

UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL AMBIENTAL



Estudio de inundabilidad de la quebrada El Pueblo en el distrito de Santa Cruz de Suchabamba, provincia de Santa Cruz, Cajamarca 2021

**TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO DE
INGENIERO CIVIL AMBIENTAL**

AUTOR

Jerry Martty Flores Davila

ASESOR

Wilmer Moises Zelada Zamora

<https://orcid.org/0000-0002-6064-7506>

Chiclayo, 2023

**Estudio de inundabilidad de la quebrada el pueblo en el distrito de
Santa Cruz de Succhabamba, provincia de Santa Cruz, Cajamarca
2021**

PRESENTADA POR
Jerry Martty Flores Davila

A la Facultad de Ingeniería de la
Universidad Católica Santo Toribio de Mogrovejo
para optar el título de

INGENIERO CIVIL AMBIENTAL

APROBADA POR

Juan Alejandro Agreda Barbaran
PRESIDENTE

Roberto Bruno Reyes Aspiros
SECRETARIO

Wilmer Moises Zelada Zamora
VOCAL

Dedicatoria

A mis queridos padres Yoni Flores y Yané Dávila quienes con su desinteresado apoyo moral y su sacrificio económico han hecho posible la cristalización de mis deseos, a mi hermana Yanela Flores Dávila, que con su apoyo generoso ha colaborado con la culminación de mi trabajo; también a mis abuelos y tíos por el apoyo brindado durante estos años, y así haciendo sinergia todos estos esfuerzos a mi vocación inherente, veo realizado el mejor de mis anhelos que es ser profesional.

Entrega 100 Tesis

INFORME DE ORIGINALIDAD



FUENTES PRIMARIAS

1	hdl.handle.net Fuente de Internet	7%
2	repositorio.lamolina.edu.pe Fuente de Internet	2%
3	repositorio.ucv.edu.pe Fuente de Internet	1%
4	tesis.usat.edu.pe Fuente de Internet	1%
5	Submitted to Universidad Técnica de Machala Trabajo del estudiante	1%
6	repositorio.unc.edu.pe Fuente de Internet	1%
7	Submitted to Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga Trabajo del estudiante	<1%
8	repositorio.unap.edu.pe Fuente de Internet	<1%

ÍNDICE

RESUMEN	7
ABSTRACT	8
I. INTRODUCCIÓN.....	9
II. REVISIÓN DE LITERATURA	12
ANTECEDENTES DEL PROBLEMA	12
BASES TEÓRICO CIENTÍFICAS	16
TÉRMINOS BÁSICOS CONCEPTUALES.....	19
Inundación.....	19
Inundaciones Fluviales.....	19
Peligro.....	19
Vulnerabilidad	19
Riesgo	20
Criterios recomendados para determinar el nivel de la inundación.....	20
Consideraciones Hidrológicas.....	20
Consideraciones Hidráulicas.....	32
Consideraciones Geológicas y Mecánica de Suelos	36
Consideraciones Topográficas, Morfológicas y Digitales del Terreno.....	37
Obras de Protección Ribereña.....	38
III. MATERIALES Y MÉTODOS.....	41
DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN.....	41
Tipo y nivel de investigación.....	41
Población y muestra	41
Variables	41
Operacionalización de las variables.....	42
Matriz de consistencia.....	43
Técnicas e Instrumentos de Recolección de Datos	44
Instrumentos necesarios para el procesamiento de datos.....	46
Procesamiento y análisis de datos	46
IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	82

V. CONCLUSIONES.....	105
VI. RECOMENDACIONES	107
VII. REFERENCIAS	127
VIII. ANEXOS.....	130
ANEXO N°01: ELEMENTOS EXPUESTOS	130
ANEXO N°02: EVALUACIÓN DE RIESGO.....	134
ANEXO N°03: PANEL FOTOGRÁFICO.....	153

RESUMEN

El fin de esta investigación se centra en realizar el estudio de inundabilidad de la quebrada El Pueblo, dicha quebrada nace en la parte alta del distrito de Santa Cruz de Succhabamba en los centros poblados: La Unión, Maraypampa y Mapatucto; vertiendo sus aguas hacia la zona baja del distrito; además, de cumplir los objetivos específicos en cuantificar el nivel de peligrosidad de la quebrada, analizar la vulnerabilidad de las parcelas aledañas y establecer el nivel de riesgo de la zona de estudio para proponer medidas estructurales y no estructurales que reduzcan la problemática de inundación por el desbordamiento de la quebrada antes mencionada.

Para el desarrollo del proyecto se recurrió a archivos ráster de resolución de celadas de 4.779 para la delimitación de la microcuenca y para la obtención del DTM se realizó un levantamiento topográfico de la zona requerido en el modelamiento hidráulico en HEC-RAS. El modelamiento hidráulico y la obtención del caudal de diseño de la quebrada se obtuvo con la metodología pendiente sección y se contrastó con caudales obtenidos por el método racional ya que es una microcuenca pequeña de 9.45 km² a los distintos periodos de retorno 2, 5, 10, 25, 50, 100, 200 y 500 años. Del modelamiento hidráulico se obtuvo zonas inundables críticas en la progresiva 1+640 una altura de agua de 1.87, en la progresiva 1+480 una altura de agua de 0.94 m y siendo la más crítica la progresiva 1+320 con una altura de agua de 3.73 m.

Asimismo, la investigación para realizar la estimación del riesgo por inundación se realizó la evaluación empleando la matriz de Saaty, identificando los parámetros condicionantes y desencadenantes, con ello se obtuvo los mapas respectivos de riesgo, peligro y vulnerabilidad.

Palabras clave: Inundación. Estudio Hidrológico. Modelamiento Hidráulico. Mapa de Peligro. Ráster. DTM.

ABSTRACT

The purpose of this research is focused on carrying out the study of the flooding of the El Pueblo stream, said stream is born in the upper part of the district of Santa Cruz de Succhabamba in the populated centers: La Unión, Maraypampa and Mapatucto; pouring its waters towards the lower zone of the district; In addition, to meet the specific objectives of quantifying the level of danger of the ravine, analyzing the vulnerability of the surrounding plots and establishing the level of risk of the study area to propose structural and non-structural measures that reduce the problem of flooding by the overflow of the aforementioned stream.

For the development of the project, raster files with a resolution of 4,779 cells were used to delimit the micro-basin and to obtain the DTM, a topographic survey of the area required in the hydraulic modeling in HEC-RAS was carried out. The hydraulic modeling and obtaining the design flow of the creek was obtained with the section slope methodology and was contrasted with flows obtained by the rational method since it is a small micro-basin of 9.45 km² at the different return periods 2, 5, 10, 25, 50, 100, 200 and 500 years. From the hydraulic modeling, critical flood zones were obtained in survey 1+640 with a water height of 1.87, in survey 1+480 a water height of 0.94 m and the most critical being survey 1+320 with a water height of 3.73 m.

Likewise, the investigation to carry out the estimation of the flood risk was carried out using the Saaty matrix, identifying the conditioning and triggering parameters, thereby obtaining the respective maps of risk, danger and vulnerability.

Keywords: Flood. Hydrology. Hydraulic Modeling. vulnerability. Risk. Raster. DTM.

I. INTRODUCCIÓN

Las inundaciones a nivel mundial han ido calando considerablemente no solo en intensidad a causa del cambio climático sino también en daños materiales, económicos, sociales y pérdidas de vidas humanas. [1] Afirma que más de 300 millones de niños viven en zonas de alto riesgo de inundaciones, el agua de las inundaciones puede contaminar y con ello desatar enfermedades; por consiguiente, aumentar la pobreza. Las inundaciones son fenómenos imposibles de soslayar, estos provienen de eventos propiciados por precipitaciones que en distintos casos son afectados por actividades antrópicas. Estas actividades favorecen a la reducción de los coeficientes de infiltración por cambios en el uso del suelo, ya sea que se construya alguna infraestructura o simplemente se amplíe una ya existente. Las inundaciones se pueden estimar y modelar a través de softwares especializados para tal fin como Hec-Ras y calcular a una determinada geometría del área inundada a través de caudales para múltiples periodos de retorno y también evaluados con el método directo de pendiente sección. El riesgo de inundación es el producto de dos factores; por un lado, el peligro debido al clima, las torrenciales lluvias; y por otro la exposición de la población y los bienes que se encuentran en zonas vulnerables tales como: riveras o llanuras de inundación. En nuestro país las inundaciones han afectado el desarrollo socioeconómico, según [2] las Declaratorias de Estado de Emergencia han ido aumentando a causa de las inundaciones, con lo cual se debe de hacer una adecuada gestión a la problemática latente por medio de las organizaciones encargadas por las autoridades del estado. En la región Cajamarca por su localización geográfica no es ajeno a este tipo de fenómenos naturales, debido a la presencia de periodos de lluvias extraordinarias localizados mayormente entre diciembre y abril; para poder mitigar, corregir y controlar las autoridades regionales implementaron [3], este documento presenta un componente propio; el de Gestión Correctiva, conjunto de acciones y medidas de carácter estructural y no estructural que se planifican y ejecutan con el fin de reducir el riesgo existente. [4] Siendo este determinante en algunos resultados de vulnerabilidad frente a desastres naturales en el núcleo urbano de las capitales de provincias. En la evaluación de riesgos de desastres, estima que el riesgo es igual al peligro del evento multiplicado por la vulnerabilidad; siendo vulnerabilidad la unidad de uso del territorio; con lo cual en el núcleo urbano de la capital provincial de Santa Cruz (distrito de Santa Cruz de Suchabamba), se estimó un riesgo alto de inundaciones a causas de precipitaciones anuales entre 500 a 1000 mm; siendo esto una valoración de susceptibilidad por precipitación nivel 3. Con la presencia de precipitaciones pluviales en la zona del núcleo urbano y rural del distrito de Santa Cruz de Suchabamba, se ven afectadas o

inundadas diferentes áreas debido a la crecida de la quebrada El Pueblo, la cual a lo largo de su cauce no existe ningún tipo de protección y encausamiento; también, por la negligencia de algunos pobladores ya que construyen sus viviendas en la rivera de la quebrada que pasa por el distrito.

En los últimos años en el distrito de Santa Cruz de Succhabamba las precipitaciones son más frecuentes, en el 2017 en los meses de noviembre y diciembre las precipitaciones estuvieron en un rango de 5 a 8.7mm/día; asimismo en el año 2018 en los meses de diciembre hasta abril variaron entre 8.6 a 12.8 mm/día; para el año 2019 en el periodo de lluvias alcanzó 12.0 a 17.3 mm/día; ya para los años 2020 y 2021 entre marzo y junio se registraron lluvias con intensidad 19 a 22 mm/día y hasta 23 mm/día; provocando el desborde de la quebrada El Pueblo, siendo afectadas; 110 familias , 1030 m de vías de transporte, 210 hectáreas de cultivo, sumando un total de S/. 942,550.00 nuevos soles en daños y pérdidas.

Con lo anteriormente mencionado se puede afirmar que una de las problemáticas que afecta al distrito de Santa Cruz de Succhabamba son las inundaciones provocadas por el incremento del caudal en máximas avenidas de la quebrada El Pueblo, la cual discurre su cauce por distintas zonas del distrito. Distintos factores intervienen en el problema de inundación del distrito de Santa Cruz de Succhabamba tales como: topografía, características geológicas del cauce de la quebrada, pendiente de la zona, pérdida de la cobertura vegetal de las zonas aledañas al cauce, el uso del suelo en el distrito, la basura dejada en el cauce, buzones adyacentes a la quebrada, asentamiento de viviendas en zonas con peligro de inundación y la expansión sin planificación. La quebrada El Pueblo es un cauce de agua constante y con pendientes suaves que están entre 1% y -2.9% pues a simple vista tiene un curso medio con pocas velocidades y predomina el transporte y sedimentación; además, en épocas normales conserva un tirante de agua por debajo de los 0.8m pero en épocas de lluvia esta incrementa su caudal por sus afluentes y vertientes naturales contando con más de 4 de estos afloramientos de agua que cuando se da las excesivas lluvias aumenta su volumen de agua.

Ante la evidente problemática por el desbordamiento de la quebrada debido a máximas avenidas y excesivas precipitaciones que perjudica a los pobladores en distintos aspectos, frente a ello el proyecto se justifica técnicamente ya que se aplica distintos métodos establecidos en manuales, libros y guías para la estimación de datos cuantificables hidrológicos, hidráulicos, topográficos y geológicos: asimismo el modelamiento hidráulico de, cauce de la quebrada. La justificación ambiental del proyecto da pie a reducir enfermedades y aparición de insectos por la presencia de aguas estancadas producto del desbordamiento en viviendas y parcelas de cultivo. El

proyecto va mejorar la economía de la población al prevenir y disminuir las pérdidas de cultivo, animales de cría y destrucción de viviendas a causa del desborde de la quebrada y así como también el proyecto se justifica socialmente porque da a conocer el problema de inundaciones por el desbordamiento de la quebrada que se presenta en épocas de fuertes precipitaciones, dañando a viviendas y terrenos agrícolas situados en la rivera del cauce; muchas veces causando pérdidas humanas y de animales domésticos, esto permitirá vivir de una manera más segura.

