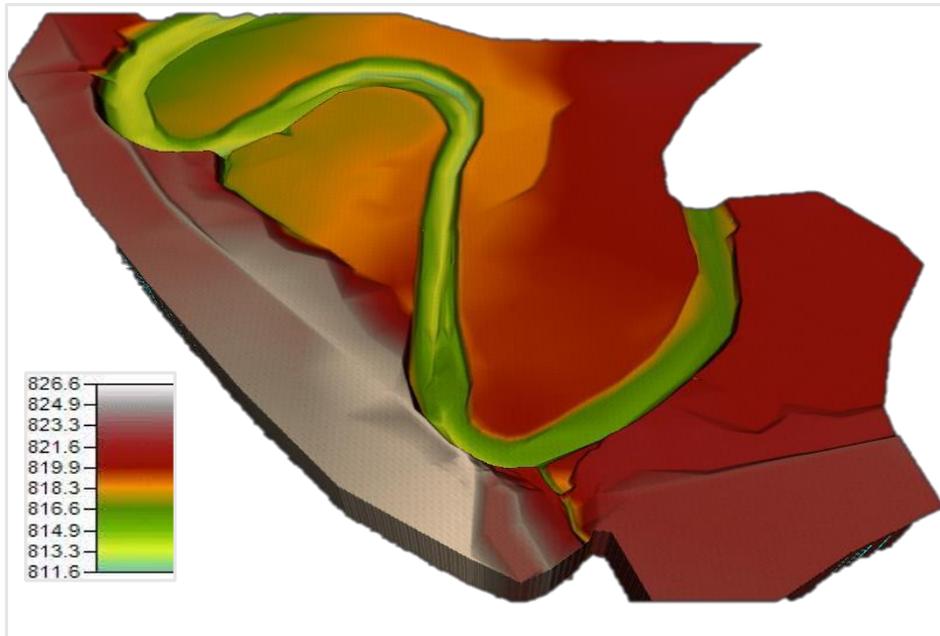
Peso Inicial Seco, [gr]	4500,00
Peso Lavado y Seco, [gr]	3987,60

Mallas	Abertura	Peso retenido	Porcentaje Ret.	Porcentaje Ret.	Porcentaje Acum
	[mm]	[grs]	[%]	Acumulado [%]	Pasante [%]
3"	76,000				100,00
2"	50,800	1020,00	22,67	22,67	77,33
1 1/2"	38,100	505,00	11,22	33,89	66,11
1"	25,400	525,00	11,67	45,56	54,44
3/4"	19,050	185,00	4,11	49,67	50,33
3/8"	12,700	465,00	10,33	60,00	40,00
N°4	4,760	360,00	8,00	68,00	32,00
N° 10	2,000	140,60	3,12	71,12	28,88
N° 20	0,840	84,30	1,87	72,99	27,01
N° 40	0,420	132,00	2,93	75,92	24,08
N° 80	0,170	345,00	7,67	83,59	16,41
N° 100	0,150	80,00	1,78	85,37	14,63
N° 200	0,074	145,70	3,24	88,61	11,39
< N° 200	0,000	512,40	11,39	100,00	0,00

**CARACTERISTICAS FISICAS**

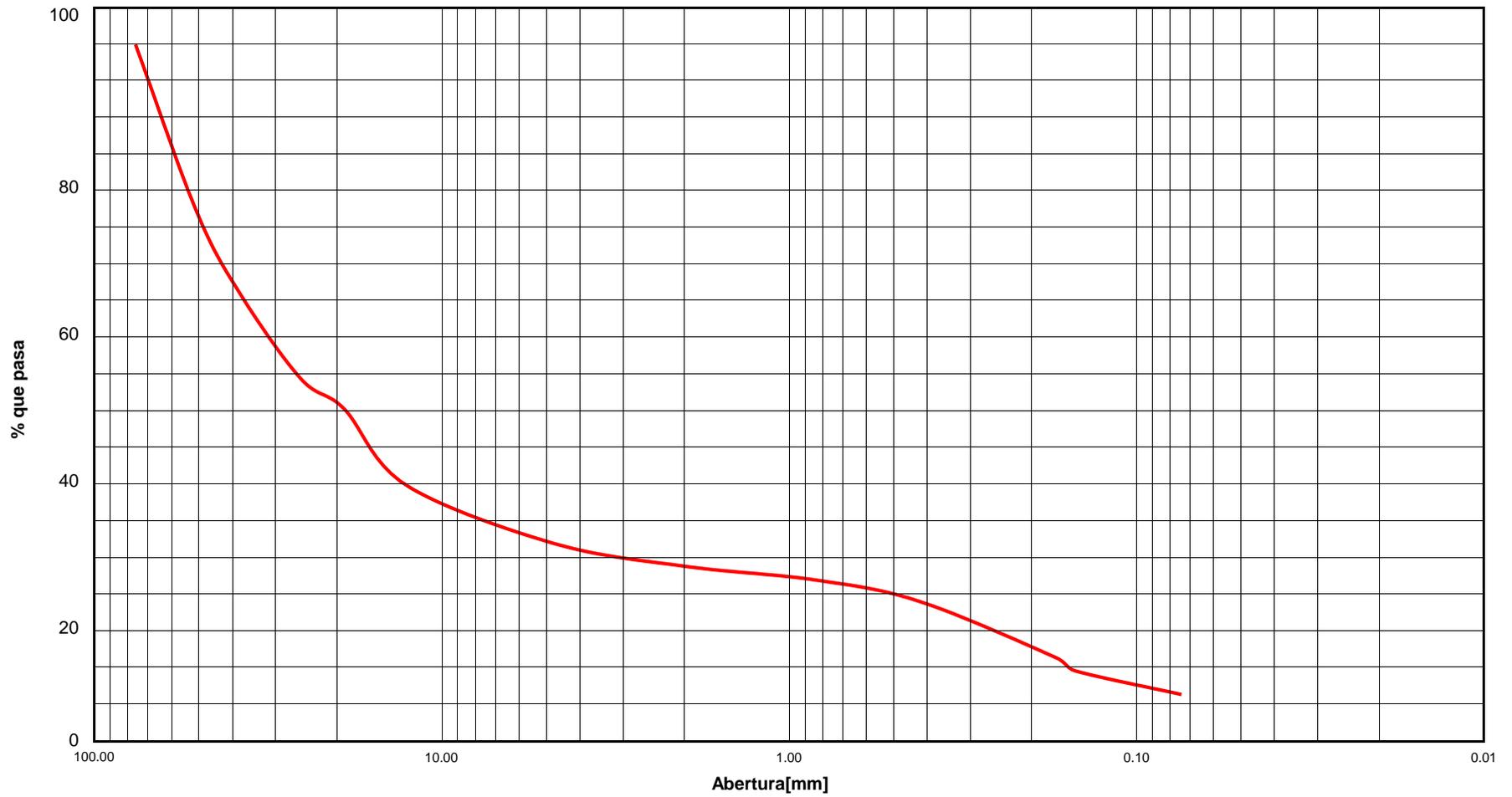
RELAT. DE SOLIDOS [corregido por t°]	[gr/cc]	
HUMEDAD NATURAL	[%]	25,00
LIMITE LIQUIDO	[%]	29,00
LIMITE PLASTICO	[%]	16,40
INDICE PLASTICO	[%]	12,60
MATERIAL MENOR TAMIZ # 200	[%]	11,39
LIMITE DE CONTRACCION	[%]	
POTENCIAL DE EXPASION		Bajo
CLASIFICACION S.U.C.S.		<b>GP - GC</b>
CLASIFICACION A.S.S.H.T.O.		<b>A-2-6</b> ( ) <b>0</b>
INDICE DE CONSISTENCIA		Estable ( ) <b>1,2</b>
<b>% Grava</b>	<b>% Arena</b>	<b>% Finos</b>
68,00	20,61	11,39

Diseño de la cuneta de 20 metros de la carretera



Fuente: Software Arc Map V10.8. – Elaboración propia, 2021

# CURVA GRANULOMETRICA



2. LÍMITES DE CONSISTENCIA (ASTM D4318)

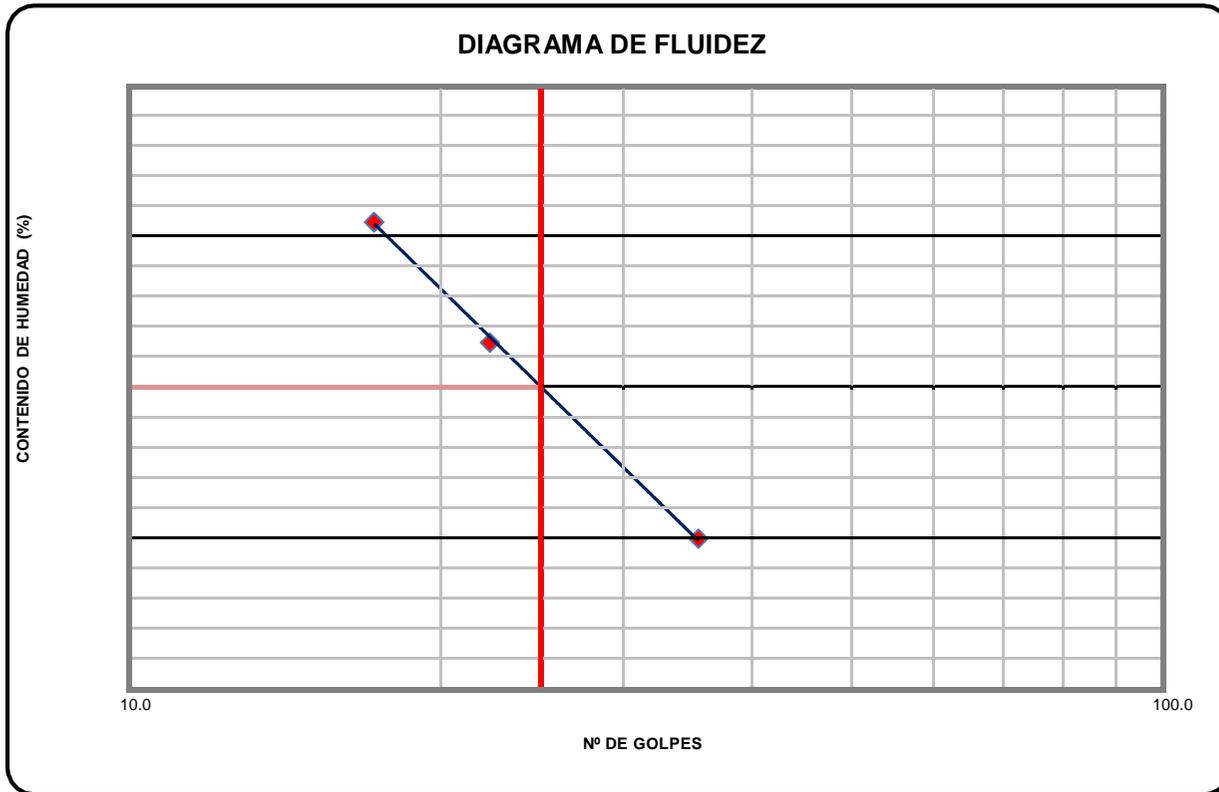
<b>A. LÍMITE LÍQUIDO</b>			
Procedimiento	Tara N.º		
	5	9	12
1. No de Golpes	35	22	17
2. Peso Tara, [gr]	12,63	13,54	13,57
3. Peso Tara + Suelo Húmedo, [gr]	29,66	29,91	26,85
4. Peso Tara + Suelo Seco, [gr]	25,93	26,20	23,78
5. Peso Agua, [gr] (3)-(4)	3,73	3,71	3,07
6. Peso Suelo Seco, [gr] (4)-(2)	13,30	12,66	10,21
7. Contenido de Humedad (5) / (6)X100	<b>28,00</b>	<b>29,30</b>	<b>30,10</b>

Procedimiento	Tara N.º	
	14	23
1. Peso Tara, [gr]	13,86	13,57
2. Peso Tara + Suelo Húmedo, [gr]	24,76	24,58
3. Peso Tara + Suelo Seco, [gr]	23,20	23,05
4. Peso Agua, [gr] (2)-(3)	1,56	1,53
5. Peso Suelo Seco, [gr] (3)-(1)	9,34	9,48
6. Contenido de Humedad, [%] (4) / (5)X100	16,70	16,10
7. Contenido de Humedad Promedio, [%]	<b>16,40</b>	

3. CONTENIDO DE HUMEDAD (ASTM D 2216)

Procedimiento	Tara N°
1. Peso Tara, [gr]	0
2. Peso Tara + Suelo Húmedo, [gr]	1000
3. Peso Tara + Suelo Seco, [gr]	800
4. Peso Agua, [gr] (3)-(4)	200
5. Peso Suelo Seco, [gr] (4)-(2)	800
6. Contenido de Humedad, [%] (5) / (6)X100	<b>25,00</b>



<b>Gráfico</b>	
40,00	25
18,00	25
28,97	10
28,97	25

**Calculos auxiliares**

Golpe 25	25	1.39794
1,54	1,34	1,23
<b>Humedad</b>		
28,00	29,30	30,10
<b>golpes</b>		
35	22	17
<b>Humedad Grafico</b>		
28,00	29,30	30,10

2,896,566

29,00

CALICAT : C- 1 km. 6+800 MUESTRA: M-2 PROFUNDIDAD: 0.70-2.50 m

**ENSAYOS ESTANDAR DE CLASIFICACION.  
NORMAS ASTM D422 - D2216 - D854 - D4318 - D427 - D2487**

**1. ANALISIS GRANULOMETRICO POR TAMIZADO**

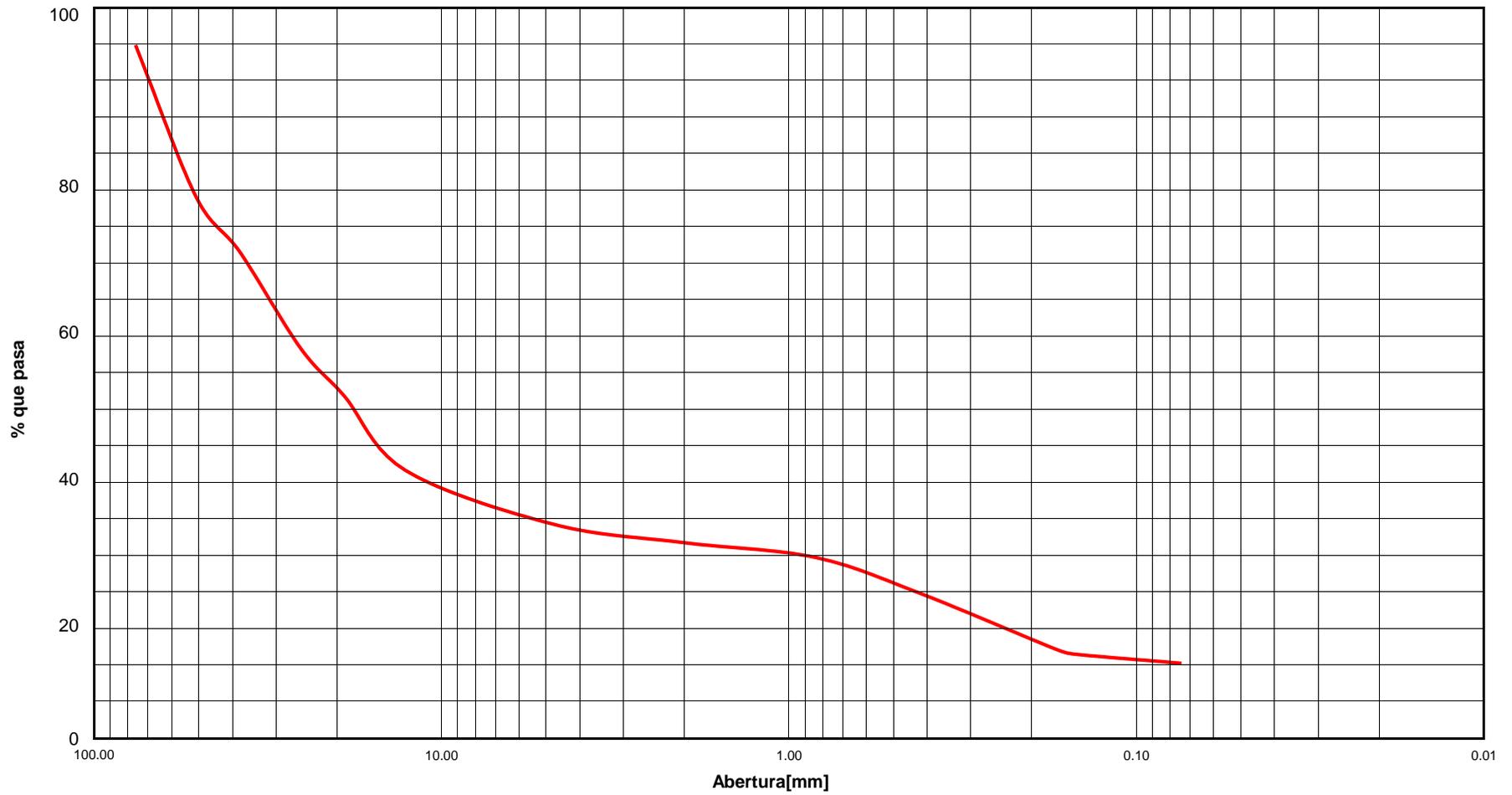
Peso Inicial Seco, [gr]	14385,00
Peso Lavado y Seco, [gr]	12158,50

Mallas	Abertura	Peso retenido	Porcentaje Ret.	Porcentaje Ret.	Porcentaje Acum
	[mm]	[grs]	[%]	Acumulado [%]	Pasante [%]
3"	76,000				100,00
2"	50,800	1020,00	20,82	20,82	79,18
1 1/2"	38,100	505,00	7,44	28,26	71,74
1"	25,400	525,00	13,24	41,50	58,50
3/4"	19,050	185,00	6,47	47,97	52,03
3/8"	12,700	465,00	10,18	58,15	41,85
N°4	4,760	360,00	7,37	65,52	34,48
N° 10	2,000	140,60	2,52	68,04	31,96
N° 20	0,840	84,30	2,01	70,05	29,95
N° 40	0,420	132,00	4,89	74,94	25,06
N° 80	0,170	345,00	7,67	82,61	17,39
N° 100	0,150	80,00	0,67	83,28	16,72
N° 200	0,074	145,70	1,24	84,52	15,48
< N° 200	0,000	512,40	15,48	100,00	0,00

**CARACTERISTICAS FISICAS**

RELAT. DE SOLIDOS [corregido por t°]	[gr/cc]	
HUMEDAD NATURAL	[%]	24,20
LIMITE LIQUIDO	[%]	26,10
LIMITE PLASTICO	[%]	14,70
INDICE PLASTICO	[%]	11,40
MATERIAL MENOR TAMIZ # 200	[%]	15,48
LIMITE DE CONTRACCION	[%]	
POTENCIAL DE EXPASION		Bajo
CLASIFICACION S.U.C.S.		GC
CLASIFICACION A.S.S.H.T.O.		A-2-6
INDICE DE CONSISTENCIA		Estable
		( 0 )
% Grava	% Arena	% Finos
65,52	19,00	15,48

# CURVA GRANULOMETRICA



## 2. LÍMITES DE CONSISTENCIA (ASTM D4318)

### A. LÍMITE LÍQUIDO

Procedimiento	Tara N.º		
	12	22	23
1. No de Golpes	34	25	16
2. Peso Tara, [gr]	13,03	14,92	13,91
3. Peso Tara + Suelo Húmedo, [gr]	29,66	29,91	26,85
4. Peso Tara + Suelo Seco, [gr]	26,30	26,82	24,08
5. Peso Agua, [gr] (3)-(4)	3,36	3,09	2,77
6. Peso Suelo Seco, [gr] (4)-(2)	13,27	11,90	10,17
7. Contenido de Humedad (5) / (6)X100	<b>25,30</b>	<b>26,00</b>	<b>27,20</b>

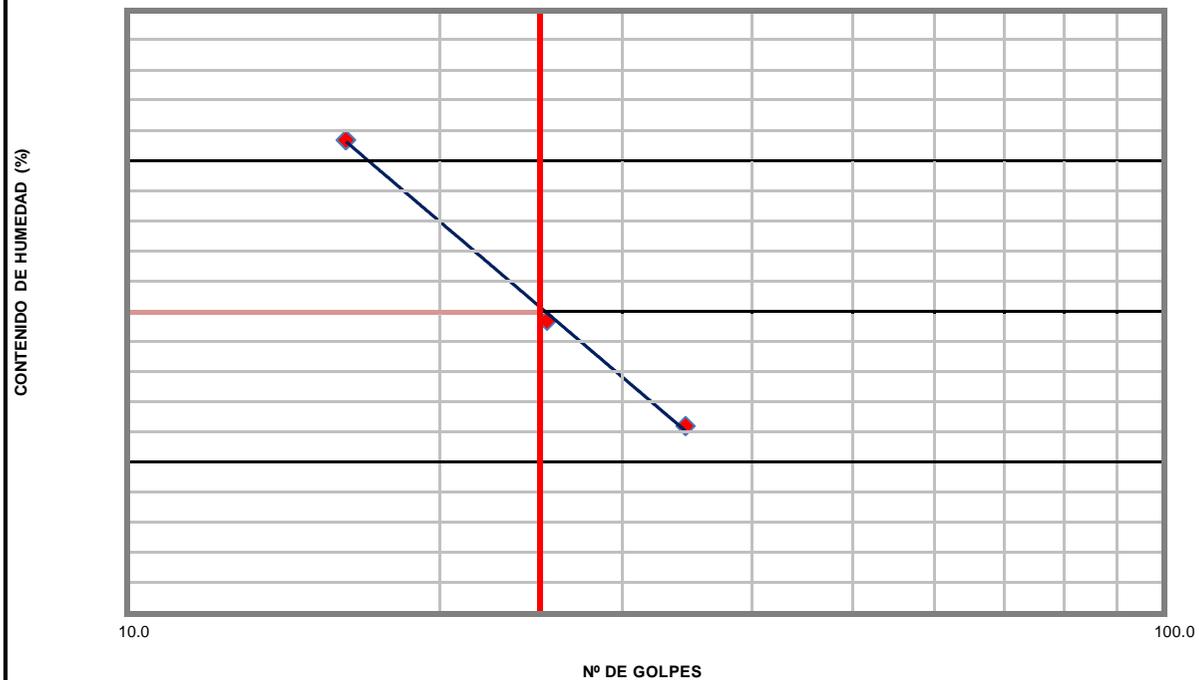
  

Procedimiento	Tara N.º	
	8	21
1. Peso Tara, [gr]	13,93	13,11
2. Peso Tara + Suelo Húmedo, [gr]	24,71	24,61
3. Peso Tara + Suelo Seco, [gr]	23,35	23,12
4. Peso Agua, [gr] (2)-(3)	1,36	1,49
5. Peso Suelo Seco, [gr] (3)-(1)	9,42	10,01
6. Contenido de Humedad, [%] (4) / (5)X100	14,40	14,90
7. Contenido de Humedad Promedio, [%]	<b>14,70</b>	

### 3. CONTENIDO DE HUMEDAD (ASTM D 2216)

Procedimiento	Tara N.º
1. Peso Tara, [gr]	0
2. Peso Tara + Suelo Húmedo, [gr]	1000
3. Peso Tara + Suelo Seco, [gr]	800
4. Peso Agua, [gr] (3)-(4)	200
5. Peso Suelo Seco, [gr] (4)-(2)	800
6. Contenido de Humedad, [%] (5) / (6)X100	<b>25,00</b>

### DIAGRAMA DE FLUIDEZ



Golpe 25	25	1.39794	
1,53	1,40	1,20	1,20
Humedad			
25,30	26,00	27,20	27,20
golpes			
34	25	16	16
Humedad Grafico			
25,30	26,00	27,20	27,20

2,605,235

26,10

CALICAT : C- 2 km. 6+910 MUESTRA: M-1 PROFUNDIDAD: 0.00-1.00 m

**ENSAYOS ESTANDAR DE CLASIFICACION.  
NORMAS ASTM D422 - D2216 - D854 - D4318 - D427 - D2487**

**1. ANALISIS GRANULOMETRICO POR TAMIZADO**

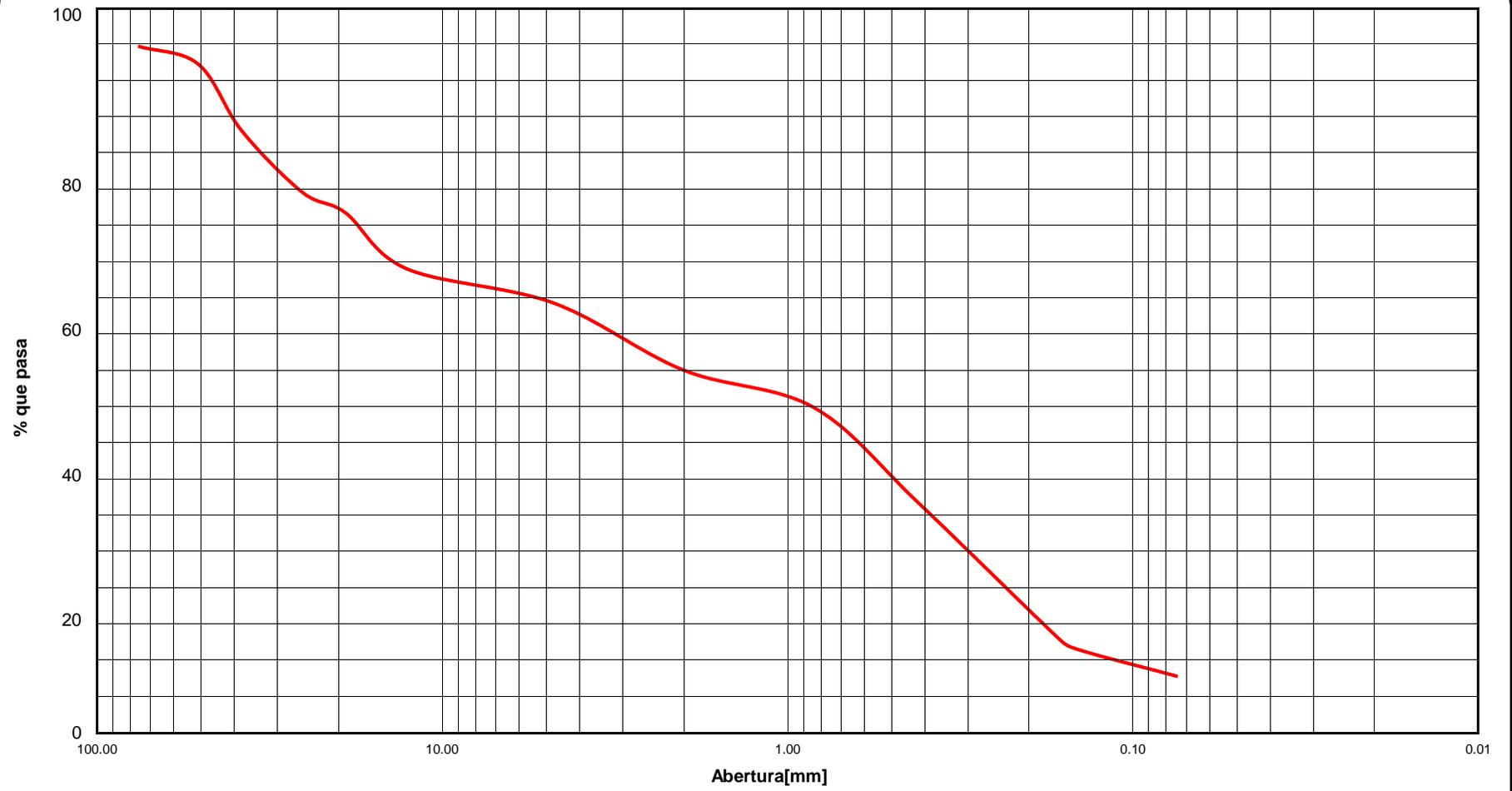
Peso Inicial Seco, [gr]	7595,00
Peso Lavado y Seco, [gr]	6600,30