De acuerdo a lo visto en los antecedentes planteamos el siguiente problema.

¿De qué manera el estudio de inundabilidad de la quebrada El Pueblo solucionará las inundaciones en el distrito de Santa Cruz de Suchabamba?

Para ello se planteó el siguiente objetivo, elaborar el estudio de inundabilidad de la quebrada El Pueblo en el distrito antes mencionado y para alcanzar el objetivo general se planteó los siguientes objetivos específicos: realizar estudio topográfico del cauce de la quebrada, elaborar los planos, estudio de mecánica de suelos, estudio Hidrológico/Hidráulico de la quebrada, aplicar el software Hec-Ras para el modelamiento hidráulico y ArcGis para prestaciones hidrológicas de la microcuenca, identificar las zonas críticas y elaborar un mapa de peligro hídrico, cuantificar y valorar el nivel de riesgo, proponer defensas ribereñas u otro tipo de estructuras en los lugares críticos según resultados del estudio de inundabilidad y evaluar económicamente el proyecto.

II. REVISIÓN DE LITERATURA

ANTECEDENTES DEL PROBLEMA

Entre los distintos trabajos de investigación elaborados en relación al tema a nivel Internacional, Nacional y Regional tenemos:

Según los autores **Luna Loayza Carlos, Almanza Ascue Marisol y Nina Mamani Rosa**, realizaron la investigación **“Peligro de inundación del río Vilcanota en centro poblado de Písac, Cusco, 2018”**, artículo presentado en la revista Scielo en mayo 2020.

El trabajo consistió en realizar el modelamiento hidráulico con Hec Ras utilizando un Modelo Digital de Elevación (DEM), a distintos tiempos de retorno, y con los resultados hacer una evaluación de la peligrosidad por inundación de distintas zonas a causa de la crecida del río Vilcanota; sin embargo, para tal fin se utilizó parámetros que nos da Defensa Civil (CENEPRED). Adicionalmente, los resultados fueron un mapa de peligrosidad de las zonas susceptibles a inundaciones, el cual ayudará de alguna manera a mitigar y reducir las pérdidas presentes en los fenómenos de inundaciones. [5]

Es preciso resaltar que este artículo ayudará a esta investigación en la implementación de la metodología según el CENEPRED normativa vigente hasta la actualidad en Perú, también será apoyo para generar los mapas de peligro y el modelamiento y simulación de inundación aplicando Hec-Ras y ArcGis.

Según el autor **Olivares Castillo Gerardo Manuel Germán**, en su tesis con título: **“Determinación de zonas inundables mediante simulación hidráulica bidimensional aplicando HEC – RAS 5.0 en un tramo del río Huancabamba, desde la quebrada Chula (km 2.42) hasta la quebrada Lungulo (km 5.51), provincia de Huancabamba, departamento de Piura”**. Situada en Huancabamba, Piura, año 2018. El autor trabajó con un ráster tipo GDEM que proporciona el Ministerio del Ambiente (MINAM), el cual tiene una resolución de 30m, creó el archivo TIN de la zona en el programa ArcGis también sirvió para la delimitación de las subcuencas. El modelamiento utilizado para demarcar las zonas inundables fue en Hec-Ras v.5.0 al cual importo el archivo ráster TIN, ya que no cuenta con un modelo DTM de la zona. En la simulación se detectó un flujo inestable de agua, además de la obtención de los desniveles en el cauce se nota más en las zonas estrechas los cual generan velocidades altas que en potencia son erosivas. También se determinaron zonas inundables para cada periodo de retorno en total fueron 6 las zonas inundables para un determinado periodo de retorno. Los puntos críticos se encuentran expuestos en la confluencia de las quebradas, dicha

zona se considera vulnerable frente a posibles desbordes causando pérdidas económicas y productivas. [6]

Esta investigación ayudará a mitigar los impactos negativos ocasionados por el aumento del caudal de la quebrada El Pueblo que hacen vulnerable de manera física, natural y económicamente a la población y sectores del distrito de Santa Cruz. Además de que servirá de orientación para aplicar el modelamiento hidráulico con Hec-Ras en la zona de estudio.

El autor **Pérez Ramírez Enrique José** en su tesis titulada **“Análisis de riesgos naturales: riesgos de inundación en la cuenca del río Huerva”**, en Zaragoza en el año 2018, tuvo como fin analizar y valorar la peligrosidad, vulnerabilidad y el riesgo de inundación de la cuenca del río Huerva, analizando la cuenca hidrográfica y dos núcleos de población, el autor utilizó una metodología usando distintas variables cuantitativas y cualitativas, asociados a componentes de suelo, vegetación y población. Los resultados obtenidos para el coeficiente de escorrentía según; el uso de suelo y la pendiente de la cuenca, fue de 0.377, con lo que continuó con la evaluación hidrológica de la cuenca del río Huerva; asimismo evaluó la peligrosidad y vulnerabilidad existentes en la cuenca mediante índices a escalas de: muy baja, baja, media, alta y muy alta respectivamente. [7]

Esta investigación me beneficiará para realizar la evaluación de la peligrosidad, vulnerabilidad y el riesgo de las zonas del distrito en estudio que estén propensas a inundaciones y con latente peligro hídrico a causa del desbordamiento de la quebrada El Pueblo. Con lo que también será de apoyo para la realización del estudio hidrológico sistematizado.

Según el autor **Herrán Álvarez Marcela Patricia**, en su proyecto de investigación titulado: **“Estudio para la determinación de la franja inundable de la subcuenca quebrada Chiguaza perteneciente a la cuenca del río Tunjuelo”**, Bogotá, año 2017. Este estudio se realizó mediante el modelamiento bidimensional del software Hec-Ras, en el cual se llegó a las siguientes conclusiones: que se puede modelar cauces a partir de datos básicos y características físicas del entorno, como altura de la superficie y el caudal del cuerpo de agua bajo condiciones reales. Al determinar la franja de inundación del dominio de la quebrada se puede deducir algunas de las causas de las inundaciones siendo una de ellas la limitada capacidad de discurrir un caudal extraordinario, adicionalmente la zonificación de las áreas de riesgo, son importantes de localizar, pues pueden prevenir las innumerables pérdidas por crecidas. También se puede verificar la fiabilidad del uso de la aplicación dependiendo de los datos que sean ingresados para la modelación de cauces y simulación de inundaciones. La aplicación Hec-Ras es un

paquete que usa un conjunto amplio de modelos involucrados en el pronóstico de las condiciones hidráulicas de una corriente bajo distintos tipos de condiciones del entorno del cauce. [8]

De acuerdo con el autor **Ramón Vega Christian Danilo**, en su investigación titulada: **“Generación de mapas de riesgo a inundaciones en la zona urbana del canal el macho de la ciudad de Machala”**, Ecuador, año 2019. Tiene como objetivo principal de analizar el riesgo a inundaciones pluviales en el sector urbano del cantón Machala, mediante la evaluación de la amenaza a causa de precipitaciones intensas e identificando la vulnerabilidad por sectores (manzanas), en el cual se emplearon criterios cuantitativos para hallar parámetro antes mencionado, para finalmente obtener índices de riesgo por medio de mapas de inundación para posibles avenidas que se puedan dar en un periodo de retorno determinado. [9]

La investigación antes descrita se alinea a la misma que la de la presente investigación debido a que cuenta con variables semejantes y las conclusiones a la que llegó el autor están sujetas a discusión y análisis. También se usarán distintos parámetros de información hidrológica, hidráulicos, modelamiento y mapas de riesgo en la zona urbana estudiada. [9]

Según los autores **Sandoval Erazo Washington Ramiro y Aguilera Ortiz Eduardo Patricio**, en su investigación titulada: **“Determinación de caudales en cuencas con poco información hidrológica”**, Ecuador, 2014, esta investigación tiene como objetivo principal el de paliar la situación adversa que tiene dicho país, por la escasa información hidrométrica la cual es fundamental para estudios y diseño de estructuras hidráulicas; para hacerle frente a esta problemática empíricamente se presenta ecuaciones lógicas, resultantes de un análisis de masas para así poder hallar los caudales mínimos, medios y máximos que junto con otros parámetros permiten calcular el coeficiente de escorrentía y volumen de escorrentía en función a las precipitaciones. A modo de comentario cabe resaltar que también fue empleado el método racional. [10]

La investigación antes mencionada será de apoyo; ya que, se presenta un escenario similar, es decir con nula información hidrométrica para la evaluación de los caudales a lo largo del tiempo; así como también, no se han realizado ningún tipo de estudio al cauce de la quebrada en el distrito de Santa Cruz de Succhabamba.

Los autores **Alvarez Montero, Gabriela Fiamma y Moreno Cueva, Carlos Alvaro**, en su proyecto de investigación titulado: **“Modelamiento hidráulico para el control y prevención**

de inundaciones mediante el uso de Hec-Ras 2d en la zona urbana del río Piura”, Piura, 2021. Dicho trabajo de investigación se realizó con el fin de mitigar y disminuir el área y nivel de inundación ante distintos eventos climatológicos en zonas cercanas a los cauces de ríos que azotan la parte norte el territorio nacional, tal es el caso del Fenómeno “EL Niño”, el cual provoca el aumento de las precipitaciones y caudales del río provocando inundaciones. Para el desarrollo de la tesis el autor adquirió información hidrométrica del cauce, y para la caracterización geomorfológica de la zona de estudio descargó el Modelo Digital de Elevación (DEM) del satélite SPOT-7, cuya resolución es de 6 m. La información hidrométrica y de precipitaciones fue procesada por el método de Gumbel que es la que más se aproximaba y tenía mejor grado de confiabilidad para distintos periodos de retorno.

El autor propuso como medida de mitigación del fenómeno con la implementación de muros de contención en voladizo, el cual en el subprograma Ras Mapper la subsección “terrain” ha sido plasmado y modificado la zona para ver luego correr el plan en HEC-RAS 5.0.7.

La investigación antes mencionada aportará en el Modelamiento de Elevación Digital (DEM) y en los distintos cálculos hidrológicos; además de que también se realizó el modelamiento del área inundada con el software que en este proyecto se empleará Hec-Ras. [11]

BASES TEÓRICO CIENTÍFICAS

Ley de Recursos Hídricos Ley N° 29338. 2019. Perú: Autoridad Nacional del Agua (ANA)

La presente ley regula el uso y gestión de los recursos hídricos. ANA cuenta con un ámbito extenso de normativas para la delimitación de franjas marginales. En el artículo 6° establece que “Las franjas marginales son bienes naturales vinculados con el agua”. El estado peruano ha conferido la potestad a la Autoridad Nacional del Agua; a que sea, la encargada de legislar y gestionar todo lo referido a los dominios hídricos del territorio. La Autoridad Administrativa del Agua según el artículo 7°, es la única encargada de otorgar autorización para la intervención de cualquier tipo en las zonas cercanas a la rivera de un cuerpo de agua. En otros de sus artículos como el Artículo 7° establece que los terrenos aledaños a los cauces naturales o artificiales deben de mantener o delimitar una Faja Marginal con fines de protección. En el 119°, nos da manifiesto a cerca del control de avenidas, desastres e inundaciones. [12]

Ley N° 29664, Ley que crea el Sistema Nacional de Gestión del Riesgo de Desastres – SINAGERD,

la cual integra una conceptualización en el manejo de desastres, constituyendo a este sistema de gestión con el cual se busca identificar y reducir los peligros o minimizar sus efectos, también busca evitar la generación de nuevos riesgos además de lograr una preparación y atención idónea frente a situación límite de desastres, a través de lineamientos de política, procesos e instrumentos de la gestión del Riesgo de Desastres como fin último de este desarrollo social en el que se consideran las políticas nacionales con énfasis en aquellas relativas a materias económicas, ambientales, de seguridad, de defensa nacional y territorial de manera constante. [2]

Dicha ley también estipula los niveles de emergencia y capacidad de respuesta indicando la clasificación de los niveles de la atención de emergencia frente al impacto de desastres, indicando así el número de (DDE) Declaratoria de Estado de Emergencia desde el año 2005 hasta el 2014 en la cual arroja un incremento sustancial en dichas (DDE) a causas de inundaciones. [2]

Manual de Hidrología, Hidráulica y Drenaje. 2018 Perú: Ministerio De Transportes Y Comunicaciones (MTC).

El completo conocimiento del comportamiento hidrológico de un río o arroyo es fundamental para poder establecer las áreas vulnerables a eventos hidrometeorológicos extremos. [13]

Por ello este documento sirve de guía para obtener los parámetros hidrológicos e hidráulicos necesarios para el diseño de estructuras de drenaje vial y obras de protección para la infraestructura vial. Para ello, este libro nos proporciona criterios y metodologías para el estudio de la cuenca hidrológica, y la posterior obtención del caudal de diseño. Teniendo en cuenta la variación en las condiciones de cada proyecto vial o hidráulico. [13]

Arturo Rocha, Introducción a la Hidráulica de Obras Viales. 3era Edición. Perú: Instituto de la Construcción y Gerencia (ICG), 2015.

En su ejemplar “Introducción a la Hidráulica de las obras viales, ICG”, Arturo Rocha nos indica las consideraciones de diseño en condiciones de Meganiño en la cual nos señala que se debe construir una estructura económicamente viable, funcional y que sea capaz de soportar las solicitaciones extremas en casos de fenómenos como El Niño. [14]

También hace énfasis en las defensas fluviales, como hay que diseñarlas y sus ventajas y desventajas frente a la dinámica fluvial e inestabilidad que presentan determinados cauces, también nos da a conocer que una forma de controlar la inestabilidad fluvial y de manejar un cauce, es construir defensas ribereñas las que posteriormente pueden formar un encauzamiento, como fijar márgenes para evitar el desplazamiento del cauce y evitando así inundaciones. [14]

Instituto Nacional De Defensa Civil, INDECI. 2006, en su informe: “**Manual básico para la estimación del riesgo**”, elaborado por el equipo técnico responsable y en conjunto con la Dirección Nacional de Prevención, nos brindan por medio de la unidad de estudios y evaluación de riesgos, una guía básica a fin de contribuir a reducir los efectos de los desastres, estimando el nivel de riesgo que pudiese tener una localidad, a través de la identificación de peligro y un análisis de vulnerabilidad de quebradas y/o cuencas, que pueda permitir elaborar mapas temáticos; así como también, uniformizar mediante variables constantes la estimación de del riesgo. Adicionalmente, establecer lineamientos y procesos, para elaborar en forma ordenada y eficiente los informes de estimación de riesgo. [15]

Manual para la evaluación de riesgos originados por fenómenos naturales, 02 versión. Centro Nacional de Estimación, Prevención y Reducción de Riesgo de Desastres (CENEPRED).

En este manual se contempla los procedimientos para evaluar los riesgos que permitan establecer medidas de prevención y reducción del riesgo de desastres y proporcionar una idónea toma de decisiones por parte de las autoridades competentes de la gestión del riesgo. Con este

manual el (CENEPRED); orienta a identificar los parámetros de evaluación de los fenómenos de origen natural para una adecuada evaluación del riesgo, también estandarizar los criterios técnicos a ser utilizados en la identificación y caracterización de los peligros, niveles y la elaboración del mapa del nivel de peligrosidad.

Asimismo, establece niveles de riesgo y la elaboración del mapa de riesgo evaluando la aceptabilidad o tolerabilidad del riesgo; y en síntesis ayuda a definir la metodología para la elaboración del mapa de zonificación de riesgos de desastres según parámetros e evaluación y nivel de detalle de información que se debe de utilizar.

Máximo Villón Béjar, en la guía. “Cálculos hidrológicos e hidráulicos en cuencas hidrográficas”, CATIE (Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza), TEC, Costa Rica, 2008. Nos da algunos parámetros para desarrollar un correcto estudio hidrológico en una determinada cuenca y alcances de definiciones, delimitaciones, superficies y áreas. Asimismo, en secciones transversales de un cauce como calcular el área de sección transversal y determinar la velocidad puntual de las secciones transversales del cauce; así como también, calcular el caudal respectivo mediante de métodos empíricos conocidos. [16]

TÉRMINOS BÁSICOS CONCEPTUALES

Inundación

La inundación es un desastre natural de carácter hidrológico y meteorológico, por lo que [15] define como “Es el desborde lateral del agua de los ríos, lagos, mares y/o represas, cubriendo temporalmente los terrenos bajos, adyacentes a sus riberas, llamadas zonas inundables. Suelen ocurrir en épocas de grandes precipitaciones.” [15]. Una causa de las inundaciones urbanas es la impermeabilización de superficies; es decir el uso del suelo, ya que no habría escorrentía ni infiltración de las aguas procedentes de eventos meteorológicos o simplemente de la dinámica fluvial.

Inundaciones Fluviales

“Este tipo de inundación se produce por el desbordamiento del cauce natural de los ríos o quebradas, debido a la incapacidad de contener el agua en exceso; esto se origina, por la fuerte precipitaciones en un periodo corto y por la poca capacidad de infiltración del suelo.” [9]. Este tipo de inundaciones es la combinación de la dinámica fluvial con la intensidad y duración de una precipitación.

Peligro

“El peligro a eventos naturales es la probabilidad de ocurrencia de un fenómeno natural o inducido por la actividad humana, en potencia perjudicial, decon determinada magnitud en un lugar referido, la que puede afectar zonas habitadas, infraestructura física y el entorno.” [15], a modo de remarcar, es pertinente decir que en el presente proyecto se tratará uno de los fenomenos que en parte tiene cuasas naturales y en otras antrópica como son las inundaciones.

Vulnerabilidad

La vulnerabilidad está directamente involucrada en la unidad del uso territorial y que consta básicamente de dos aspectos remarcados que son: la exposición y la fragilidad. La exposición que alude a las unidades palpables que están expuestas y la fragilidad a la resistencia de la unidad. “La vulnerabilidad, es el grado de debilidad o exposición de un elemento o conjunto de elementos frente a la ocurrencia de un peligro natural o antrópico de una magnitud dada”. [15], en vista de dichos conceptos también la vulnerabilidad se subdivide en: vulnerabilidad física (casa, lugares de esparcimiento o coliseos), lo referido a la calidad ambiental y cambios climáticos, la económica que está en función a los ingresos percibidos por los moradores en las zonas vulnerables y por último la vulnerabilidad social que acrecienta en la medida de que tan organizada y la capacidad de resiliencia frente a un evento extremo. [15]

Riesgo

De acuerdo a un criterio analítico el riesgo está en función a los peligros expuesto y a la vulnerabilidad existente. Con lo que “El cálculo del riesgo corresponde a un análisis y una combinación de datos teóricos y empíricos con respecto a la probabilidad del peligro identificado, es decir la fuerza e intensidad de ocurrencia; así como el análisis de vulnerabilidad o la capacidad de resistencia de los elementos expuestos al peligro (población, viviendas, infraestructura, etc.), dentro de una determinada área geográfica.” [15]

Con lo cual para la estimación del riesgo se usa la siguiente ecuación:

$$R = P * V$$

Criterios recomendados para determinar el nivel de la inundación.

“Los criterios recomendados para medir en intensidad y magnitud las inundaciones son difieren del tipo de inundación. Para inundaciones estáticas se considera la profundidad o altura del flujo.” [17]

“Mientras que para inundaciones dinámicas se recomienda utilizar el producto de la velocidad por la profundidad del flujo.” [17]

El nivel de intensidad de peligro según la tabla del INDECI se mide de acuerdo al tirante que tiene la lámina de agua en las franjas inundables.

Fig. 1: El nivel de intensidad de peligro según la tabla del INDECI

NIVELES DE INTENSIDAD DE PELIGRO	PROFUNDIDAD DE FLUJO (m)
MUY ALTA	$H > 1.5 \text{ m}$
ALTA	$0.5\text{m} < H < 1.5 \text{ m}$
MEDIA	$0.25\text{m} < H < 0.5 \text{ m}$
BAJA	$< 0.25 \text{ m}$

Fuente: INDECI

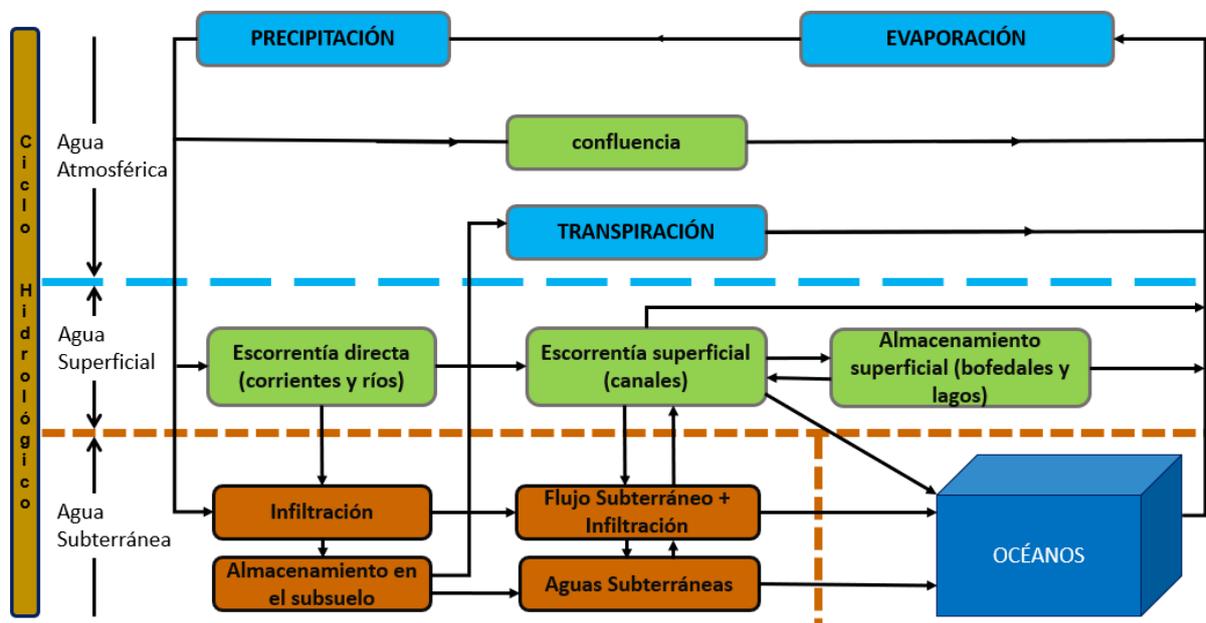
Consideraciones Hidrológicas

Ciclo Hidrológico

El ciclo hidrológico no tiene ni principio ni fin, por lo que puede iniciar en cualquier fase, el agua que se genera sobre la superficie terrestre se evapora bajo el efecto de la radiación solar y el viento. “Es posible inferir que el ciclo empieza con la evaporación de los cuerpos de agua, ya sean bofedales o los océanos, seguidamente se eleva y se transporta por la atmósfera en forma de masas de aire los cuales se condensan y precipitan. Durante su trayecto hacia la

superficie de la tierra, el agua precipitada puede volver a evaporarse o ser interceptada por las plantas o las construcciones, de la precipitación que llega a las corrientes, una parte se infiltra y otra llega hasta los océanos.” [18]

Fig. 2: Ciclo Hidrológico



Cuenca Hidrográfica

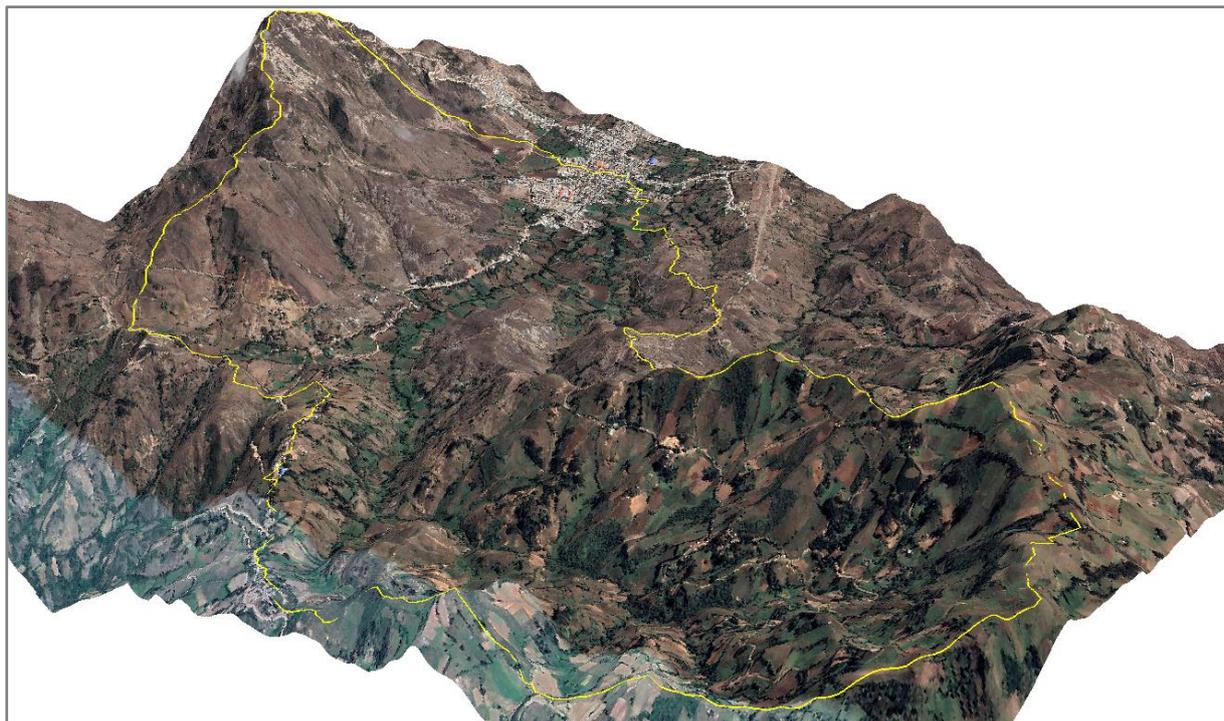
Una cuenca es una zona de la superficie terrestre geográficamente definida, la cual puede estar localizada en 3 zonas: alta, media y baja dependiendo de su orografía. Las gotas de precipitación que caen sobre esta porción de área la drenan en un único punto confluyente. [19]

A manera de idea, las cuencas hidrográficas están formadas por subcuencas y estas últimas por microcuencas las que a su vez están caracterizadas y subdivididas de acuerdo al área que abarca cada una de ellas.