Mallas	Abertura	Peso retenido	Porcentaje Ret.	Porcentaje Ret.	Porcentaje Acum
	[mm]	[grs]	[%]	Acumulado [%]	Pasante [%]
3"	76,000				100,00
2"	50,800	190,00	2,50	2,50	97,50
1 1/2"	38,100	695,00	9,15	11,65	88,35
1"	25,400	645,00	8,49	20,14	79,86
3/4"	19,050	215,00	2,83	22,97	77,03
3/8"	12,700	585,00	7,70	30,67	69,33
N°4	4,760	360,00	4,74	35,41	64,59
N° 10	2,000	702,20	9,25	44,66	55,34
N° 20	0,840	389,90	5,13	49,79	50,21
N° 40	0,420	990,80	13,05	62,84	37,16
N° 80	0,170	1373,90	18,09	80,93	19,07
N° 100	0,150	149,60	1,97	82,90	17,10
N° 200	0,074	303,90	4,00	86,90	13,10
< N° 200	0,000	994,70	13,10	100,00	0,00

**CARACTERISTICAS FISICAS**

RELAT. DE SOLIDOS [corregido por t°]	[gr/cc]	
HUMEDAD NATURAL	[%]	27,40
LIMITE LIQUIDO	[%]	NP
LIMITE PLASTICO	[%]	NP
INDICE PLASTICO	[%]	NP
MATERIAL MENOR TAMIZ # 200	[%]	13,10
LIMITE DE CONTRACCION	[%]	
POTENCIAL DE EXPASION		Bajo
CLASIFICACION S.U.C.S.		<b>SM</b>
CLASIFICACION A.S.S.H.T.O.		<b>A-1-b</b>
INDICE DE CONSISTENCIA		Estable
<b>% Grava</b>	<b>% Arena</b>	<b>% Finos</b>
35,41	51,49	13,10

# GURVA GRANULOMETRICA



2. LIMITES DE CONSISTENCIA (ASTM D4318)

A. LIMITE LIQUIDO		
Procedimiento	Tara N.º	
1. No de Golpes		
2. Peso Tara, [gr]		
3. Peso Tara + Suelo Humedo, [gr]		
4. Peso Tara + Suelo Seco, [gr]		
5. Peso Agua, [gr] (3) (4)		
6. Peso Suelo Seco, [gr] (4) (2)		
7. Contenido de Humedad, [%] (5) / (6) X 100		
<b>NL</b>		
B. LIMITE PLASTICO		
Procedimiento	Tara N.º	
1. Peso Tara, [gr]		
2. Peso Tara + Suelo Húmedo, [gr]		
3. Peso Tara + Suelo Seco, [gr]		
4. Peso Agua, [gr] (2)		
5. Peso Suelo Seco, [gr] (3) (3)		
6. Contenido de Humedad, [%] (4) / (3) (1)		
7. Contenido de Humedad Promedio, [%] (5) X 100		
<b>NP</b>		

3. CONTENIDO DE HUMEDAD (ASTM D 2216)

Procedimiento	Tara N.º
1. Peso Tara, [gr]	0
2. Peso Tara + Suelo Húmedo, [gr]	1000
3. Peso Tara + Suelo Seco, [gr]	785
4. Peso Agua, [gr] (3)-(4)	215
5. Peso Suelo Seco, [gr] (4)-(2)	785
6. Contenido de Humedad, [%] (5) / (6) X 100	<b>27,40</b>



<b>Gráfico</b>	
10,00	25
-10,00	25
0,00	10
0,00	25

**Calculos auxiliares**

Golpe 25	25	1.39794	
1,28	1,41	1,50	1,21
<b>Humedad</b>			
0,00	0,00	0,00	0,00
<b>golpes</b>			
19	26	36	36
<b>Humedad Grafico</b>			
0,00	0,00	0,00	0,00

0,000000

0,00

CALICAT : C- 2 km. 6+910 MUESTRA: M-2 PROFUNDIDAD: 1.00-2.50 m

**ENSAYOS ESTANDAR DE CLASIFICACION.  
NORMAS ASTM D422 - D2216 - D854 - D4318 - D427 - D2487**

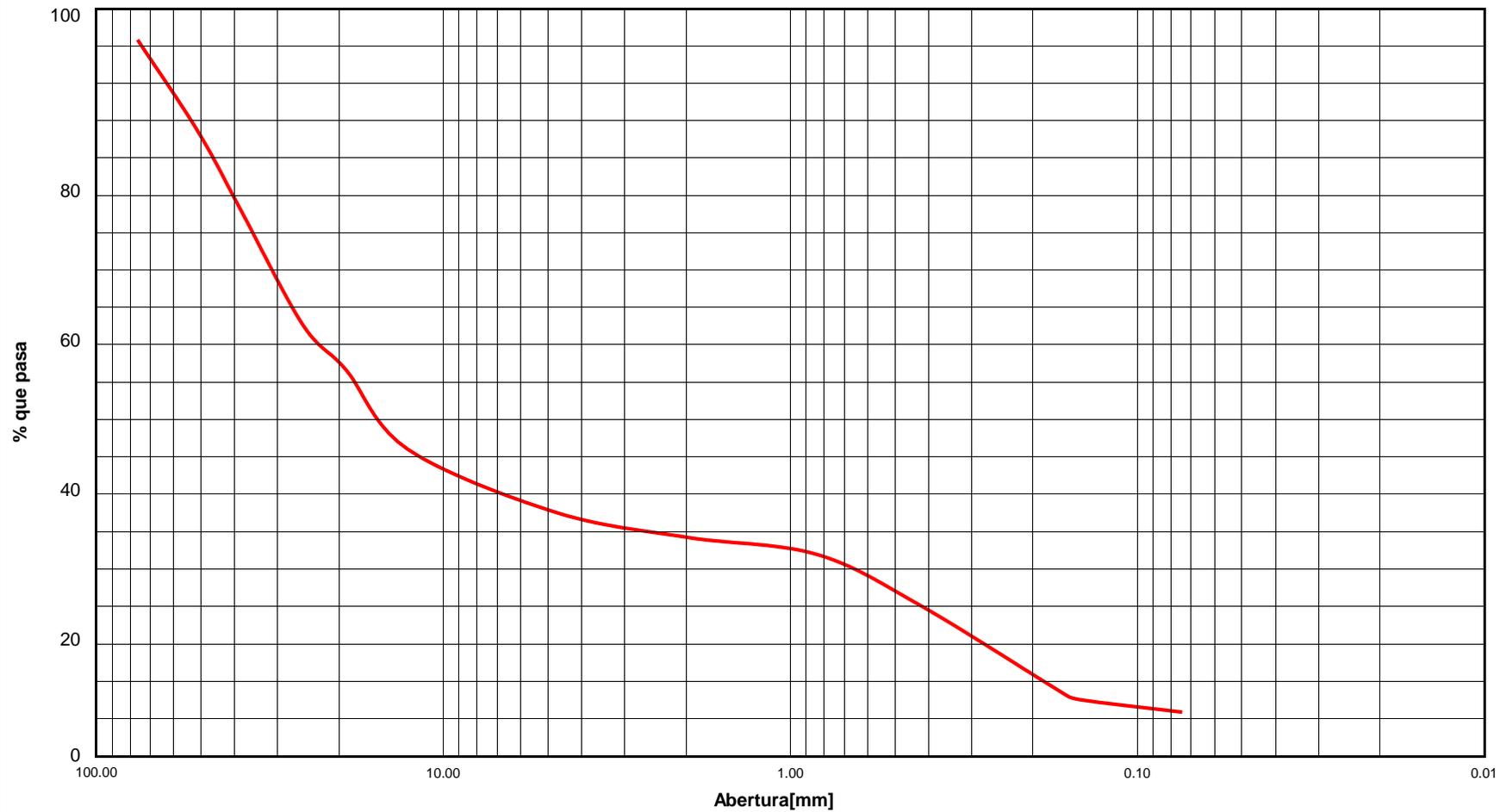
**1. ANALISIS GRANULOMETRICO POR TAMIZADO**

Peso Inicial Seco, [gr]	19415,00
Peso Lavado y Seco, [gr]	17461,20

Mallas	Abertura	Peso retenido	Porcentaje Ret.	Porcentaje Ret.	Porcentaje Acum
	[mm]	[grs]	[%]	Acumulado [%]	Pasante [%]
3"	76,000				100,00
2"	50,800	2395,00	12,34	12,34	87,66
1 1/2"	38,100	2065,00	10,64	22,98	77,02
1"	25,400	2935,00	15,12	38,10	61,90
3/4"	19,050	1175,00	6,05	44,15	55,85
3/8"	12,700	2050,00	10,56	54,71	45,29
N°4	4,760	1645,00	8,47	63,18	36,82
N° 10	2,000	651,00	3,35	66,53	33,47
N° 20	0,840	444,40	2,29	68,82	31,18
N° 40	0,420	1333,10	6,87	75,69	24,31
N° 80	0,170	2175,70	11,21	86,90	13,10
N° 100	0,150	247,40	1,27	88,17	11,83
N° 200	0,074	344,60	1,77	89,94	10,06
< N° 200	0,000	1953,80	10,06	100,00	0,00

CARACTERISTICAS FISICAS				
RELAT. DE SOLIDOS [corregido por t°]		[gr/cc]		
HUMEDAD NATURAL		[%]		13,60
LIMITE LIQUIDO		[%]		22,40
LIMITE PLASTICO		[%]		12,10
INDICE PLASTICO		[%]		10,30
MATERIAL MENOR TAMIZ # 200		[%]		10,06
LIMITE DE CONTRACCION		[%]		
POTENCIAL DE EXPASION				Bajo
CLASIFICACION S.U.C.S.				GP-GC
CLASIFICACION A.S.S.H.T.O.			A-2-4	( 0 )
INDICE DE CONSISTENCIA			Estable	1,2
% Grava	% Arena	% Finos	-	
63,18	26,76	10,06	-	

### CURVA GRANULOMETRICA



## 2. LIMITES DE CONSISTENCIA (ASTM D4318)

<b>A. LIMITE LIQUIDO</b>			
Procedimiento	Tara N.º		
	14	13	15
1. No de Golpes	34	25	15
2. Peso Tara, [gr]	13,34	12,94	12,90
3. Peso Tara + Suelo Húmedo, [gr]	28,96	30,60	30,42
4. Peso Tara + Suelo Seco, [gr]	26,19	27,38	27,05
5. Peso Agua, [gr] (3)-(4)	2,77	3,22	3,37
6. Peso Suelo Seco, [gr] (4)-(2)	12,85	14,44	14,15
7. Contenido de Humedad, [%] (5) / (6)X100	<b>21,60</b>	<b>22,30</b>	<b>23,80</b>

Procedimiento	Tara N.º	
	20	7
1. Peso Tara, [gr]	12,32	13,25
2. Peso Tara + Suelo Húmedo, [gr]	26,24	25,84
3. Peso Tara + Suelo Seco, [gr]	24,75	24,47
4. Peso Agua, [gr] (2)-(3)	1,49	1,37
5. Peso Suelo Seco, [gr] (3)-(1)	12,43	11,22
6. Contenido de Humedad, [%] (4) / (5)X100	12,00	12,20
7. Contenido de Humedad Promedio, [%]	<b>12,10</b>	

## 3. CONTENIDO DE HUMEDAD (ASTM D 2216)

Procedimiento	Tara N.º
1. Peso Tara, [gr]	0
2. Peso Tara + Suelo Húmedo, [gr]	1000
3. Peso Tara + Suelo Seco, [gr]	880
4. Peso Agua, [gr] (3)-(4)	120
5. Peso Suelo Seco, [gr] (4)-(2)	880
6. Contenido de Humedad, [%] (5) / (6)X100	<b>13,60</b>