Divisorias de Aguas

La línea divisoria de aguas es indispensable para la delimitación de una cuenca hidrográfica [20]. [19] recalca que es una línea trazada la cual señala el límite máximo entre cuencas adyacentes, una gota de lluvia precipitada en cualquiera de los lados de la divisoria va a desembocar en el cauce principal de la cuenca delimitada.

Fig. 3: Línea divisoria de aguas



Fuente: Propia

Cauce Principal de la Cuenca

Defino por [19] como el curso con mayor caudal y con un sistema definido de afluentes de las partes laterales de una cuenca y también es el que tiene mayor recorrido a lo largo de la cuenca. El cauce principal, es por lo general el que va discurriendo desde las microcuencas, pasando por las subcuencas hasta su desembocadura en deltas o estuarios.

Parámetros Morfométricos de la cuenca

Área de la cuenca

Se denomina área de la microcuenca a toda superficie delimitada por la divisoria de aguas y definida por las características fisiográficas que cuenta. [21]

Asimismo, como son generalmente áreas extensas, se posible estimar el área de cuenca o microcuenca con métodos digitales de medición como ráster o Modelo Digital de Elevación. También cabe recalcar que el área definida en km^2 de la cuenca, va a definir si es: una cuenca pequeña (microcuenca), cuenca mediana (subcuenca) y cuenca (grande).

Clasificación de cuenca según el área

Unidad Hidrográfica	Área (km ²)	Clases de Cauce	Orden de Cauce
Microcuenca	10 - 100	Bajo	1°, 2° y 3°
Subcuenca	100 - 700	Medio	4° y 5°
Cuenca	700 - 6000	Alto	6° >

Perímetro de la cuenca

Es la forma contorneada de la línea divisoria de aguas de la microcuenca, la cual de acuerdo a su morfología es irregular. Debido a ello no es posible calcular el perímetro con ecuaciones establecidas; sino, con softwares especializados como ArcGis. [16]

A menudo el perímetro de la cuenca determina la forma que tendrá la microcuenca, ya sea alargada, ovalada o cuadrada.

Longitud del cauce principal

La longitud del cauce según [21], es la distancia que recorre el mayor desarrollo de cauce de drenaje a la cual todos los afluentes de la microcuenca contribuyen aportando sus descargas.

Desnivel de la cuenca

El desnivel en medida es la diferencia de cotas que hay entre la cota proyectada hacia la línea divisorias de aguas y la cota del punto de aforo de la microcuenca.

Índice de Gravelius

Para [21] es el índice de compacidad de la microcuenca, debido a que describe de acuerdo al resultado de la ecuación, lo compacta o irregular que es la microcuenca evaluada.

Están en relación del perímetro de la microcuenca y el perímetro equivalente de una circunferencia de área de cuenca.

Índice de Gravelius

$$Kc = \frac{P}{2\sqrt{\pi A}} = 0.28 \frac{P}{\sqrt{A}}$$

Kc= Coeficiente de compacidad

P= Perímetro de la cuenca (km)

A= Área de la cuenca (km²)

Los rangos para el coeficiente de Gravelius y la descripción de la forma que ayude a determinar la compacidad de la microcuenca.

Rangos de Kc para determinar la forma de microcuenca

Rango	Descripción de Forma
1 – 1.25	Casi redonda a oval - redonda
1.25 – 1.5	Oval – redonda a oval - alargada
1.5 a 1.75	Oval – alargada

El índice de Gravelius también contempla una interpretación ambiental referido a las inundaciones, está referida con los rangos y la evaluación dada en intensidad desde conservadora hasta alta.

Rangos de Kc para condiciones ambientales

Kc	Interpretación Ambiental (Inundaciones)
1 – 1.25	Alta tendencia
1.25 – 1.50	Mediana tendencia
1.50 – 1.70	Baja tendencia
>1.70	Propensas a la conservación

Ancho promedio

El ancho promedio es el que se puede estimar de la relación que existe entre el área de la cuenca en (km²) y la longitud del cauce principal del lecho de drenaje de la microcuenca en (km).

Ancho promedio

$$A_p = \frac{A}{L}$$

A_p= Ancho promedio

A= Área de la cuenca (km²)

L= Longitud del cauce principal (km)

Factor forma

Este parámetro nos da a entender la distensión de la cuenca, se expresa en un valor adimensional y está dado por la relación entre el área de la cuenca y el cuadrado de la longitud.

Factor de Forma

$$F_f = \frac{A}{L^2}$$

F_f= Factor de Forma

A= Área de la cuenca (km²)

P= Perímetro de la cuenca (km)

Rango para determinar la forma de la microcuenca

Factor	Forma de la cuenca
< 0.22	Muy alargada
0.22 - 0.30	Alargada
0.30 - 0.37	Ligeramente alargada
0.37 - 0.45	Ni alargada ni ensanchada
0.45 - 0.60	Ligeramente ensanchada
0.60 - 0.80	Ensanchada
0.80 - 1.20	Muy ensanchada
> 1.20	Desembocadura ensanchada

Densidad de drenaje

Es un indicador de la morfología del terreno y el importante grado de erosión de la microcuenca y está en función del tipo de suelo, factores morfológicos y factores de vegetación.

Densidad de Drenaje

$$D_d = \frac{L}{A}$$

D_d = Densidad de drenaje

L= Longitud del cauce principal (km)

A= Área de la cuenca (km²)

Rangos de D_d

Rangos	Densidad de Drenaje D_d
< 1 km/km ²	Drenaje Pobre
1 - 3 km/km ²	Drenaje Moderado
> 3.5 km/km ²	Drenaje Alto

Radio de Circularidad de la Cuenca

La relación existente entre, el área y el círculo de longitud de una circunferencia igual al perímetro de la cuenca. Si el valor obtenido es 1 entonces es una cuenca circular. Pero si el valor es 0.785 se trata de una cuenca cuadrada; por consiguiente, si el valor es menor a 0.785 se trata de una cuenca rectangular.

Radio de circularidad

$$R_c = \frac{4\pi A}{P^2}$$

A= Área de la cuenca en (km²)

P= Perímetro de la cuenca en (km)

Pendiente de la cuenca

Según (sociedad de lima) la pendiente de la microcuenca puede ser un ápice que designe un valor aproximado de escorrentía, drenaje y erosión sobre la superficie de toda la microcuenca. Para determinar la pendiente de la cuenca se puede dividir en rangos, que vayan desde 0° hasta un máximo de 30° dependiendo la zona donde se evalúa la microcuenca. Dicho esto, el método apropiado para estimar la pendiente en % es la relación entre la diferencia de cotas (mayor y menor) por la longitud horizontal del cauce principal.

Pendiente de la cuenca

$$S(\%) = \frac{H_M - H_m}{1000 * L} * 100$$

HM: Altitud mayor (m)

Hm: Altitud menor (m)

L: Longitud del cauce (km)

Procesamiento de la información hidrológica

El [13] habla que la disposición del territorio del país debido a su variado y accidentado relieve, es complejo para proveer datos hidrométricos y pluviométricos en muchas de las microcuencas que forman las cuencas hidrográficas. En relación con la limitada información se debe de optar por la metodología más idónea y que se ajuste a la realidad para obtener magnitudes como del caudal y también verificar mediante observaciones directas en la zona de estudio; así como también, marcas de agua y crecidas.

Para la evaluación de datos estadísticos hidrológicos, los más comunes son los pluviométricos otorgados por estaciones meteorológicas, las cuales hacen mediciones de temperatura, humedad y precipitación. Dicho esto, para evaluar los datos se recurre a la estadística y sus métodos disponibles para realizar dicha evaluación. Algunos métodos usas son: media muestral, desviación estándar y coeficiente de variación.

Modelos de Distribuciones de Probabilidad

La disciplina de la estadística es la ideal para aplicarla a los estudios y evaluaciones hidrológicas debido a la cantidad en número de datos que se maneja y obtienen. Por ello para el presente trabajo se dispuso aplicar las siguientes distribuciones probabilísticas:

Distribución Normal

La función de densidad de probabilidad normal está definida por:

Distribución normal

$$f(x) = \frac{1}{s\sqrt{2\pi}} e^{-0.5\left(\frac{x-\mu}{s}\right)^2}$$

f(x) = función densidad normal de la variable x

X = variable independiente

μ = parámetro de localización, igual a la media aritmética de x.

S = parámetro de escala, igual a la desviación estándar de x.

Distribución LogNormal

Distribución LogNormal

$$f(x \leq xi) = \frac{1}{s\sqrt{2\pi}} \int_{-\infty}^{xi} e^{\left(\frac{-(x-X)^2}{2s^2}\right)} dx$$

f(x)= función de distribución normal acumulada

X= variable independiente

S= desviación estándar de x

\bar{X} = media aritmética de x

Distribución Log Pearson tipo III

Esta ley de distribución muestra un comportamiento exponencial hacia el infinito; por ello, presenta un mejorado ajuste además de que se adapta idóneamente a los valores esperados.

Distribución LogPearson III

$$f(x) = \frac{(\ln x - x_0)^{\gamma-1} e^{-\frac{(\ln x - x_0)}{\beta}}}{x\beta^\gamma \Gamma(\gamma)}$$

Y: Parámetros de forma.

B: Parámetro de escala, que está en función de sesgo

A modo de criterio una manera simplificada es utilizando tablas, las cuales relaciona la asimetría con la probabilidad y el periodo de retorno.

$$\begin{aligned} X &= X + SB \\ \log Q &= Q_{oy} + \sigma y B \end{aligned}$$

Donde se expresan los distintos factores que intervienen en la ecuación generada.

B= parámetro de escala

σy = desviación estándar

Q_{oy} = media

$$C_s = \text{Sesgo} = \frac{N \Sigma (\ln x - X \ln x)^3}{(N-1)(N-2) S \ln x^3}$$

Gumbel

La distribución de Gumbel o doble exponencial

Distribución de Gumbel

$$F(x) = e^{-e^{-a(x-\beta)}}$$

Despejando la ecuación de momentos, se obtiene las relaciones de alfa y beta; tales que:

$$\begin{aligned} \alpha &= \frac{1.2825}{\sigma} \\ \beta &= \frac{1.2825}{\sigma} \end{aligned}$$

α es el parámetro de concentración y β es el de localización.

LogGumbel

Distribución LogGumbel

$$y = \frac{\ln x - \mu}{\alpha}$$

Por lo que, la función reducida acumulada LogGumbel será:

$$G(y) = e^{-e^{-y}}$$

Y finalmente, para realizar la prueba de bondad de ajuste en función de la probabilidad estimada a los datos pluviométricos agenciados para el presente, a nivel de criterio se optó por la prueba de Smirnov – Kolmogorov.

$$D = \text{máx} |Fo(xm) - F(xm)|$$

Tiempo de Concentración

Se define como el tiempo que se demora en recorrer una gota de precipitación desde el punto más alejado y elevado hasta llegar al punto más angosto o de salida de la cuenca, su cálculo se realiza en función a su pendiente del cauce principal y la longitud [19], para este proyecto se aborda la ecuación experimental de Kirpich que está dado por:

$$T_c = 0.0195 \left(\frac{L^3}{H} \right)^{0.385} \text{ (minutos)}$$

Donde:

T_c = Tiempo de concentración (min).

L = Longitud del cauce principal (m).

H = Diferencia de nivel entre la cota más elevada de la cuenca y la cota del sitio de análisis.

Coefficiente de Escorrentía

La escorrentía es la movilización de agua por determinadas superficies del suelo natural o artificial. Según (Villón) el agua que discurre a un determinado lecho de drenaje es solo un porcentaje de la cantidad de precipitación, dicho valor difiere dependiendo de la zona de estudio, cobertura vegetal, distintos tipos de terreno y la orografía.

Tabla del coeficiente de escorrentía en función del tipo de cobertura, pendiente y textura.

Coefficiente de escorrentía según la textura del terreno

Tipo de Vegetación	Pendiente (%)	Textura		
		Arenosa	Arcillosa Limosa	Arcillosa
Forestal	0 - 5	0.10	0.30	0.40
	5 - 10	0.25	0.35	0.50
	10 - 30	0.30	0.50	0.60
Praderas	0 - 5	0.10	0.30	0.40
	5 - 10	0.15	0.35	0.55
	10 - 30	0.20	0.40	0.60
Terrenos Cultivados	0 - 5	0.30	0.50	0.60
	5 - 10	0.40	0.60	0.70
	10 - 30	0.50	0.70	0.80

Coefficiente de escorrentía según cobertura y pendiente del terreno

COBERTURA VEGETAL	TIPO DE SUELO	PENDIENTE DEL TERRENO				
		PRONUNCIADA	ALTA	MEDIA	SUAVE	DESPRECIABLE
		> 50%	> 20%	> 5%	> 1%	< 1%
Sin vegetación	Impermeable	0,80	0,75	0,70	0,65	0,60
	Semipermeable	0,70	0,65	0,60	0,55	0,50
	Permeable	0,50	0,45	0,40	0,35	0,30
Cultivos	Impermeable	0,70	0,65	0,60	0,55	0,50
	Semipermeable	0,60	0,55	0,50	0,45	0,40
	Permeable	0,40	0,35	0,30	0,25	0,20
Pastos, vegetación ligera	Impermeable	0,65	0,60	0,55	0,50	0,45
	Semipermeable	0,55	0,50	0,45	0,40	0,35
	Permeable	0,35	0,30	0,25	0,20	0,15
Hierba, grama	Impermeable	0,60	0,55	0,50	0,45	0,40
	Semipermeable	0,50	0,45	0,40	0,35	0,30
	Permeable	0,30	0,25	0,20	0,15	0,10
Bosques, densa vegetación	Impermeable	0,55	0,50	0,45	0,40	0,35
	Semipermeable	0,45	0,40	0,35	0,30	0,25
	Permeable	0,25	0,20	0,15	0,10	0,05

Fuente: MTC

La obtención del C ponderado está dada por la siguiente expresión:

$$C = \frac{C_1 A_1 + C_2 A_2 + \dots + C_n A_n}{A_1 + A_2 + \dots + A_n} = \frac{\sum_{i=1}^n C_i A_i}{\sum_{i=1}^n A_i}$$

C=coeficiente Escorrentía ponderado

Ci=coeficiente escorrentía para el área Ai

Ai= área parcial

Para sectores con distinta superficie se debe calcular el coeficiente ponderado, y con ello trabajar en los cálculos requeridos.

Precipitación

Aparicio (cita fundamentos de hidro) asegura que la precipitación es la fuente singular del agua en la tierra, la cual es posible medir y con ello poder predecir condiciones mediante el tratamiento de datos meteorológicos. La unidad de medida de precipitación normalmente es en (mm). La precipitación en el geoide terráqueo se deriva en porcentaje del 23% a la corteza continental, de estos el 17% son zonas húmedas y el 6% a zonas áridas y el restante 77% a los océanos. [23]

También [23] afirman que el flujo de viento transporta nubes, algunas se quedan sobre los océanos y otros se mueven a la superficie terrestre. Durante estos movimientos, pueden enfriarse, de modo que las gotas que forman estas pueden aumentar de tamaño al juntarse o aglomerarse alrededor de partículas que flotan en la atmósfera.

Período de Retorno

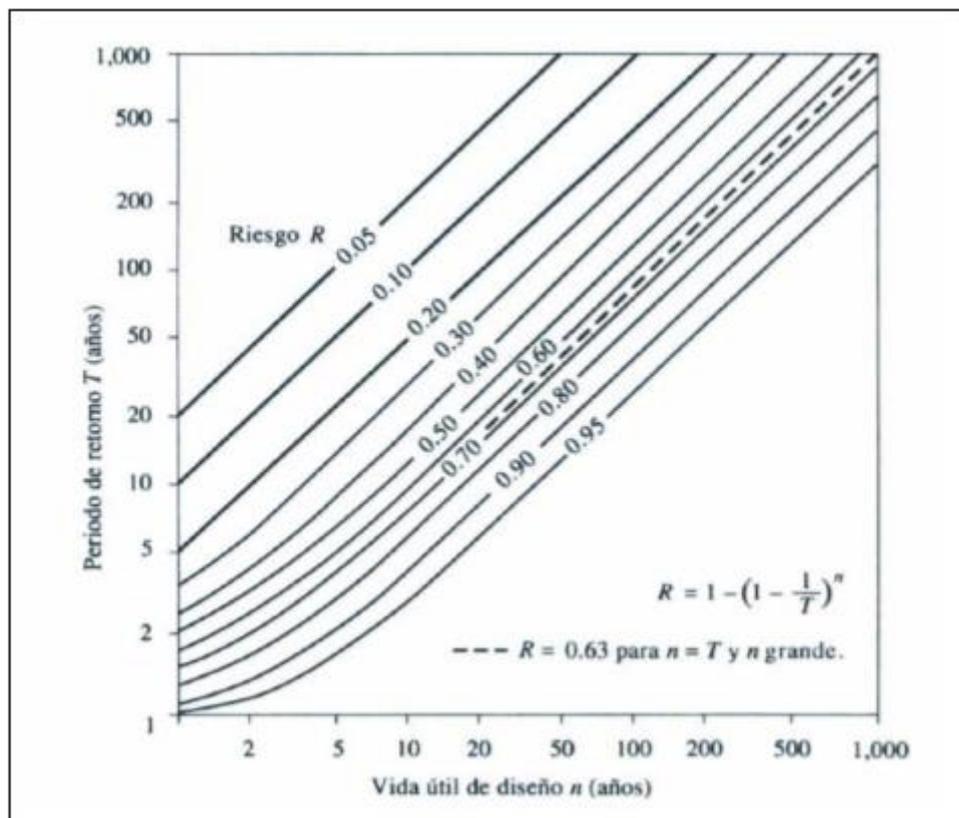
“Es el tiempo promedio en años en la que el caudal pico es igualado o superado en un cierto tiempo en años”. [13]

“Para adoptar el período de retorno a usar, es idóneo saber cuál es la relación entre la probabilidad que exceda un evento y la vida útil de un diseño determinado; así como también, el riesgo que implica por el colapso de la estructura. [13]

“El riesgo de falla admisible en función del período de retorno y vida útil de la obra está dado por:” [13]

$$R = 1 - \left(1 - \frac{1}{T}\right)^n$$

Riesgo de por lo menos una excedencia del evento de diseño durante la vida útil



Fuente: MTC

Así como también [14] recomienda emplear el periodo de retorno de 50 años para estimar el Caudal Máximo de diseño para tramos del curso con asentamientos agrícolas, y un periodo de retorno de 100 años en áreas urbanas.

Curvas Intensidad-Duración-Frecuencia (IDF)

Las curvas IDF determinan las intensidades máximas esperadas para diferentes períodos de retorno, “representan una de las herramientas más utilizadas para estimar caudales máximos, que sirven para el diseño de obras hidráulicas. Las curvas IDF también son útiles en la estimación de tormentas de diseño, en sitios donde, debido a la poca información hidrométrica es necesario recurrir a los modelos lluvia-escorrentía para el cálculo de los caudales máximos.” [19]

La intensidad de lluvia es la cantidad registrada por unidad de tiempo determinado, dicha intensidad se expresa en (mm/h). La duración está dada en horas y la frecuencia en función al tiempo de retorno. Es importante saber que la intensidad requerida es la máxima precipitación por unidad de tiempo, la cual deriva de la evaluación de la serie de datos y de la curva IDF.

Consideraciones Hidráulicas

Quebrada

“Lecho con bordes estrecho que constituye una determinada de drenaje ocasional en las vertientes subáridas; en general se aplica a las pequeñas depresiones formadas por efecto del drenaje en zonas de valles hídricos.” [21]

Máximas Avenidas

Una avenida ciertamente es una condición natural hidrometeorológica, y que las máximas avenidas son caudales extraordinarios, los cuales tiene una recurrencia interanual, el cual se mide por el periodo de retorno de dicha avenida. Sin embargo, estas aguas altas tienen una frecuencia baja.

Se pueden determinar por distintos métodos como son:

- Método Empíricos
- Método Histórico
- Método de Correlación Hidrológica
- Método Directo o Hidráulico
- Método Estadístico Probabilístico

- Método Hidrológico [22]

La magnitud del caudal máximo está directamente proporcional al periodo de retorno que se considere para el diseño hidráulico.

Método Racional

Una vez obtenidas las curvas IDF, se puede ingresar cierta duración de tormenta para un tiempo de retorno dado y calcular la intensidad, la cual va a ser uno de los factores para determinar el caudal de la microcuenca, dicha microcuenca para aplicar el método racional debe de no ser mayor en superficie a 13 km². [16]

Según [16] si la duración de tormenta es menor al tiempo de concentración, la intensidad de la lluvia será mayor, por ende, el caudal es menor.

$$Q = \frac{CIA}{3.6}$$

Q= caudal máximo (m³/s)

C= coeficiente de escorrentía

I= intensidad de lluvia (mm/h)

A= área de la microcuenca (km²)

Parámetro de Rugosidad de Manning n

La rugosidad del cauce, si bien es cierto es un parámetro adimensional no deja de ser importante al momento de evaluar el drenaje de un cuerpo de agua; por lo que, esta rugosidad va a ser la que dará resistencia al desplazamiento del agua, ya sea en los bordes o en el fondo. El valor n está en función a los materiales que conforman el lecho, ya sea cantos rodados, materiales sueltos y sedimentos.

La evaluación por este método, va a depender de la zona de la cuenca donde se va analizar dicha evaluación ya sea, baja, media o alta. Esto generará que el valor n sea independiente para cada cauce. La rugosidad estará dada por la suma del material de conforma el cauce, el grado de irregularidad que presenta, transiciones de las secciones, la presencia de obstrucciones u obstáculos y el tipo de cobertura vegetal; todo ello, multiplicado por el grado de acuerdo a si el cauce es meándrico o no.

$$n = (n_0 + n_1 + n_2 + n_3 + n_4) \times n_5$$

Se presentan los siguientes parámetros para la evaluación de la rugosidad por el método de la ecuación de Cowan.

Rugosidad de Manning según múltiples condiciones

Condiciones del cauce		Valores	
Material considerado	Tierra	n_0	0.020
	Roca cortada		0.025
	Grava fina		0.024
	Grava gruesa		0.028
Grado de irregularidad	Leve o despreciable	n_1	0.000
	Moderado		0.005
	Marcado		0.010
	Muy marcado		0.020
Variaciones de la sección transversal	Leve o despreciable	n_2	0.000
	Moderado		0.005
	Marcado		0.010
	Muy marcado		0.015
Obstrucciones	Leve o despreciable	n_3	0.000
	Moderado		0.010 – 0.015
	Marcado		0.020 – 0.030
	Muy marcado		0.040 – 0.060
Vegetación	Leve o despreciable	n_4	0.005 – 0.010
	Moderado		0.010 – 0.025
	Marcado		0.025 – 0.050
	Muy marcado		0.050 – 0.100
Meandros	Menor	n_5	1.000
	Apreciable		1.150
	Severa		1.300

Fuente: Villón, 2002

Método pendiente Sección

Es un método de estimación de caudal directo basado en la determinación de la cantidad que pasa de flujo por una determinada sección transversal. Según [16]

Ecuación de Manning

$$V = \frac{1}{n} R^{2/3} S^{1/2}$$

Ecuación de caudal

$$Q = V \cdot A \text{ m}^3/\text{seg}$$

Modelamiento Hidráulico

El modelo distribuido o también llamado modelamiento hidráulico, está en función de tiempo como del espacio. Según [26] se clasifican en modelos físicos, analógicos y matemáticos; en contraste con un modelamiento hidrológico que el caudal está en función del tiempo. Los desarrolladores del software Hec-Ras son el centro de Ingeniería Hidrológica (Hydrologic Engineering Center, HEC), que mediante métodos numéricos y ecuaciones diferenciales pudieron aproximar láminas de flujo y modelarlas. Hec-Ras no puede modelar flujo

rápido variado, porque las ecuaciones que resuelve Hec-Ras son las ecuaciones de Water Shallow las cuales son para aguas poco profundas. Para modelar un régimen de flujo gradualmente variado habitualmente utiliza las ecuaciones de Navier-Stokes en 2D.