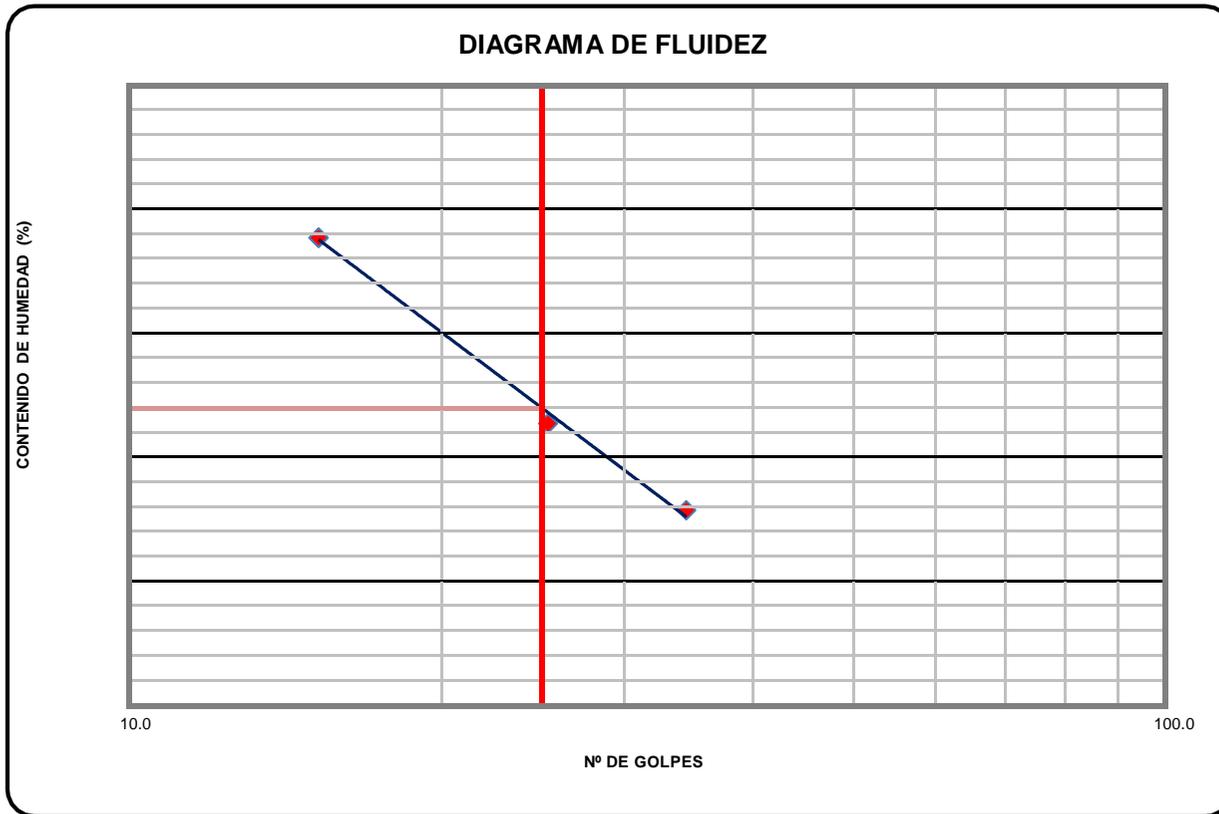


Gráfico	
33,00	25
11,00	25
22,39	10
22,39	25

**Calculos auxiliares**

Golpe 25	25	1.39794	
1,53	1,40	1,18	1,18
<b>Humedad</b>			
21,60	22,30	23,80	23,80
<b>golpes</b>			
34	25	15	15
<b>Humedad Grafico</b>			
21,60	22,30	23,80	23,80

2,238,674

22,40

## Anexo 6: Estudio hidráulico

AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC	TOTAL ANUAL
2015			30	47.8	33.8	52.4	28.2	51.3	7.5	25.5	31.2	33.5	341.2
2016	6.5	5.4	48.5	51.8	42.2	41.2	10.5	37.2	37.4	39.7	25.2	17.8	412
2017	37.2	53.2	47.8	21.5	45	50.6	40.4	23.5	54.2	38.5	98	28.2	538.1
2018	29.8	37.5	21.2	45	64.5	31.4	59.8	18.8	41.8	47.5	31.2	25.8	454.3
2019	60.2	72.4	35.2	50.2	42.2	26	26.5	28.4	24.6	17.5	62.8	49	495
<b>PROMEDIO</b>	33.425	54.275	36.54	43.26	45.54	40.32	33.08	31.84	33.1	33.74	49.68	30.86	465.66
<b>MAXIMO</b>	60.2	72.4	48.5	51.8	64.5	52.4	59.8	51.3	54.2	47.5	98	49	
<b>MINIMO</b>	6.5	37.5	21.22	21.5	33.8	26	10.5	18.8	7.5	17.5	25.2	17.8	

Cuadro 1: Precipitación mensual – Estación meteorológica PACAYZAPA

AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC	TOTAL ANUAL
1975				28	58	35	17.5	20	57	36	28	22	301.5
1976	48	21	23	36	15	13.3	12.5	13	19.5	33	38	47	319.3
1977	20	31	69.5	41	33	51	37	27	24	50	26	25	434.5
1978	13	7	14	36	36	69	35	10	36	30	60	94.5	440.5
1979	35	30.5	64	40	34	10	35	15	45	22	89	67	486.5
1980	40	31	41	8	35	10	10	33	54	40.8	50	37	389.8
1981	30	62	41	43	64	18	7.5	20	15	45	130.5	42	518
1982	15	50	56.3	52	35	27	13	11	20	17	41	37.5	374.8
1983	20	31	50.5	53.5	21.3	10	3	15	15	32	15	27	293.3
1984	25	17.8	10	12	15	17.5	8	22	22	18	10	7	184.3
1985	10	13	13	70.3	15	13	20	14	10	16	32	21	247.3
1986	43	45	32	33	17	11	12	15	17	12	30	16	283
1987	17	12	12	11	8.3	8	11	10	13	44	18	14.5	178.8
1988	8	7	19	30	11	22	13	13	15	12	12	17	179
1989	70	13	12	17	13	15	16.5	20	16	7	9	4.5	213
1990	17	23	25	12	8.6	7.5	14	16	18	15	14	12	182.1
1991	10	13	16	21	13	10.1	17	8.5	14	16	17	17	172.6
1992	10	20.3	17	21.5	18	12	28	22	9.8	19	20	20	217.6
1993	29	48	82.5	30.5	27	14.5	11.5	41	24	34	15	17	374
1994	45	28	28.5	54.3	21	29	22	9	25	60	82	26	429.8
1995	12	30	30	69.5	19	20.8	14.5	5	26	34	68.5	37	366.3
1996	24	32	31.5	13.5	35	9.9	7	31	17	68	40	33	341.9
1997	15	61	18	30.3	24.2	14.6	11.1	20.7	40.5	47.5	41.7	31.2	355.8
1998	21.4	33.6	42.6	68.5	49.3	15.4	6	32.8	11	41.6	15.6	31.2	369
1999	40	50.7	37	22.5	46.4	24.5	13.8	34.7	15.1	26.8	11.5	25.5	348.5
2000	39	36	27.5	35.8	11.3	31.6	12.6	16.8	20.5	26.3	16.9	32.5	306.8
2001	23.8	41.4	53.1	23.5	67.4	23.7	17	14.8	42.8	51.6	51.4		410.5

2002	32.8	37.5	83.5	44	33.2	5.5	19.4	26.5	35.4	55.3	47.7	29.8	450.6
2003	24.8	36.9	36.5	33.3	36.4	19.6	10.5	15.2	77.7	46.6	33.3	37.7	408.5
2004	19.7	35.5	34.3	29.6	38.1	25.7	13.7	24.3	11.7	24.2	40.4	18.6	315.8
2005	38.9	25.5	29.5	68.5	40.8	26.1	19.6	11.7	24	19.5	61.3	36.7	402.1
2006	39.3	47.4	33.4	12	8.3	18.3	15	14	39.2	31.5	39.3	24.4	322.1
2007	45.2	18.7	25.9	63.4	-99.9	9.5	21.2	47.7	37.4	101.2	71.1	42.6	384
2008	20.5	72.6	38.2	134.8	22.8	68.2	82.3	24.8	29.5	45.6	41.6	18.8	599.7
2009	29.6	21.5	60.3	81.5	23.7	32.8	17	22.6	22.7	24.1	35.9	12.8	384.5
2010	9.3	85.4	28.1	40.9	33.7	8.2	32.6	18	40.4	22.8	29.3	64.2	412.9
2011	29.5	20.8	25.3	35.5	49.1	27.8	60.9	38.9	23	70.5	20.8	44.8	446.9
2012	38.8	45	65	66.4	41.5	16.5	7.5	22.5	32.2	29.9	34.4	47.8	447.5
2013	40.7	29.6	71.2	30.8	45.5	34.2	31.4	49.8	60	44.3	34	23.5	495
2014	40.2	21.4	41.4	30.5									133.5
2016	34.5	15.9	18.3	37.2	13.8	13.2	10.8	25.5	11.7	37.5	16.2	12.6	247.2
2017	27.6	57.6	40.8	21.9		11.4	9.3	12.6	12	15.9	24.3	6	239.4
2018	47.4	22.2	17.7	56.1	27.3	18	10.2	10.2	8.1	35.4	12.9	30.6	296.1
2019	17.4	11.4	18	18.9	25.8	15.1	13.5	3.9	6.6	27.9	17.7	14.4	190.59
2020	6	19.2	21.9	22.8	9.3	13.8	15.9	8.1	14.4				131.4
PROMEDIO	28.29	32.4	35.66	39.07	25.97	20.8	18.6	20.43	25.9	34.58	35.87	29.21	
MAXIMO	70	85.4	83.5	134.8	67.4	69	82.3	49.8	77.7	101.2	130.5	94.5	
MINIMO	8	7	10	8	-99.9	5.5	3	3.9	6.6	7	9	4.5	

Cuadro 2: Precipitación mensual – Estación meteorológica ALAO

AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC	TOTAL ANUAL
2015	25.8	21.2	18.7	28.7	29.9	1.1	1.5	22.8	8.6	21.8	17.7	37.2	235
2016	26.9	35.5	16.7	67.8	20	16.2	4.3	4.8	5	32	22	16.4	267.6
2017	29.4	44.9	40.9	16	27.5	9.7	13.4	6.2	2.4	16.4	26.4	24.3	257.5
2018	14.4	18.2	24.4	13.9	21.2	27.7	16.2	10	22.3				168.3
PROMEDIO	27.4	33.9	25.4	37.5	25.8	9	6.4	11.3	5.3	23.4	22	26	
MAXIMO	29.4	44.9	40.9	67.8	29.9	16.2	13.4	22.8	8.6	32	26.4	37.2	
MINIMO	25.8	21.2	16.7	16	20	1.1	1.5	4.8	2.4	16.4	17.7	16.4	

Cuadro 3: Precipitación mensual – Estación meteorológica CHACHAPOYAS

AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC	TOTAL ANUAL
2017	40.4	152.4	43.1	43.1	44.9	14.8	18.6	26.6	24.2	28.4	18.8	14.8	470.1
2018	25.7	55.2	24.1	70.5	31.6	25.8	22.3	26.2	28.5	44.7	35.6	18.7	408.9
2019	34.2	69.2	24.2	26.7	28.1	25.2	30.6	23.2	17.2	26.1	48.6	32.5	385.8
2020	60.4	13.2	48.4	0	0	0	0	0	0				122
<b>PROMEDIO</b>	33.43	92.27	30.47	35.08	34.87	21.93	23.83	25.33	23.3	33.07	34.33	22	
<b>MAXIMO</b>	40.4	152.4	43.1	70.5	44.9	25.8	30.6	26.6	28.5	44.7	48.6	32.5	
<b>MINIMO</b>	25.7	55.2	24.1	0	28.1	14.8	18.6	23.2	17.2	26.1	18.8	14.8	

Cuadro 4: Precipitación mensual – Estación meteorológica RIOJA

AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC	TOTAL ANUAL
1975	30	55.5	61	23	73	45	50	13	29	26	28	52	485.5
1976	66	35	35	24	50	25	14	29	39	41	100	50	508
1977	18	30	90	25	60	60	25	26	39	28	85	40	526
1978	18	15	20	50	18	8.3	28	7	98	125	67	36	490.3
1979	49.5	30	65	30	43.5	6	12.5	48	29	66	123.5	25	528
1980	65.5	35	81	17	21.5	38	43.5	70	21.5	77.5	72	90.3	632.8
1981	20	36.5	35	35	51	51	55.5	10.3	26.3	38.5	45	41	445.1
1982	33	44	38	32	30	30	40.5	35	37	21	67.5	33	441
1983	31.5	70	70	57	25	12				47	57	107	476.5
1984	27	42	70	47	100	31			50	80.5	40	17	504.5
1985	27.5	25	125	25.5	64	12.5	25	42.5	39.5	60	75	55	576.5
1986	42	46.5	30	44	35						31	60	288.5
1987	44	49	76	75	15	17	22	17	22	35	79	17	468
1988	75	75	90	75	15	5	17	20	17	75	79	25	568
1989	28	29	28	25	20	17	16	14	75	75	82	8	417
1990	32	81	82.5	87	75	23	17	35	25	45	45	75	622.5
1991	75	65	70	75	8	8	17	16	75	75	22.5	10	516.5
1992	10	9.4	4.9	5.3	7.5	6	23	21	19	14	13.7	20.5	154.3
1993	11	32.4	55.6	14	20	12	11	16	10	21	23	9	235
1994	12	15	15	21	16	28	32.6	13	11	21	16	16	216.6
1995	13	9	35	27	10	9	38	6	57	15	85	29	333
1996	18	25	27	36	15.3	5	8	40.2	34	34	18	45	305.5
1997	43	50	25	42	44.5	14.7	19	23.4	38.5	69.1	25	25	419.2
1998	44	43	25	65	24.5	37	15.5	56	21.5	51.5	34.4	16.5	433.9
1999	28.3	83.7	30.3	18.3	49.1	41.1	22.1	20.9	28	62.5	51.4	33.6	469.3
2000	26.3	54.4	36.2	80.2	52.7	20.2	67.2	45.8	28.7	19.2	22	103	555.9
2001	24	30.5	39.5	37	60.3	10.3	26	16.9	22	42.6	70.4	49.3	428.8
2002	23.2	34.6	54.7	88.3	42.2	36.4	35.4	16	30.7	42.7	55.9	19.3	479.4
2003	51.6	42.6	81.6	34.8	39.6	23.9	20.1	25.2	24	48.5	89.5	134.7	616.1

2004	14.1	37.6	26.5	21.1	30.1	14.9	21.6	26.6	31.8	80.8	39.4	72.8	417.3
2005	23.1	27.5	64.4	45.8	21.5	25.2	21.4	8.4	13.8	34	78.5	44.3	407.9
2006	32.5	44.8	72.2	24	17.5	13.7	24.3	59	38.3	33.5	21	39	419.8
2007	24.1	9.9	45.8	22.7	32.7	33	38.2	27.3	25.5	53.8	41.9	35.7	390.6
2008	23.1	39.2	37.8	15.8	32.2	22.2	19.8	10.8	23.1	54.8	102	74.2	455
2009	31.2	41.4	51.3	45.2	18	25.2	13.4	42.2	26.8	33.3	27.3	10.8	366.1
2010	22	61.8	21.7	70.3	20.8	11.2	36.5	11.9	28.4	41.7	41.3		367.6
2011	36.4	45.5	26.2	10.9	19.1	25.8	17.1	32.2	15.1	30.2	45.3	84	387.8
2012	40.1	30.1	130.6	47.7	34.9	20.2	17.8	4.2	23.2	48.8	58.4	47.4	503.4
2013	42.6	35	60	44.8	26.9		27.7	67	52.6	53.5	45.4	20.2	475.7
2014			51.4	31.2				0	0	0	0	0	82.6
2017	45.4	70.6	88	0	36	38.8	13.8	28.8	30.2	57.8	65.2	36.8	511.4
2018	39.6	140.8	36.4	30	42.2	10	20.6	41	23.6	26.8	67.6	28	506.6
2019	41.4	40.8	20	33.2	72	14.2	29.5	24.2	22.8	42.2	39.6	37.8	417.7
2020	42.4	50.4	36.2	0	0	0	0	0	0				129
PROMEDIO	33.4	43.3	51.8	37.7	35.5	22.2	25.7	26.7	31.8	46.4	52.9	42.2	

Cuadro 5: Precipitación mensual – Estación meteorológica SORITOR

#### a. RELACIÓN DE PRECIPITACIÓN – ALTITUD

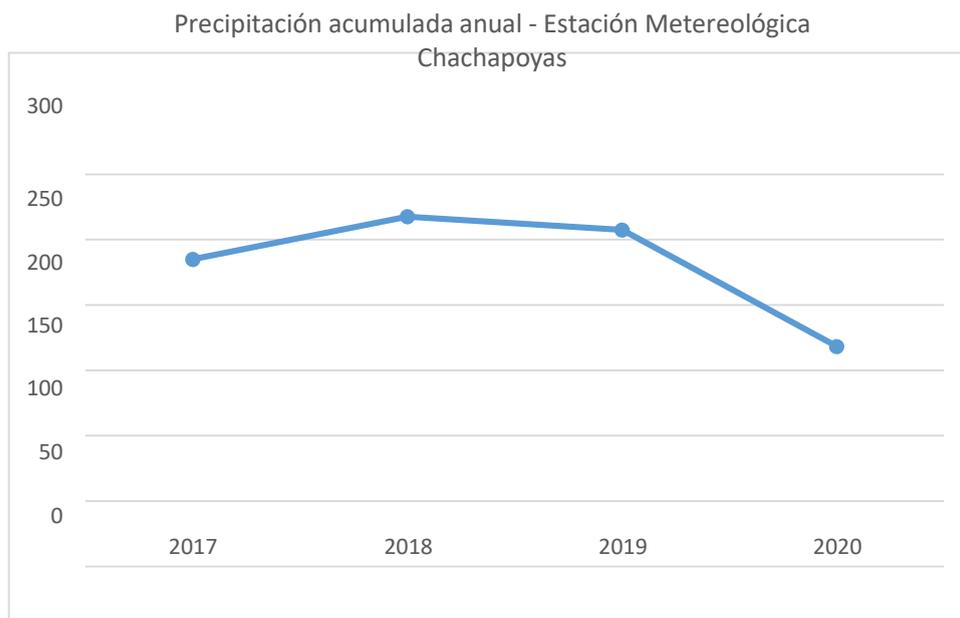
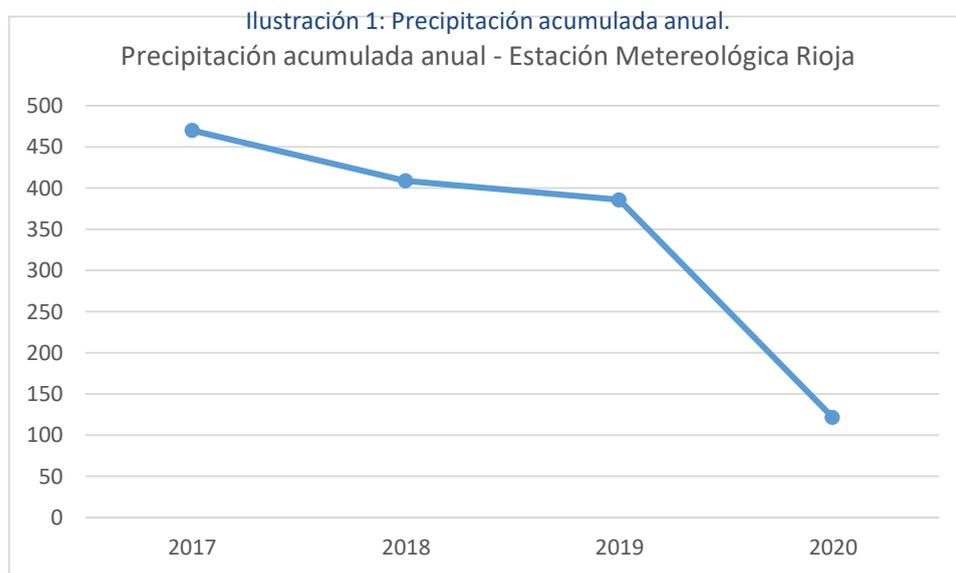
El comportamiento orográfico de las precipitaciones en las estaciones del estudio hará posible encontrar una buena relación de precipitación – altitud entre las estaciones ubicadas en el ámbito de las cuencas del estudio. En las estaciones del estudio no se han encontrado una relación entre precipitación y altitud debido a encontrarse en diferentes regiones orográficas. A continuación, se presentan los resultados de cada estación meteorológica.

MES	ESTACIÓN METEOROLÓGICA					
	RIOJA	CHACHAPOYAS	NARANJILLO	ALAO	SORITOR	PACAYZAPA
ENE	33.43	27.37	28.29	29.55	33.38	33.43
FEB	92.27	33.87	32.4	36.59	43.29	54.28
MAR	30.47	25.43	35.66	53.96	51.83	36.54
ABR	46.77	37.5	39.07	46.27	38.56	43.26
MAY	34.87	25.8	25.97	40.71	35.47	45.54
JUN	21.93	9	20.78	32.38	22.17	40.32
JUL	23.83	6.4	18.61	31.96	25.71	33.08
AGO	25.33	11.27	20.43	30.54	26.67	31.84
SET	23.3	5.33	25.9	41.23	31.75	33.1
OCT	33.07	23.4	34.58	45.94	46.38	33.74
NOV	34.33	22.03	35.87	45.73	52.92	49.68
DIC	22	25.97	29.21	36.74	42.22	30.86
<b>TOTAL</b>	<b>421.6</b>	<b>253.37</b>	<b>346.77</b>	<b>471.61</b>	<b>450.34</b>	<b>465.66</b>
<b>ALTITUD (m)</b>	<b>823</b>	<b>2442</b>	<b>882</b>	<b>420</b>	<b>902</b>	<b>900</b>

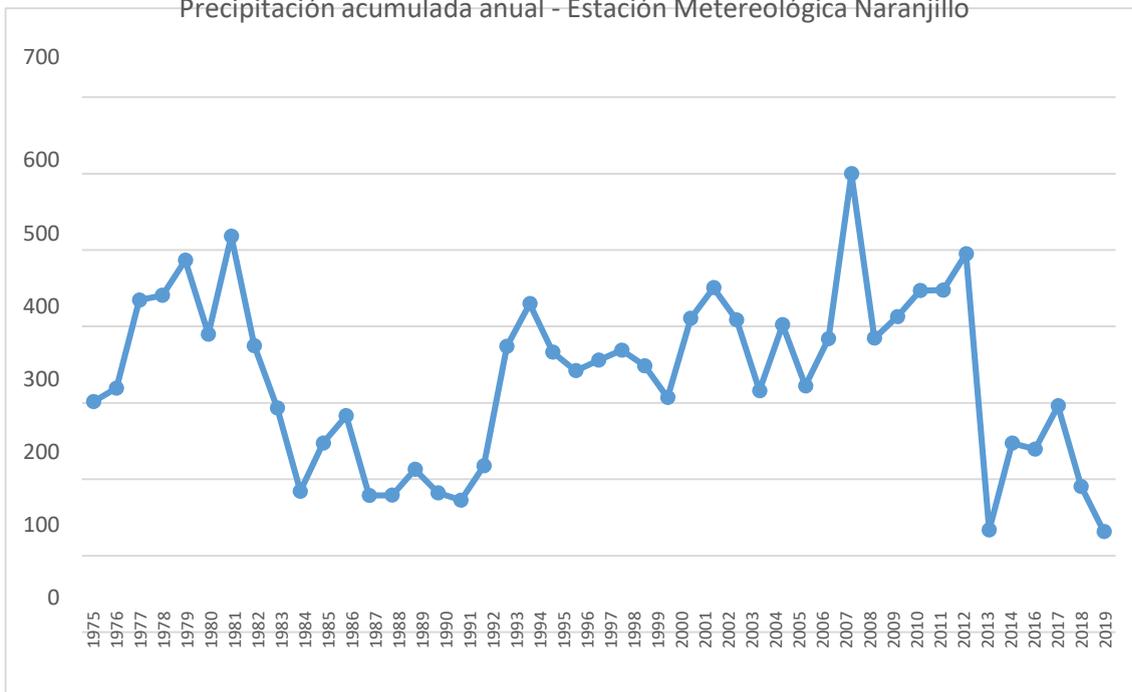
## PRECIPITACIÓN MÁXIMA HISTÓRICA EN EL ÁMBITO DE LA CUENCA

### a. PRECIPITACIÓN ACUMULADA ANUAL.

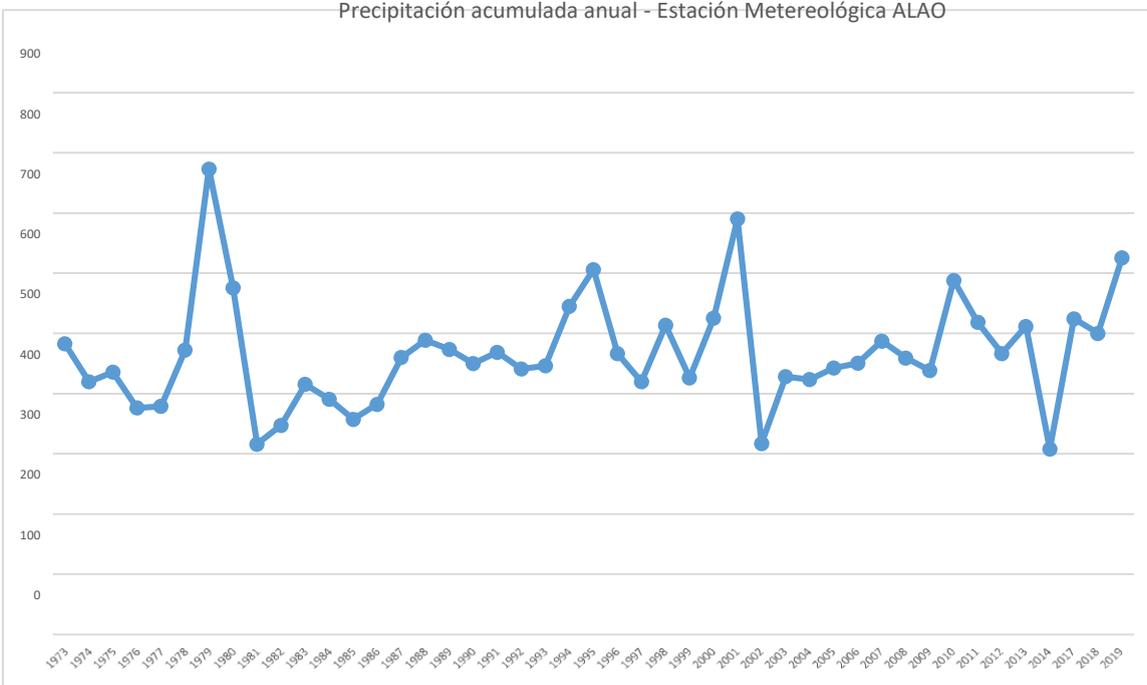
De las (6) Estaciones meteorológicas escogidas para el presente estudio, luego de haber ajustado, corregido y completado la información, se ha calculado la precipitación anual para entender las variaciones a en los registros históricos debido al fenómeno del niño y niño costero. Los gráficos que a continuación se presentan han sido elaborados en base a la información histórica ajustada y completada según los procedimientos antes mencionados. Sin embargo, se han obviado los años para los cuales no se tiene información mensual completa.