Ecuación de energía

La ecuación de energía es necesaria para calcular los perfiles del flujo de un punto inicial y otro final mediante un proceso iterativo (paso estándar), de acuerdo al régimen gradualmente variado. [26]

Ecuación de Energía

$$Z_2 + Y_2 + \frac{a_2 V_2^2}{2g} = Z_1 + Y_1 + \frac{a_1 V_1^2}{2g} + h_e$$

Los elementos de la ecuación de energía hacen referir a: Z_1 y Z_2 , las elevaciones del cauce; Y_1 y Y_2 , el tirante de agua en la sección; V_1 y V_2 , las velocidades en cada punto de control; a_1 y a_2 ; coeficientes de velocidad; g , la aceleración de la gravedad y; h_e , es la pérdida de energía existente.

Ecuación de Saint Venant

Saint-Venant mediante sus ecuaciones (1D) puede modelar flujos gradualmente variados por ello se trabajó con el régimen de flujo mixto ya que en este régimen los tirantes que empiezan a oscilar drásticamente como en cambios de pendientes bruscas, caídas o resaltos hidráulicos, lo multiplica por coeficientes que está en función del número de Freud para que las derivadas no se saturan.

La Ecuación de Conservación de Momento [26] o Saint Venant, consta de 5 términos en los cuales cada uno dependiendo de qué onda utilice se va ir cancelando progresivamente. Siendo g la gravedad, Q caudal, S_0 pendiente natural y S_f pendiente de fricción. Las ondas difusivas que trabaja Hec-Ras son: Onda Cinemática, onda difusiva, onda de gravedad y onda dinámica está última utilizada en pilares.

Ecuación de Saint Venant

$$\left(\frac{1}{A} \frac{\partial Q}{\partial t}\right) + \left(\frac{1}{A} \frac{\partial Q^2}{\partial x}\right) + \left(g \frac{\partial y}{\partial x}\right) - (gS_0) + (gS_f) = 0$$

Consideraciones Geológicas y Mecánica de Suelos

Propiedades físicas

En cuanto a los ensayos a ejecutar, se realizó una breve explicación de ellos y los objetivos correspondientes. Cabe anotar que los ensayos físicos corresponden a aquellos que determinan las propiedades, índices de los suelos y que permiten su clasificación. [23]

Manual de Ensayo de Materiales: Análisis granulométrico por tamizado MTC E 107. 2016. Perú: Ministerio de Transportes y Comunicaciones.

La granulometría es la distribución de las partículas de un suelo de acuerdo con su tamaño, que se determina mediante el tamizado o paso del agregado por mallas de distinto diámetro hasta el tamiz N.º 200 (diámetro 0.074 milímetros), considerándose el material que pasa dicha malla en forma global. Para conocer su distribución granulométrica por debajo de ese tamiz se hace el ensayo de sedimentación. El análisis granulométrico deriva en una curva granulométrica, donde se plotea el diámetro de tamiz versus porcentaje acumulado que pasa o que retiene el mismo, de acuerdo con el uso que se quiera dar al agregado. [23]

Manual de Ensayo de Materiales. Límite líquido MTC E 110 y límite plástico MTC E 111. 2016. Perú: Ministerio de Transportes y Comunicaciones.

Se conoce como plasticidad de un suelo a la capacidad de este de ser moldeable. Esta depende de la cantidad de arcilla que contiene el material que pasa la malla N.º200, porque es este material el que actúa como ligante. [23]

Un material, de acuerdo con el contenido de humedad que tenga, pasa por tres estados definidos: líquidos, plásticos y secos. Cuando el agregado tiene determinado contenido de humedad en la cual se encuentra húmedo de modo que no puede ser moldeable, se dice que está en estado semilíquido. Conforme se le va quitando agua, llega un momento en el que el suelo, sin dejar de estar húmedo, comienza a adquirir una consistencia que permite moldearlo o hacerlo trabajable, entonces se dice que está en estado plástico. [23]

Al seguir quitando agua, llega un momento en el que el material pierde su trabajabilidad y se cuartea al tratar de moldearlo, entonces se dice que está en estado semiseco. El contenido de humedad en el cual el agregado pasa del estado semilíquido al plástico es el Límite Líquido y el contenido de humedad que pasa del estado plástico al semiseco es el Límite Plástico. [23]

Manual de Ensayo de Materiales. Clasificación de suelos por el método SUCS y por el método AASHTO. 2016. Perú: Ministerio de Transportes y Comunicaciones.

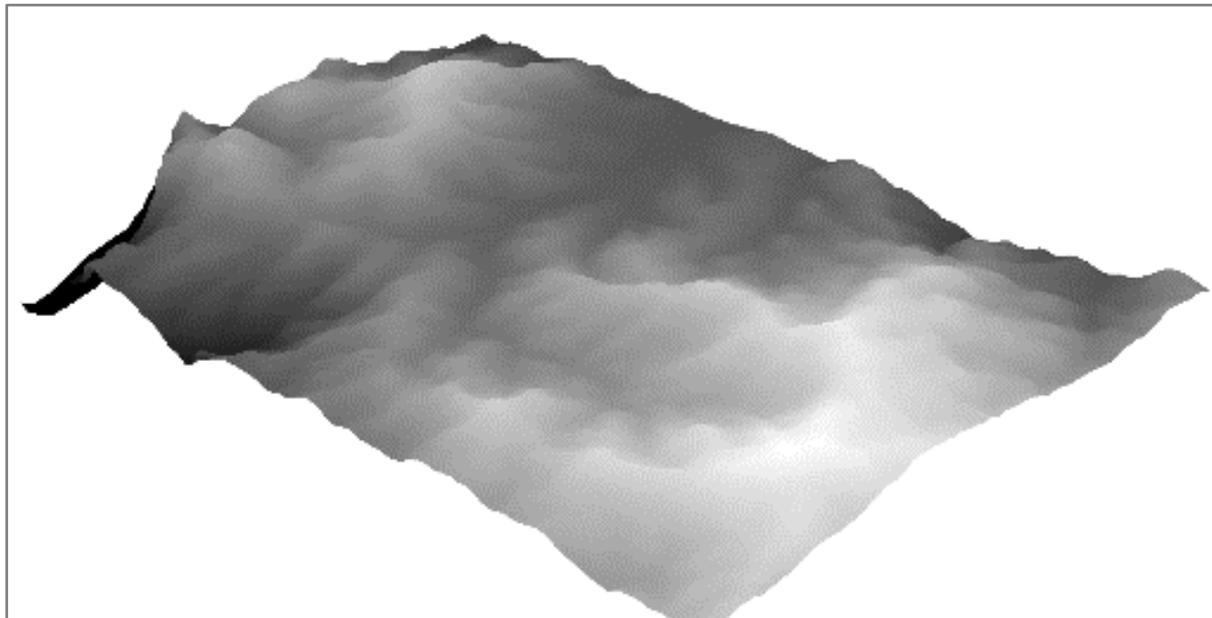
Los diferentes tipos de suelos se definen por el tamaño de las partículas. Son frecuentemente encontrados en combinación con dos o más tipos de suelos diferentes, como, por ejemplo: arenas, gravas, limo, arcillas y limo arcilloso, etc. La determinación del rango de tamaño de las partículas (gradación) se determina según la estabilidad del tipo de ensayos para la determinación de los límites de consistencia. Uno de los más usuales sistemas de clasificación de suelos es el Sistema Unificado de Clasificación de Suelos (SUCS), el cual clasifica al suelo en 15 grupos identificados por nombre y simbólicos. [23]

Consideraciones Topográficas, Morfológicas y Digitales del Terreno

Modelo Digital de Elevación – DEM

Los modelos digitales de elevación, según [28] son la representación visual de los niveles de altura con respecto al nivel del mar de un área determinada, útil para la caracterización geomorfológica de una microcuenca ya que se puede agenciar de grandes extensiones hasta una resolución de 4.777m. En el Perú, el Instituto Geológico, Minero y Metalúrgico, brinda de forma gratuita estos modelos tipo ráster de una precisión de 30m.

Fig.4: Modelo Digital de Elevación (DEM)



Modelo Digital de Elevación DTM

El DTM es un modelo mejorado de un DEM ya que este se realiza con el levantamiento ya sea por dron o con equipo topográfico para dar un mejor detalle de la superficie al ráster de la zona de estudio. Para un modelamiento hidralico de un cauce, es recomendable agenciarse de uno

DTM ya que nos brinda una mejor perspectiva ya sea del mismo relieve del cauce, así como también, de la llanura de inundación y las estructuras aledañas a esta. Al generar un DTM, [6] dice que son el conjunto de datos numéricos los cuales describen a mayor detalle la disposición espacial de terreno.

Fig. 5: Modelo Digital de Terreno (DTM)



Batimetría del cauce

Parte del levantamiento topográfico que se puede realizar en el lecho y zonas aledañas, es requerido hacer un levantamiento batimétrico; puesto que, dicho levantamiento dará exactamente es el relieve de la superficie cubierta por agua, ya sea en el fondo del cauce o en los taludes o paredes. Del mismo modo, como un levantamiento topográfico convencional se obtienen coordenadas para las abscisas como las ordenadas y una determinada elevación. Es pertinente resaltar que las secciones transversales en un cauce son irregulares y cambiantes por lo que es necesario realiza este tipo de levantamiento.

Obras de Protección Ribereña

Son las diversas medidas tomadas para evitar los problemas generados por la energía erosiva del agua.

Medidas Agronómicas

Entre las medidas agronómicas se tiene a las defensas vivas

a) “Defensas Vivas – Naturales: Estas son las mejores defensas contra la inundación y la erosión del río, y viene a ser el conjunto de variedades de árboles y arbustos de buena

densidad, que existe en ambos márgenes del lecho de río, manteniendo espesores de 30 – 40m, que es la garantía de su protección.” [22]

b) “Defensas Vivas – Forestales: Está basado en la plantación de arbustos y árboles de raíces profundas, la cual se realiza una vez determinada la sección estable del río. Su densidad debe ser en función a las características de las especies.” [22]

Medidas Estructurales

“Las medidas de protección frente a inundaciones se pueden clasificar normalmente en medidas estructurales y no estructurales. Las estructurales son construcciones de obras hidráulicas para el control del flujo de agua que puede discurrir por un determinado cauce y las no estructurales ameritan la intervención del entorno o ecosistema” [24]

Permanentes: Son aquellas estructuras que se construyen en base a concreto armado, ciclópeo, rocas y gaviones. Su diseño y ejecución requieren conocimientos y experiencia especializada. Se emplean para prevenir y controlar la erosión hídrica de parcelas de cultivo aledañas a la rivera de un cauce. [22]

- **Diques Enrocados:** Son estructuras conformadas en base a material de río dispuesto en forma trapezoidal y revestido con roca pesada en su cara húmeda; pueden ser continuos o tramos priorizados donde se presentan flujos de agua que actúan con gran poder erosivo.
- **Enrocado con Roca al Volteo:** Son los revestidos con roca pesada al volteo o colocado en forma directa por los volquetes, puede ser en forma parcial, sólo la cara húmeda o en forma total, uña y cara húmeda. El volumen de roca empleado es mayor y su talud de acabado no es muy estable. [22]
- **Estructuras de Concreto:** Estas obras son construidas en base a concreto y sirven para la protección de la acción erosiva del río, destacándose los siguientes: Muros de Concreto ciclópeo, Muros de Concreto Armado, Dados, Losas, Colchones y Gaviones.

Temporales: Son aquellas estructuras cuyo costo son menores y su construcción no requiere mayormente de conocimientos técnicos especializados. Dentro de este tipo de estructuras tenemos:

- **Espigones:** Dentro de las obras de carácter temporal son las que demuestran mayor eficiencia de trabajo de control. En si vienen a ser acumulaciones de material de río dispuestos en forma trapezoidal, revestidos con roca pesada. [22]

- Rayados o Terraplenes: Consiste en la acumulación de materiales de río mediante maquinaria pesada, por lo general tractores de oruga; esta acumulación se hace con el objeto de desviar el flujo y proteger terrenos de cultivo. [22]
- Limpieza de Cauce: Consiste en la limpieza y uniformización del cauce del río mediante el empleo de maquinaria pesada para obtener así una sección estable, tratando de recuperar la pendiente de equilibrio del río en el tramo crítico. [22]

III. MATERIALES Y MÉTODOS

DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN

Tipo y nivel de investigación

El proyecto titulado Estudio de inundabilidad de la quebrada El Pueblo en el distrito de Santa Cruz de Succhabamba, provincia de Santa Cruz, Cajamarca 2021, desarrolló los siguientes tipos de investigación:

- En línea al diseño de investigación es Descriptiva - Cuantitativa, porque para solucionar la situación problemática, se conoció las propiedades y características actuales en la zona a evaluar con visitas a campo y recolección de datos.
- Acorde al fin que se persigue es aplicativa a nivel de prefactibilidad, porque se elaboró una recopilación de datos e información relacionada al tema y posteriormente se procedió a hacer la simulación hidráulica para así generar un mapa de peligrosidad y realizar propuestas de solución estructural y no estructural cumpliendo con los objetivos trazados en el proyecto.