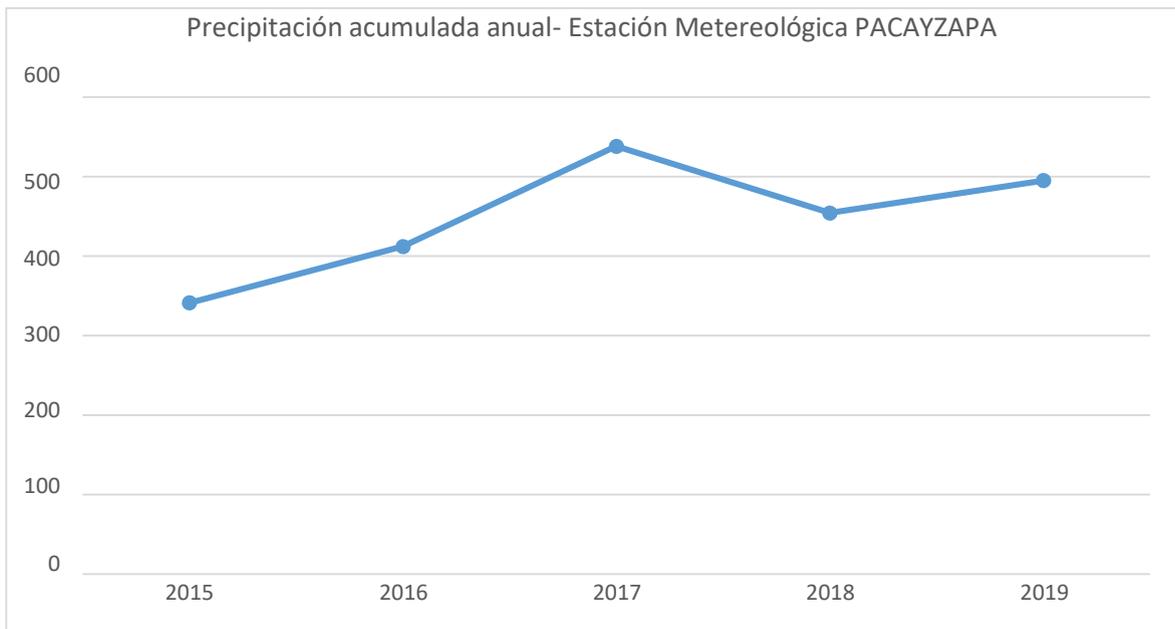
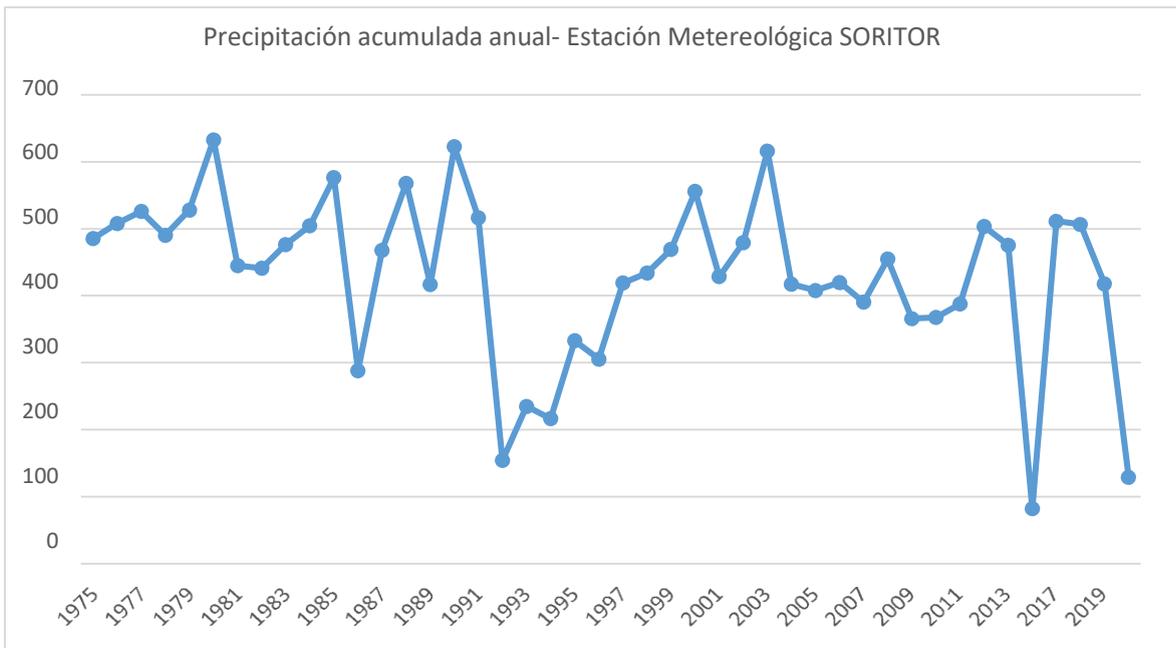


Precipitación acumulada anual - Estación Metereológica Naranjillo



Precipitación acumulada anual - Estación Metereológica ALAO





En las ilustraciones anteriores se puede evidenciar que los años más lluviosos en las estaciones elegidas son 1979, 1983; 1998 y 2017, años coincidentes con las ocurrencias más intensas del fenómeno del niño y niño costero respectivamente.

## b. PRECIPITACIÓN MÁXIMA DIARIA

Como se ha mencionado, es necesario conocer las precipitaciones máximas diarias que nos permite la información histórica que serán más representativas para el propósito del presente estudio. Esta serie de valores, a su vez permitirán calcular las máximas precipitaciones estimadas para el periodo de retorno seleccionado. Los valores obtenidos en milímetros se han consolidado en el cuadro siguiente.

AÑO	NARANJILLO	RIOJA	CHACHAPOYAS	ALAO	SORITOR	PACAYZAPA
1973				69.1		
1974				59.7		
1975	58			65.1	73	
1976	48			60	100	
1977	69.5			76.3	90	
1978	94.5			89.5	125	
1979	89			172	123.5	
1980	54			128.9	90.3	
1981	130.5			50.9	55.5	
1982	56.3			63.4	67.5	
1983	53.5			122.1	107	
1984	25			81.4	100	
1985	70.3			57.3	125	
1986	45			58	60	
1987	44			75.2	79	
1988	30			79.7	90	
1989	70			81.8	82	
1990	25			88	87	
1991	21			75.4	75	
1992	28			79	23	
1993	82.5			76.2	55.6	
1994	82			82.4	32.6	
1995	69.5			108.5	85	
1996	68			79.8	45	

AÑO	NARANJILLO	RIOJA	CHACHAPOYAS	ALAO	SORITOR	PACAYZAPA
1997	61			93.8	69.1	
1998	68.5			75.8	65	
1999	50.7			65.5	83.7	
2000	39			72.4	103	
2001	67.4			128.9	70.4	
2002	83.5			50.5	88.3	
2003	77.7			109.5	134.7	
2004	40.4			57.8	80.8	
2005	68.5			69.5	78.5	
2006	47.4			124	72.2	
2007	101.2			124	53.8	
2008	134.8			60.2	102	
2009	81.5			73.6	51.3	
2010	85.4			123.1	70.3	
2011	70.5			123.1	84	
2012	66.4			92.7	130.6	
2013	71.2			72.2	67	
2014	41.4			61.5	51.4	
2015						52.4
2016	37.5					54
2017	57.6	152.4	37.2	103.7	88	98
2018	56.1	70.5	67.8	83.6	140.8	64.5
2019	27.9	69.2	44.9	113.5	72	72.4
2020	22.8	60.4	27.7		50.4	

Precipitación máxima diaria anual.

AÑO	MESES												PREC. MAX.
	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC	
2000	26.3	54.4	36.2	80.2	52.7	20.2	67.2	45.8	28.7	19.2	22	103	103
2001	24	30.5	39.5	37	60.3	10.3	26	16.9	22	42.6	70.4	49.3	70.4
2002	23.2	34.6	54.7	88.3	42.2	36.4	35.4	16	30.7	42.7	S/D	19.3	88.3
2003	51.6	42.6	81.6	34.8	39.6	23.9	20.1	25.2	24	48.5	89.5	134.7	134.7
2004	14.1	37.6	26.5	21.1	30.1	14.9	21.6	26.6	31.8	80.8	39.4	72.8	80.8
2005	S/D	27.5	64.4	45.8	21.5	25.2	21.4	8.4	13.8	34	78.5	44.3	78.5
2006	32.5	44.8	72.2	24	17.5	13.7	24.3	59	S/D	33.5	21	39	72.2
2007	S/D	9.9	45.8	22.7	32.7	33	38.2	27.3	25.5	53.8	41.9	35.7	53.8
2008	23.1	39.2	37.8	15.8	32.2	22.2	19.8	10.8	23.1	54.8	102	74.2	102
2009	31.2	41.4	51.3	42.2	18	25.2	13.4	42.2	26.8	33.3	27.3	10.8	51.3
2010	22	61.8	21.7	70.3	20.8	11.2	36.5	11.9	28.4	41.7	41.3	S/D	70.3
2011	36.4	45.5	26.2	10.9	19.1	25.8	17.1	32.2	15.1	30.2	45.3	84	84
2012	40.1	30.1	130.6	47.7	34.9	20.2	17.8	4.2	23.2	48.8	58.4	47.4	130.6
2013	42.6	35	60	44.8	26.9	18.5	27.7	67	52.6	53.5	45.4	20.2	67
2014	25.9	23.2	51.4	31.2	41	40.8	27.8	29.4	35	61	40	40.2	61
2015	56.4	27.4	70.2	65	21.6	13.4	24.4	33.6	S/D	S/D	56.4	49.8	70.2
2016	15.8	40.6	55.4	43.4	32.8	25.6	7	11.2	S/D	28	71.4	33.8	71.4
2017	45.4	70.6	S/D	S/D	36	32.2	13.8	28.8	30.2	57.8	65.2	40.8	70.6
2018	39.6	140.8	36.8	30	50.8	10	20.6	41	28	26.8	67.6	28	140.8
2019	41.4	40.8	20	33.2	72	14.2	29.5	24.2	27.6	42.2	39.6	37.8	72

Fuente: Estación Meteorológica Soritor - SENAMHI

### c. CURVAS DE INTENSIDAD – DURACIÓN – FRECUENCIA

Las curvas Intensidad-Duración-Frecuencia vienen a ser una relación matemática, entre la intensidad de una precipitación, su duración y la frecuencia con la que se observa. Habiendo determinado que en la zona de estudio se trabajará con un (01) Hietograma, en el cual se ha calculado la intensidad acumulada conforme a las horas de duración de la precipitación, estos valores han sido ordenados de mayor a menor con el fin de graficar las curvas de Intensidad – Duración – Frecuencia para cada Hietograma de diseño, valores que se muestran a continuación.

Ilustración 2: Intensidades Máximas (TR=100 años) – IDF.

Tiempo	Iac(mm/h)
1	29.63275
2	29.3918333
3	28.91
4	27.4645
5	24.8626
6	21.4415833
7	18.998
8	16.984625
9	15.2580556
10	13.73225
11	12.6152727
12	11.6844583
13	10.8968462
14	10.1185
15	9.4439333
16	8.8536875
17	8.41791176
18	7.95025
19	7.53181579
20	7.155225
21	6.8145
22	6.50475
23	6.22193478
24	6.02291667

Ilustración 5: Intensidades Máximas (TR=200 años) – IDF.

Tiempo	Iac(mm/h)
1	26.9657
2	26.7464667
3	26.308
4	22.62488
5	22.62488
6	19.5117667
7	17.2881143
8	15.45595
9	13.8847778
10	12.4963
11	11.4798545
12	10.6328167
13	9.91609231
14	9.2078
15	8.59394667
16	8.056825
17	7.66027059
18	7.2347
19	6.85392632
20	6.51123
21	6.20117143
22	5.9191
23	5.66193913
24	5.48083333

Con los valores del cuadro anterior se han graficado las curvas IDF para las tormentas de diseño que se han definido en la zona de estudio para los periodos de retorno correspondientes. El gráfico se muestra a continuación.

## **I. TIEMPO DE CONCENTRACIÓN**

### **CÁLCULO DEL TIEMPO DE CONCENTRACIÓN.**

El tiempo de concentración y de rezago son variables utilizadas extensivamente en el diseño hidrológico para determinar la capacidad hidráulica máxima de diferentes estructuras; se trata de variables que son propias para cada sitio y que dependen de las características geomorfológicas de la cuenca y de la lluvia. El tiempo de concentración también es conocido como el tiempo de respuesta o de equilibrio; la referencia lo define como el tiempo requerido para que, durante un aguacero uniforme, se alcance el estado estacionario; es decir, el tiempo necesario para que todo el sistema (toda la cuenca) contribuya eficazmente a la generación de flujo en el sitio de desagüe. Se atribuye muy comúnmente el tiempo de concentración al tiempo que tarda una gota de agua caída en el punto más alejado de la cuenca hasta el sitio de desagüe. Lo cual no siempre se corresponde con el fenómeno real, pues pueden existir lugares en la cuenca en los que el agua caída tarde más en llegar al desagüe que el más alejado. Además, debe tenerse claro que el tiempo de concentración de una cuenca no es constante ya que depende ligeramente de las características de la lluvia.

Los resultados de la estimación del tiempo de concentración pueden ser muy diferentes entre sí puesto que cada autor estima su ecuación para cuencas con características muy particulares, por lo que debe tenerse mucho cuidado para la selección del valor más adecuado para el tiempo de concentración. Dentro de las ecuaciones utilizadas, tenemos por ejemplo la ecuación propuesta por Bransby-Williams, donde se recomienda para cuencas menores a 75 km<sup>2</sup>, mientras que Kerby-Hatheway recomiendan su ecuación para cuencas menores a 0,1 km<sup>2</sup>. La ecuación de Kirpich se estimó originalmente para cuencas de Tennessee y Pensilvania en los Estados Unidos. La ecuación de la Federal Aviation Agency se emplea para cuencas urbanas asociadas a aeropuertos de los Estados Unidos. El SCS desarrolló su ecuación como la suma de tiempos de viaje individual para diferentes regiones, desde zonas boscosas con cauces pendientes a planicies con escorrentía lenta y zonas impermeables. Pilgrim y McDermott sugieren el uso de su ecuación para cuencas menores a 250 km<sup>2</sup>. Izzard utiliza su expresión en cuencas

asociadas a autopistas y carreteras, Henderson y Wooding extraen su expresión de la onda cinemática para longitudes del orden de 100 m. En el presente estudio, dado el tamaño de las cuencas del estudio, se utilizarán los métodos de Kirpich, el propuesto según California Culvert Practice y el método propuesto por la Federal Aviation Administration.

### Método de Kirpich

$$T_c = 0.02 \times L^{0.77} \times S^{-0.385}$$

Dónde:

Tc: Tiempo de concentración en min.

L: Longitud del Curso de Agua más largo, en m

S: Pendiente de la cuenca en, m/m

Cuadro 1: Tiempo de concentración – Método de Kirpich.

CUENCA	L (m)	S (m/m)	Kirpich
C-1	78,650.00	0.2378	204.59

### Método de California Curverts Practice

$$T_c = 0.87075 \times L^{0.385} \times \left( \frac{L}{H} \right)^{0.385}$$

Dónde:

Tc: Tiempo de concentración en min.

L: Longitud del Curso de Agua más largo, en Km.

H: Hmax – Hmin de la cuenca en m.

Cuadro 2: Tiempo de concentración – Método California Culvert Practice.

CUENCA	L (Km)	Hmax	Hmin	H	California Culvert Practice
C-1	78.65	3750	850	2900	408.81

### Método de la Federal Aviation Administration.

$$T_c = 0.7035 \times \frac{(1.1 - C) \times L^{0.50}}{S^{0.333}}$$

Dónde:

Tc: Tiempo de concentración en min.

C: Coeficiente de esorrentía del método racional.

L: Longitud del flujo superficial en m.

S: Pendiente de la superficie, m/m/.

Cuadro 3: Tiempo de concentración – Método Federal Aviation Administrattion.

CUENCA	C	L (m)	S (m/m)	Federal Aviation Administration
C-1	0.644	78,650.00	0.2378	371.19

Puesto que nos encontramos con cuencas de distintos tamaños, es necesario establecer los resultados que mejor se aplican para cada una de ellas según los parámetros bajo los que se han desarrollado cada una de las metodologías. De este modo, la ecuación de Kirpich será tomada en cuenta para las cuencas más grandes y que presentan grandes extensiones de terrenos escarpados, mientras que el método Federal Aviation Administrattion se considerará para las cuencas pequeñas puesto que fue desarrollada para drenaje de aeropuertos. De los valores considerados se obtendrá el promedio.

Cuadro 4: Tiempos de concentración promedio.

CUENCA	Kirpich	California Curverts Practice	Federal Aviation Administration	Promedio Tc (min)
C-1	204.59	408.81	371.19	328.19

## TIEMPO DE RETARDO (LAG TIME)

En cuanto al tiempo de rezago, se encuentran en la literatura la relación propuesta por el "Soil Conservation Service", SCS, quien propone que es 0,6 veces el tiempo de concentración. Sin embargo, el "Watershed Modelling System" del Cuerpo de Ingenieros de los Estados Unidos utiliza varias opciones para el cálculo del tiempo de rezago en su modelo, entre las que se encuentran las siguientes expresiones.

Cuadro 5: Tiempo de retardo (lag time) de las cuencas del estudio.

CUENCA	PROMEDIO Tc (min)	LAG TIME (min)
C-1	328.19	196.92

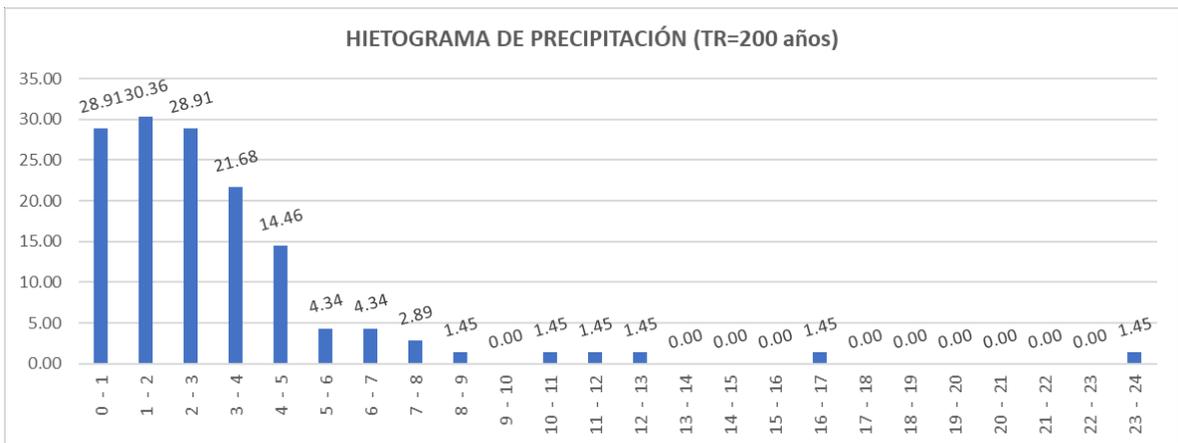
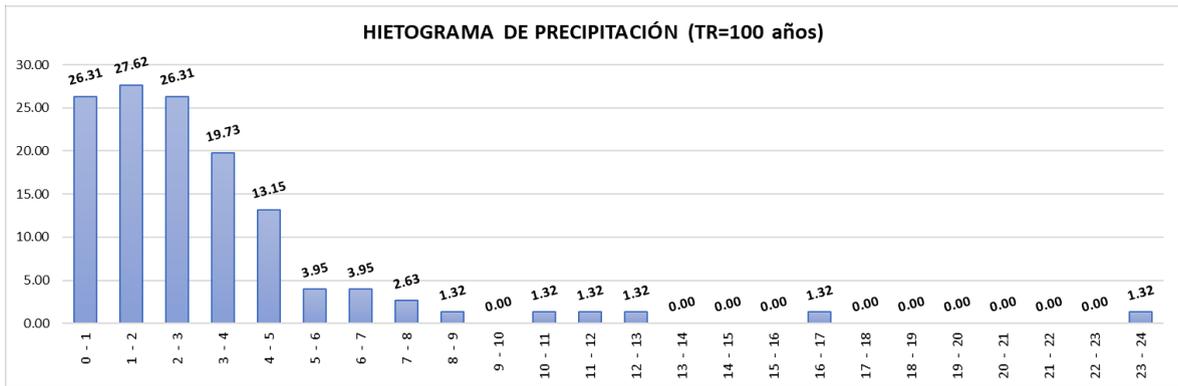
## I. HIETOGRAMA DE DISEÑO

### HIETOGRAMAS DE PRECIPITACIÓN

Un hietograma (del griego hietos, lluvia) es un gráfico que expresa la precipitación recogida en intervalos regulares de tiempo. A veces se utiliza la denominación yetograma. Generalmente se representa como un histograma (gráfico de barras), aunque a veces también se expresa como un gráfico de línea.

A veces un hietograma se refiere a un día o a una tormenta concreta (en el eje de abscisas, las horas que duró la tormenta); en otras ocasiones el periodo de tiempo representado en el eje horizontal puede ser más amplio: meses o años. En el presente estudio, el hietograma se refiere a una distribución de tormenta máxima probable para periodos de retorno de 10 años que ha sido definido según las obras proyectadas.

Ilustración 3: Hietogramas de Precipitación máxima probable.



Los hietogramas resultan referenciales como herramienta para realizar el modelo hidrológico de las cuencas del presente estudio.

## PRECIPITACIÓN TOTAL EFECTIVA MÉTODO SCS PARA ABSTRACCIONES

La metodología del Soil Conservation Service (1972) desarrolló un método para calcular las abstracciones de la precipitación de una tormenta. Para la tormenta como un todo, la profundidad de exceso de precipitación o escorrentía directa  $P_e$  es siempre menor o igual a la profundidad de precipitación  $P$ ; de manera similar, después de que la escorrentía se inicia, la profundidad adicional del agua retenida en la cuenca  $F_a$  es menor o igual a alguna retención potencial máxima  $S$ . Existe una cierta cantidad de precipitación  $I_a$  (abstracción inicial antes del encharcamiento) para lo cual no ocurrirá escorrentía, luego la escorrentía potencial es  $P - I_a$ .

En el presente estudio se usará los resultados que se han indicado en el

Reglamento de Hidrología y drenaje del MTC, en el cual se cita los resultados obtenidos para muchas cuencas experimentales pequeñas, se desarrolló una relación empírica, donde  $la = 0.2 S$ ; y en base a esta relación se determina la precipitación efectiva.

$$Pe = \frac{(P - 0.2S)^2}{P + 0.8S}$$

Donde:

Pe: Precipitación efectiva en mm.

$$S = \frac{1000}{CN} - 10$$

S: Retención potencial máxima en pulgadas.

CN: Número de Curva.

Se emplea el método del Servicio de Conservación de Suelos (SCS) para estimar las pérdidas por infiltración. El principal parámetro es el número de Curva (CN) que se estima en base al tipo de suelo, tipo de vegetación, cobertura vegetal y practica de pastoreo.

## NÚMERO DE CURVA

La determinación del Número de Curva, para cada cuenca ha sido mediante una ponderación de números de curva, teniéndose como referencia las inspecciones de campo, y los mapas temáticos vistos en el capítulo VI.

Se considera el método SCS (HMS) según la tabla siguiente:

Cuadro 6: Recomendaciones de Método de cálculo de acuerdo al área de la cuenca.

Área de Cuenca (Km2)	Tc (Hrs)	Método de Cálculo	Estructura a Diseñar
<= 0.30	Resultado de Análisis.	Racional	Alcantarillas
< 0.30 – 2.50	Resultado de la formulación de CALIFORNIA CULVERTS PRACTICE o KIRPICH	Racional y SCS (Hoja de cálculo)	Pontones y Badenes
< 2.50 – 50.0	Resultado de la formulación de CALIFORNIA CULVERTS PRACTICE o KIRPICH	S.C.S. (HMS, Hoja de Cálculo)	Pontones, Badenes, Defensas Ribereñas y Puentes
>50.0	Resultado de la formulación de CALIFORNIA CULVERTS PRACTICE o KIRPICH	S.C.S. (HMS)	Defensas Ribereñas y Puentes

FUENTE: [www.fao.org](http://www.fao.org)

En la determinación del número hidrológico se tiene como referencia las siguientes tablas.

Cuadro 7: Velocidad de Infiltración de Acuerdo al Grupo Hidrológico del Suelo.

Grupo	Velocidad de Infiltración mm/h	Suelos
A	7.6 – 11.5	Estratos de arena profundos
B	3.8 – 7.6	Arena – limosa
C	1.3 – 3.8	Limos arcillosos, arenas limosas poco profundas
D	0.0 – 1.3	Suelos expansibles en condiciones de humedad, arcillas de alta plasticidad

FUENTE: [www.fao.org](http://www.fao.org)

Cuadro 8: Número de las Curvas de Escorrentía (de USDA-SCS, 1964).

Uso cobertura de la tierra	Tratamiento o práctica agrícola	Estado hidrológico	Grupo hidrológico de suelo			
			A	B	C	D
Barbecho	En surcos rectos	-	77	88	91	94
Cultivos en surcos	En surcos rectos	Malo	72	81	88	91
	En surcos rectos	Bueno	67	78	85	89
	En curvas de nivel	Malo	70	79	84	88
	En curvas de nivel	Bueno	65	75	82	86
	En terrazas	Malo	66	74	80	82
	En terrazas	Bueno	62	71	78	81
Cereales secundarios	En surcos rectos	Malo	65	76	84	88
	En surcos rectos	Bueno	63	75	83	87
	En curvas de nivel	Malo	63	74	82	85
	En curvas de nivel	Bueno	61	73	81	84
	En terrazas	Malo	61	72	79	82
	En terrazas	Bueno	59	70	78	81
Leguminosas sembradas densas o pradera en rotación	En surcos rectos	Malo	66	77	85	89
	En surcos rectos	Bueno	58	72	81	85
	En curvas de nivel	Malo	64	75	83	85
	En curvas de nivel	Bueno	55	69	78	83
	En terrazas	Malo	63	73	80	83
	En terrazas	Bueno	51	67	76	80
Praderas naturales o artificiales		Malo	68	79	86	89
		Regular	49	69	79	84
		Bueno	39	61	74	80
	En curvas de nivel	Malo	47	67	81	88
	En curvas de nivel	Regular	25	59	75	83
	En curvas de nivel	Bueno	6	35	70	79
Pradera (permanente)		Bueno	30	58	71	78
Bosques (explotación de parcelas)		Malo	45	66	77	83
		Regular	36	60	73	79
		Bueno	25	55	70	77
Granjas		-	59	74	82	86
Caminos		-	74	84	90	92

FUENTE: [www.fao.org](http://www.fao.org)

Cuadro 9: Grupos Hidrológicos de Suelo (de USDA-SCS, 1964)

Grupo hidrológico del suelo	Potencial de escorrentía	Infiltración cuando la tierra está húmeda	Suelos típicos
A	Escaso	Alta	Arenas y grava excesivamente drenadas
B	Moderado	Moderada	Texturas medias
C	Medio	Lenta	Textura fina o suelos con una capa que impide el drenaje hacia abajo
D	Elevado	Muy lenta	Suelos de arcillas hinchadas o compactas o suelos poco profundos sobre capas impermeables

FUENTE: [www.fao.org](http://www.fao.org)

Cuadro 10: Precipitación efectiva para las tormentas de diseño.