Población y muestra

La población de estudio es el distrito de Santa Cruz de Succhabamba.

La muestra de estudio son 5.91 Km de la quebrada El Pueblo.

Variables

Para la presente investigación se plantearon una variable independiente y una dependiente, tratando de ajustar las características que engloban el tema.

Variable Independiente

- **Caudal de máximas avenidas**

Variable Dependiente

- **Inundación**

Con lo correspondiente a la operacionalización de las variables, en el estudio que se va a realizar se podrá ver las causas del porque se inunda determinadas zonas del distrito; así como, el caudal de máximas avenidas está dentro de este estudio, además se podrá ver a quien le hace daño la inundabilidad que sería al distrito con la propuesta de generar mapas de zonas inundables y estimar el riesgo en las distintas zonas de estudio.

Operacionalización de las variables

Variables	Dimensiones		Indicador	Instrumentos	Índice
Variable Independiente Caudal de máximas avenidas	Estudios Preliminares	Hidrológico	Delimitación de Microcuenca	ArcGis	km ²
			Precipitación	SENAMHI	mm
			Tiempo de Retorno	MTC	años
		Topográfico	Perfil longitudinal	Estación Total	m.s.n.m.
			Sección transversal	Estación Total	m
			Modelo Topográfico Digital	Estación - AutoCad Civil 3D	m x m
		DEM	Modelo Digital de Elevación	EOS - Landviewer	Glb
		Mecánica de Suelos	Granulometría	Mallas - Tamices	%
			Límites de consistencia	Copa de casa grande, horno, balanza	%
			Clasificación SUCS	Cuadros y Gráficas	Símbolos
		Hidráulico	Porcentaje de Humedad	Tara, Horno	%
			Caudale	Campo - Huellas Máximas	m ³ /s
	Modelamientos	Criterio	Análisis y Comp.		
Variable Dependiente Inundabilidad	Evaluación	Riesgo	Nivel de riesgo	Guía (INDECI)	Glb
		Peligro	Intensidad, frecuencia y el nivel de susceptibilidad	Guía (INDECI)	Glb
		Vulnerabilidad	Exposición, fragilidad y resiliencia	Guía (INDECI)	Glb
		Áreas Inundadas	Ubicación de tramos críticos	Mapas	Gb
	Propuesta de Solución	Estructural	Guía y libros	Glb	
		No Estructural	Guía y libros	Glb	

Fuente: Propia

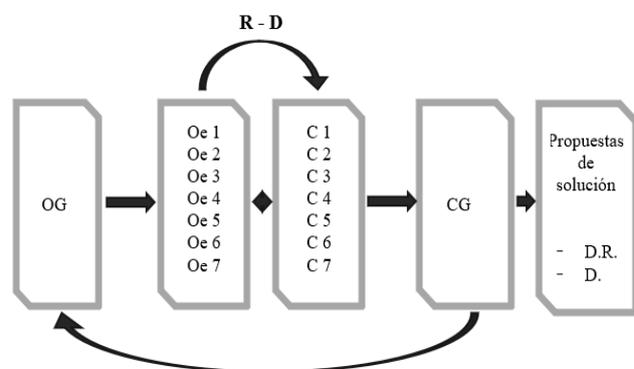
Matriz de consistencia

TITULO	PROBLEMA	OBJETIVOS	VARIABLES	INDICADORES	METODOLOGÍA	POBLACIÓN
Estudio de inundabilidad de la quebrada El Pueblo en el distrito de Santa Cruz de Succhabamba, provincia Santa Cruz, Cajamarca 2021	¿De qué manera el estudio de inundabilidad de la quebrada El Pueblo solucionará las inundaciones en el distrito de Santa Cruz de Succhabamba?	Objetivo General Elaborar el estudio de inundabilidad de la quebrada El Pueblo en el distrito de Santa Cruz de Succhabamba Objetivos Especificos Estudio Topográfico Estudio Mecánica de Suelos Estudio Hidrológico Estudio Hidráulico y Simulación con Software Elaborar mapas de peligrosidad Diseño de defensas Ribereñas Evaluar económicamente el proyecto	Variable Independiente Caudal máximas avenidas Variable Dependiente Inundación	Topografía Superficie de la cuenca del cauce Perímetro de la cuenca Factor de Forma Índice de Gravelius Pendiente media de la cuenca del cauce Orden de corriente Duración de Precipitación Intensidad Máxima de Precipitación Frecuencia de precipitación Periodo de retorno(curva IDF) Análisis del Hidrograma Mapas de peligrosidad	Tipo de Investigación Descriptiva Cuantitativa Diseño de la investigación A nivel de Prefactibilidad	La quebrada El Pueblo está ubicada en las coordenadas, inicio 728524.87 E 9264048.56 N; efluente en 726854.89 E 9269344.82 N

Fuente: Propia

Esquema

Esquema de la metodología de la investigación



Donde:

- OG: Elaborar el estudio de inundabilidad de la quebrada El Pueblo
- Oe1: Estudio Topográfico
- Oe2: Estudio de Mecánica de Suelos
- Oe3: Estudio Hidrológico
- Oe4: Estudio Hidráulico y Simulación con Software
- Oe5: Elaborar mapas de peligrosidad
- Oe6: Propuesta de defensa ribereña
- Oe7: Viabilidad económica del proyecto
- C: Conclusiones para cada objetivo específico
- CG: Conclusión General

Fuente: Propia

Técnicas e Instrumentos de Recolección de Datos

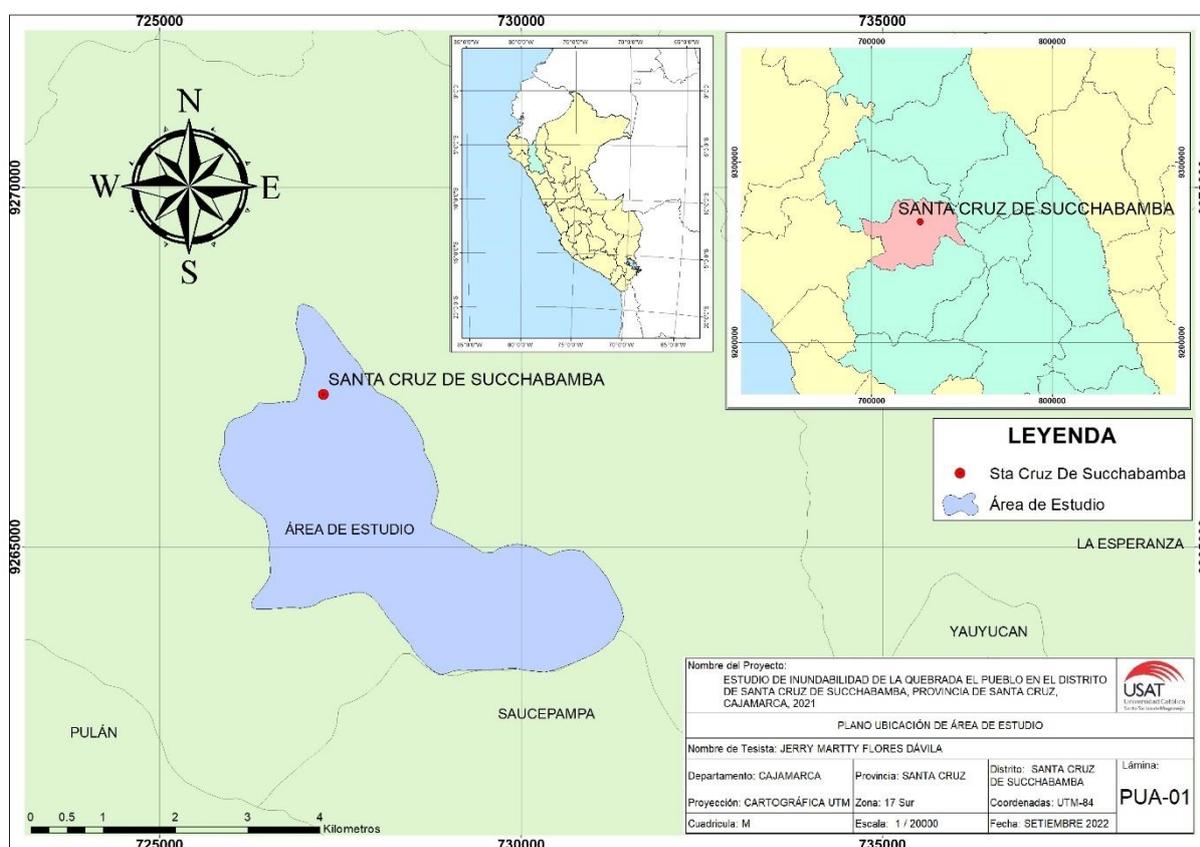
Para la determinación de los parámetros geomorfológicos de la microcuenca

Ubicación Geográfica

Inicialmente se determinó la zonificación del área de estudio, mediante la metodología SIG se pudo determinar la ubicación y georreferenciación del área de estudio.

El distrito de Santa Cruz de Succhabamba se encuentra en la provincia del mismo nombre, en el departamento de Cajamarca. Limita al sur con los distritos de Saucepampa, Pulán y Catache. Al norte con Chancay Baños, al este con La Esperanza y Yauyucán, y al oeste con Sexi. Cuenta con una extensión territorial de 102.51km² y una altitud promedio de 2035 m.s.n.m.

Fig. 6: Ubicación de Área de Estudio



Fuente: Propia

Georreferenciación y delimitación de la microcuenca

Se agenció en de la obtención del Modelo Digital de Elevación de Land Viewer y su plataforma virtual EOS Data Analytics. El área que se asignó a la plataforma mediante un archivo .kml dio cuadrantes los cuales se seleccionaron para su posterior descarga.

Para la delimitación de la microcuenca y todo el análisis hidrológico de esta, se realizará en el software ArcGis y sus múltiples herramientas de análisis en este caso hidrológicas.

Para la obtención de la batimetría de la quebrada y la topográfica de zonas adyacentes

Se realizará el levantamiento topográfico con estación total, aplicando el método tradicional y el de poligonal electrónica con lo cual se puede hacer el recorrido a lo largo del cauce.

Para la obtención de la granulometría, límites y clasificación del suelo, se llevará a cabo la extracción de 30 kg de suelo para la realización de los distintos estudios. Este material será producto de la excavación de una calicata de 1.5m de profundidad y de 1m² de área. La excavación debido a la inaccesibilidad de la zona se realizará con el apoyo de 2 peones, de igual manera para el acarreo del material sustraído hacia la zona de acceso vehicular para el posterior transporte hacia el laboratorio.

Para la obtención de precipitaciones

Primero, se solicita de antemano la ubicación y el tipo de la estación. Ya sean pluviométricas o hidrométricas; posteriormente, se procede a la obtención de los registros de precipitación en este caso. Estos datos los fiscaliza y gestiona el Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú (SENAMHI).

Luego esa data se le aplica ciertas bondades estadísticas con el test de Smirnov – Kolmogorov para ver a cuál más se ajusta para poder usar en los cálculos hidrológicos e hidráulicos. Seguidamente se le aplica la metodología de Dick y Peschke para obtener las curvas Intensidad - Duración - Frecuencia a distintos tiempos de retorno, 2, 5, 10, 25, 50, 100, 200 y 500 años.

Para la generación del DTM del cauce

Para la generación del terrain que tiene una precisión de 1m, se evaluará en el programa Civil 3D, en este programa también se importarán los puntos obtenidos del levantamiento topográfico para generar la superficie correspondiente y luego exportar el DEM en formato .tif. En este caso el terrain se generará luego de haber evaluado la triangulación de la superficie ya que el programa no detecta algunas consideraciones obtenidas en campo.

Para la obtención del caudal de diseño

Tal fin se realizará por el método directo de dependiente sección, por lo que se evaluará un tramo definido de 40m aproximadamente, dónde se evaluará las huellas máximas de agua luego de una máxima crecida. Todo ello se realizará en campo y en una zona donde no se ha desbordado por lo general.