TORMENTA c1-100 (TR = 100 AÑOS)				
$P_{max_{TR=100}} =$	131.54 mm			
Horas	Intervalo	Pacum (mm)	P (mm)	Pe (mm)
0		0.00		
1	0 - 1	26.31	26.31	15.90
2	1 - 2	53.93	27.62	17.07
3	2 - 3	80.24	26.31	15.90
4	3 - 4	99.97	19.73	10.22
5	4 - 5	113.12	13.15	5.07
6	5 - 6	117.07	3.95	0.17
7	6 - 7	121.02	3.95	0.17
8	7 - 8	123.65	2.63	0.00
9	8 - 9	124.96	1.32	0.11
10	9 - 10	124.96	0.00	0.60
11	10 - 11	126.28	1.32	0.11
12	11 - 12	127.59	1.32	0.11
13	12 - 13	128.91	1.32	0.11
14	13 - 14	128.91	0.00	0.60
15	14 - 15	128.91	0.00	0.60
16	15 - 16	128.91	0.00	0.60
17	16 - 17	130.22	1.32	0.11
18	17 - 18	130.22	0.00	0.60
19	18 - 19	130.22	0.00	0.60
20	19 - 20	130.22	0.00	0.60
21	20 - 21	130.22	0.00	0.60
22	21 - 22	130.22	0.00	0.60
23	22 - 23	130.22	0.00	0.60
24	23 - 24	131.54	1.32	0.11

TORMENTA C1-200 (TR = 200 AÑOS)				
$P_{max_{TR=100}} =$	144.55			
Horas	Intervalo	Pacum (mm)	P (mm)	Pe (mm)
0		0		
1	0 - 1	28.91	28.91	18.23
2	1 - 2	59.27	30.36	19.54
3	2 - 3	88.18	28.91	18.23
4	3 - 4	109.86	21.68	11.87
5	4 - 5	124.31	14.46	6.03
6	5 - 6	128.65	4.34	0.27
7	6 - 7	132.99	4.34	0.27
8	7 - 8	135.88	2.89	0.02
9	8 - 9	137.32	1.45	0.08
10	9 - 10	137.32	0.00	0.60
11	10 - 11	138.77	1.45	0.08
12	11 - 12	140.21	1.45	0.08
13	12 - 13	141.66	1.45	0.08
14	13 - 14	141.66	0.00	0.60
15	14 - 15	141.66	0.00	0.60
16	15 - 16	141.66	0.00	0.60
17	16 - 17	143.10	1.45	0.08
18	17 - 18	143.10	0.00	0.60
19	18 - 19	143.10	0.00	0.60
20	19 - 20	143.10	0.00	0.60
21	20 - 21	143.10	0.00	0.60
22	21 - 22	143.10	0.00	0.60
23	22 - 23	143.10	0.00	0.60
24	23 - 24	144.55	1.45	0.08

## ESTIMACIÓN DE CAUDALES

### SISTEMA DE MODELAMIENTO HIDROLÓGICO HMS

#### PARÁMETROS DEL MÉTODO SCS PARA CALCULAR EL HIDROGRAMA DE AVENIDAS

El modelamiento hidrológico se realiza utilizando el programa Hec-HMS para determinar la escorrentía causada por las lluvias de diseño. Este programa ha sido creado por el Cuerpo de Ingenieros del Ejército de los Estados Unidos para simular el tránsito de avenidas causadas por la precipitación. Se han utilizado las precipitaciones cuyos periodos de retorno son de 100 y 200 años para obras de protección. Para realizar el modelamiento hidrológico de la zona de cuenca en estudio se ha utilizado los resultados de la precipitación probable máxima areal en 24 horas que fue calculado en el capítulo anterior en base a la información histórica

obtenida del SENAMHI de las estaciones Alao, Chachapoyas, Naranjillo, Pacayzapa, Rioja, Soritor, con los registros disponibles que fueron corregidos y ajustados. Se emplea el método del Servicio de Conservación de Suelos (SCS) para estimar las pérdidas por infiltración. El principal parámetro es el número de Curva (CN) que se estima en base al tipo de suelo, tipo de vegetación, cobertura vegetal y practica de pastoreo. La determinación del Número de Curva, para cada cuenca ha sido mediante una ponderación de números de curva, teniéndose como referencia las inspecciones de campo, y los mapas temáticos.

Esta metodología será aplicada para la cuenca C-1, debido a su gran extensión.

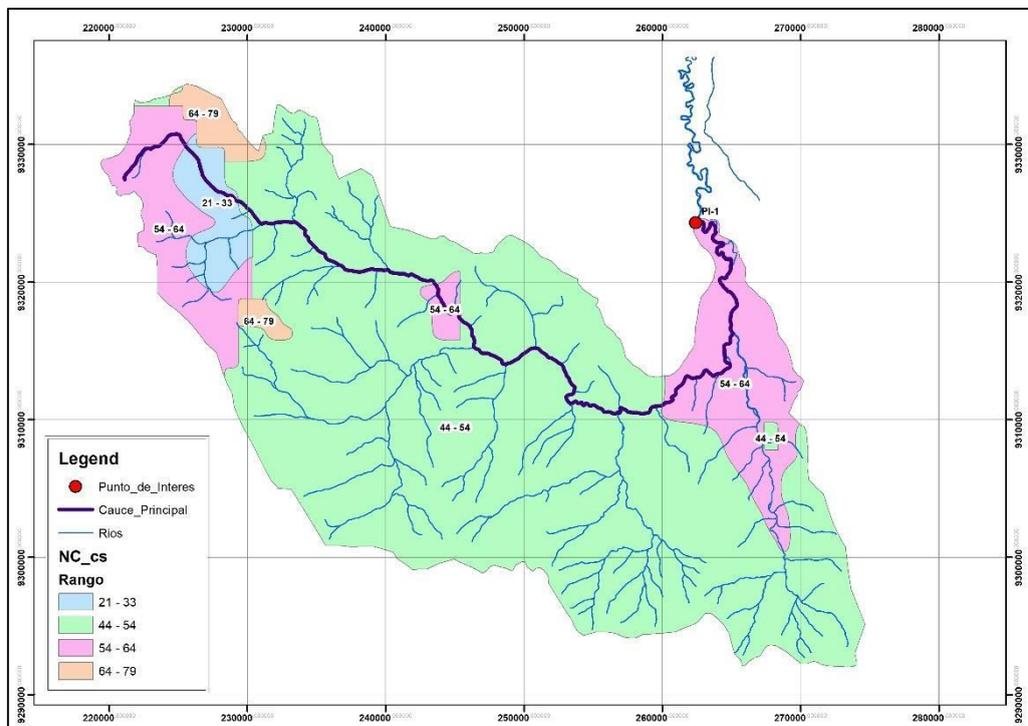
## PARÁMETROS DEL HEC HMS

Para separar la precipitación neta (Loss Method), se ha usado el modelo de pérdidas iniciales y constantes (Initial and Constant), para los siguientes datos:

### Pérdidas Iniciales (Initial Loss) en mm

Para las pérdidas iniciales, se utiliza las fórmulas experimentales derivadas del análisis experimental en cuencas pequeñas del SCS Curve Number (CN), determinado a través de inspección de campo.

Ilustración 4: Número de curva presentes en el área de estudio.



## Ponderación del Número de Curva (CN)

Cuadro 11: Número de Curva ponderada.

Área (1)	Rango	Admitido (2)	Mínimo	Máximo	(3) = (1) x (2)
36.63	21-33	21.00	21.00	33.00	769.27
2.01	44-54	44.00	44.00	54.00	88.39
896.99	44-54	44.00	44.00	54.00	39,467.78
9.78	54-64	54.00	54.00	64.00	528.04
75.71	54-64	54.00	54.00	64.00	4,088.08
109.92	54-64	54.00	54.00	64.00	5,935.65
7.03	64-79	64.00	64.00	79.00	449.61
17.17	64-79	64.00	64.00	79.00	1,098.81
<b>1,155.23</b>				$\sum A_i \times C_i$ =	<b>52,425.63</b>

**Numero de Curva:**

$$CN = \frac{\sum A_i \times C_i}{\sum A_i}$$

Cuadro 12: Número de Curva para la cuenca.

CUENCA	NÚMERO DE CURVA (CN)
C-1	45

### Método de transformación de caudal (Loss Method)

Se ha utilizado el modelo de hidrograma unitario sintético del SCS (Unit Hydrograph) con los siguientes parámetros:

Graph Type: Standard (PRF 484)

Lag Time (min): según los resultados obtenidos para cada Cuenca.

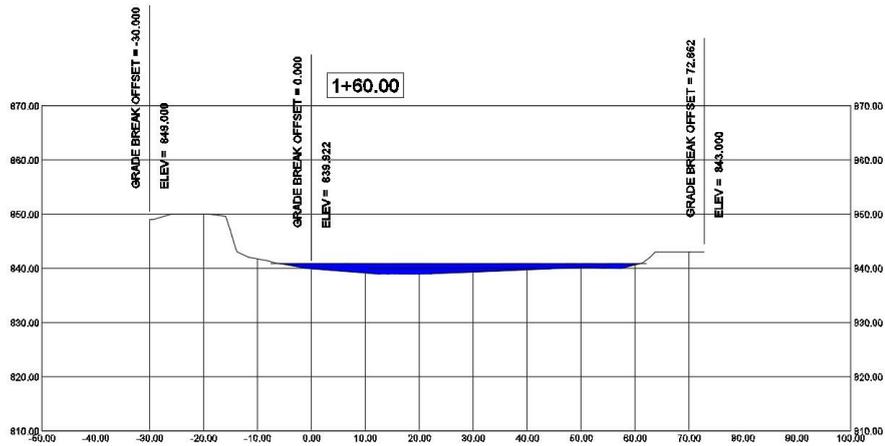
**Porcentaje de impermeabilización (Imprevius):** 0%, valor estimado considerando que los poblados dentro de las cuencas no tienen superficies impermeables considerables.

**Caudal Base (Base Flow):** El caudal base ha sido obtenida a partir de una sección topográfica estable y la medición del tirante máximo aplicando el método hidráulico con el coeficiente de Mannig estimado por el método de Cowan.

Cuadro 13: Cálculo de la rugosidad – Método de Cowan.

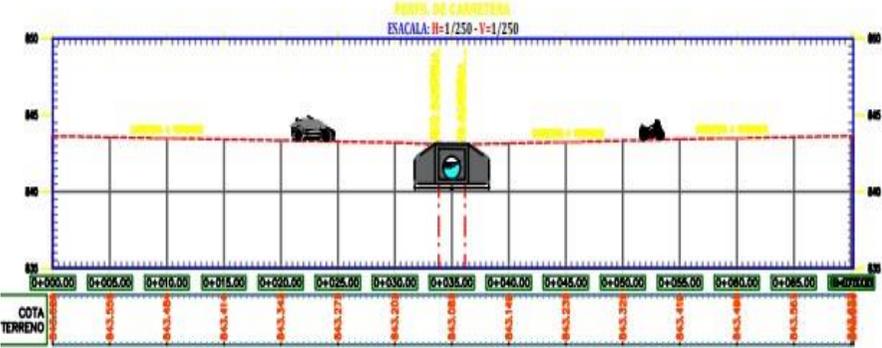
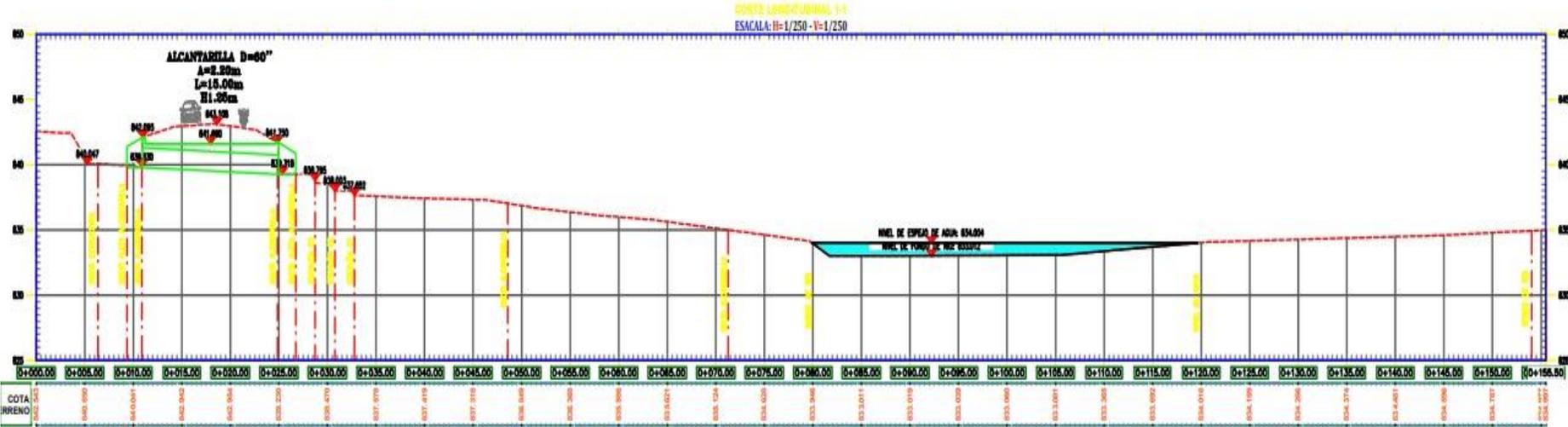
			Recomendado	Adoptado		
n <sub>0</sub>	Material considerado	Grava gruesa	0.0280	0.0280	n =	0.0559
n <sub>1</sub>	Grado de irregularidad	Moderado	0.0050	0.0050		
n <sub>2</sub>	Variaciones de la sección transversal	Moderado	0.0050	0.0050		
n <sub>3</sub>	Obstrucciones	Leve o despreciable	0.0000	0.0000		
n <sub>4</sub>	Vegetación	Leve o despreciable	0.005 – 0.010	0.0050		
m	Meandros	Severa	1.3000	1.3000		

Ilustración 5: Sección de cálculo del caudal base.



Área Hidráulica	32.36
Perímetro mojado	35.579
Radio Hidráulico	0.910
Pendiente	0.37%
n =	0.0559
<b>Q</b>	<b>33.06</b>

**ANEXO 06: Diseño de drenaje transversal**





**UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO**

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

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

Yo, PAREDES AGUILAR LUIS, docente de la FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA de la escuela profesional de INGENIERÍA CIVIL de la UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO SAC - TARAPOTO, asesor de Tesis titulada: "Diseño del drenaje pluvial en un tramo de 20 metros del kilómetro N°06 de la carretera Rioja – Yorongos, Rioja - 2021", cuyos autores son CHAMOLY URTECHO JEZER DANIEL, GUEVARA SALAZAR SUSAN LIZETH, constato que la investigación tiene un índice de similitud de 23.00%, verificable en el reporte de originalidad del programa Turnitin, el cual ha sido realizado sin filtros, ni exclusiones.

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

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

TARAPOTO, 20 de Enero del 2022

<b>Apellidos y Nombres del Asesor:</b>	<b>Firma</b>
PAREDES AGUILAR LUIS <b>DNI:</b> 01158952 <b>ORCID:</b> 0000-0002-1375-179X	Firmado electrónicamente por: LUPAREDESA el 20- 01-2022 17:33:09

Código documento Trilce: TRI - 0283001