Modelamiento hidráulico

Para el modelamiento hidráulico se implementará la generación de secciones transversales en el alineamiento del eje de la quebrada en Civil 3D, luego al exportarlas al software Hec-Ras se va a generar un archivo .geo, el cual se va a importar en el subprograma del Hec-Ras denominado geometric. La simulación hidráulica también cargará el terrain generado en Civil 3D, el cual servirá para una mejor visualización del análisis hidráulico del cauce.

Instrumentos necesarios para el procesamiento de datos

Los instrumentos que se utilizaron para la realización de cada uno de los procesos de la investigación fueron, tanto equipos tecnológicos y digitales como programas de cómputo. Estos fueron:

Equipos Topográficos

- ✓ Prisma
- ✓ Estación total Leica TS06
- ✓ Trípode
- ✓ Wincha
- ✓ GPS Garmin 62SC
- ✓ Cámara fotográfica
- ✓ Libreta topográfica

Equipos de Laboratorio de Mecánica de Suelos

- ✓ Tamices
- ✓ Depósitos
- ✓ Horno electrónico
- ✓ Balanza electrónica
- ✓ Copa de Casagrand

Software y programas de cómputo

- ✓ AutoCAD 2020
- ✓ AutoCAD Civil 3D 2020
- ✓ Microsoft Office: Excel, Power Point y Project 2016
- ✓ HEC-RAS 6.0
- ✓ ArcGis 10.5, ArcScene 10.5

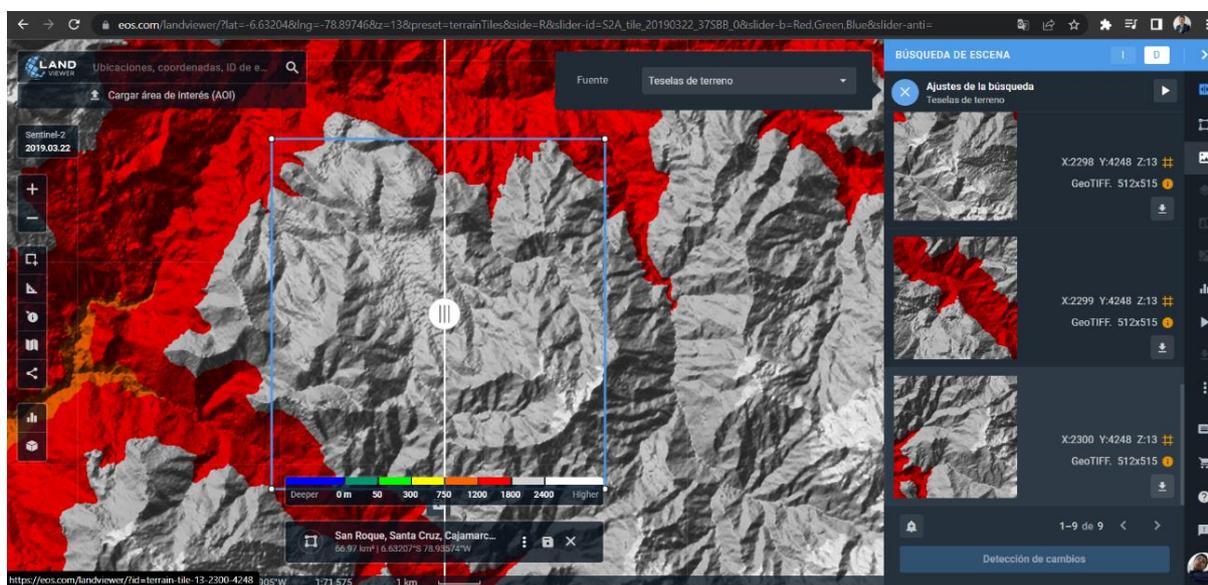
Procesamiento y análisis de datos

Delimitación de la Microcuenca

Para la elaboración del estudio hidrológico de la microcuenca de la quebrada El Pueblo, se agenció del software ArcGis sacando provecho del Sistema de Información Geográfica (GIS) que maneja y mediante sus herramientas ArcToolsBox con la subherramienta Hydrology.

Debido a que para delimitar la unidad hidrográfica es imprescindible conocer la topografía de la zona, se inclinó por obtener un DEM (Modelo Digital de Elevación) de toda el área de estudio o que abarque una extensión superior a esta. Para ello se agenció de Modelos Digitales de Elevación del sitio web norteamericano Land Viewer - EOS Data Analytics con cuadros de 4.777m x 4.777m de resolución. Este sitio trabaja con el satélite Landsat 8 OLI.

Fig. 7: Descarga de DEM a 4.777 m de precisión

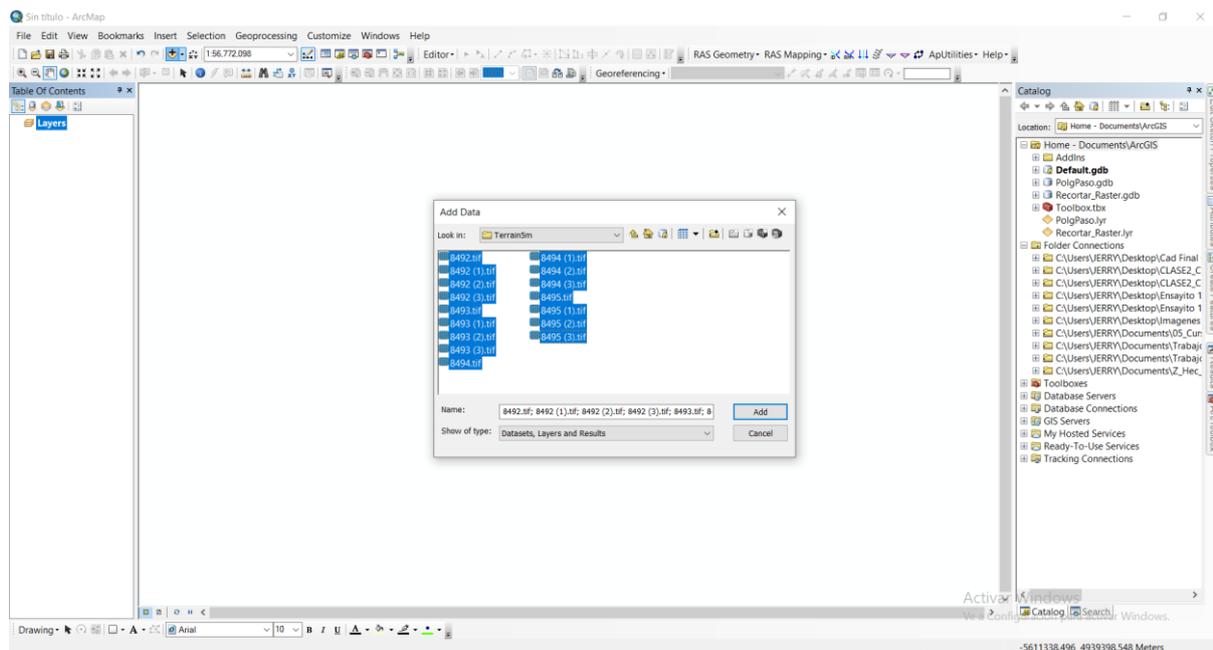


Fuente: Propia

La zona delimitada nos da un total de 16 archivos tipo ráster (tif), los cuales posteriormente se les hará un mosaico para obtener el DEM completo del área de estudio. Cabe resaltar que dichos archivos se descargan con las respectivas coordenadas en el sistema y zona correspondiente; es decir, georreferenciadas en este caso en WGS 1984 UTM Zone 17S.

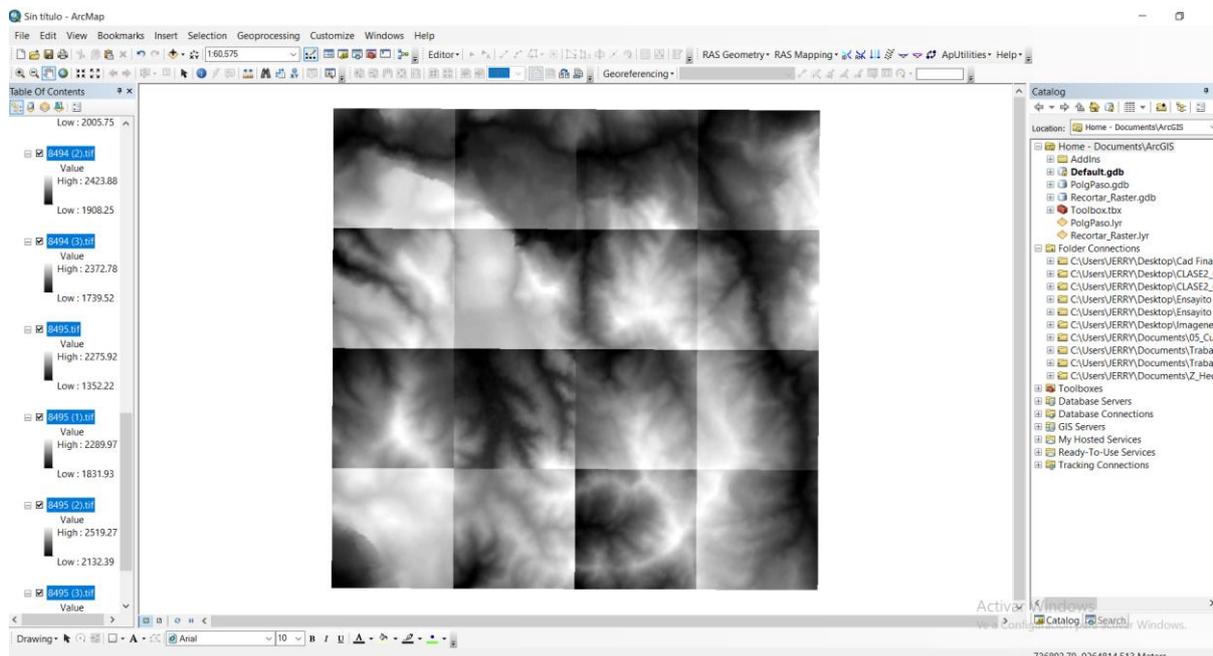
En el ArcMap primero se georreferencia el layout donde se va a trabajar y luego se cargan los archivos (.tif)

Fig. 8: Importación a ArcGIS de archivos descargados TIF



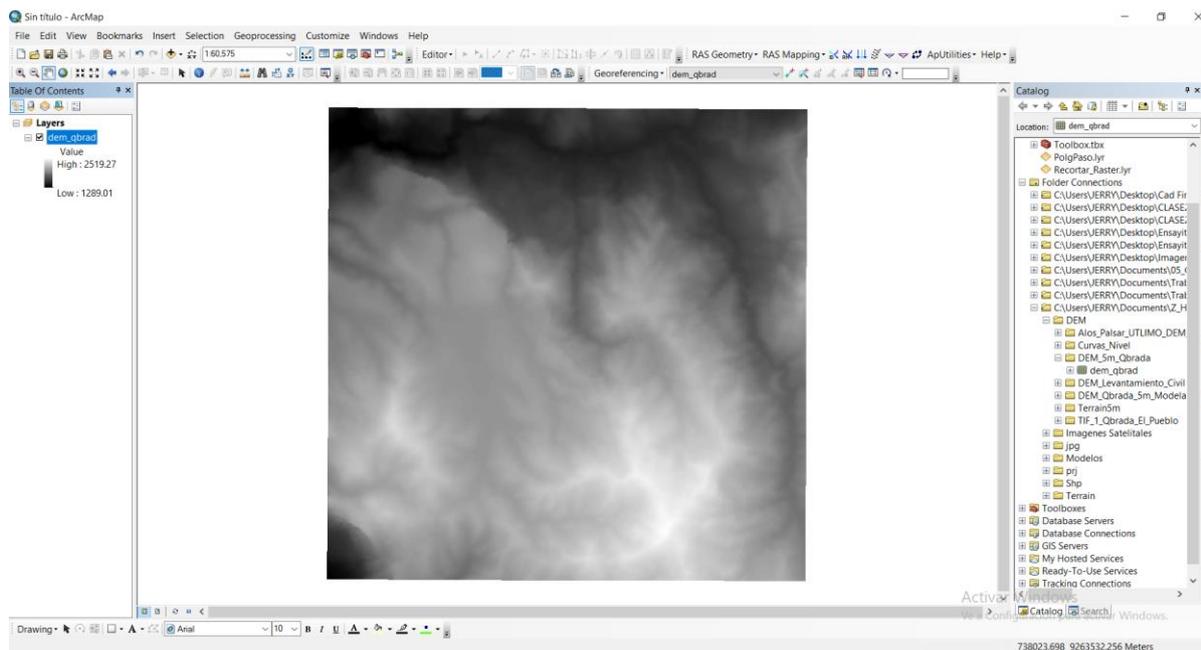
Fuente: Propia

Fig. 9: Archivos ráster de la zona de estudio



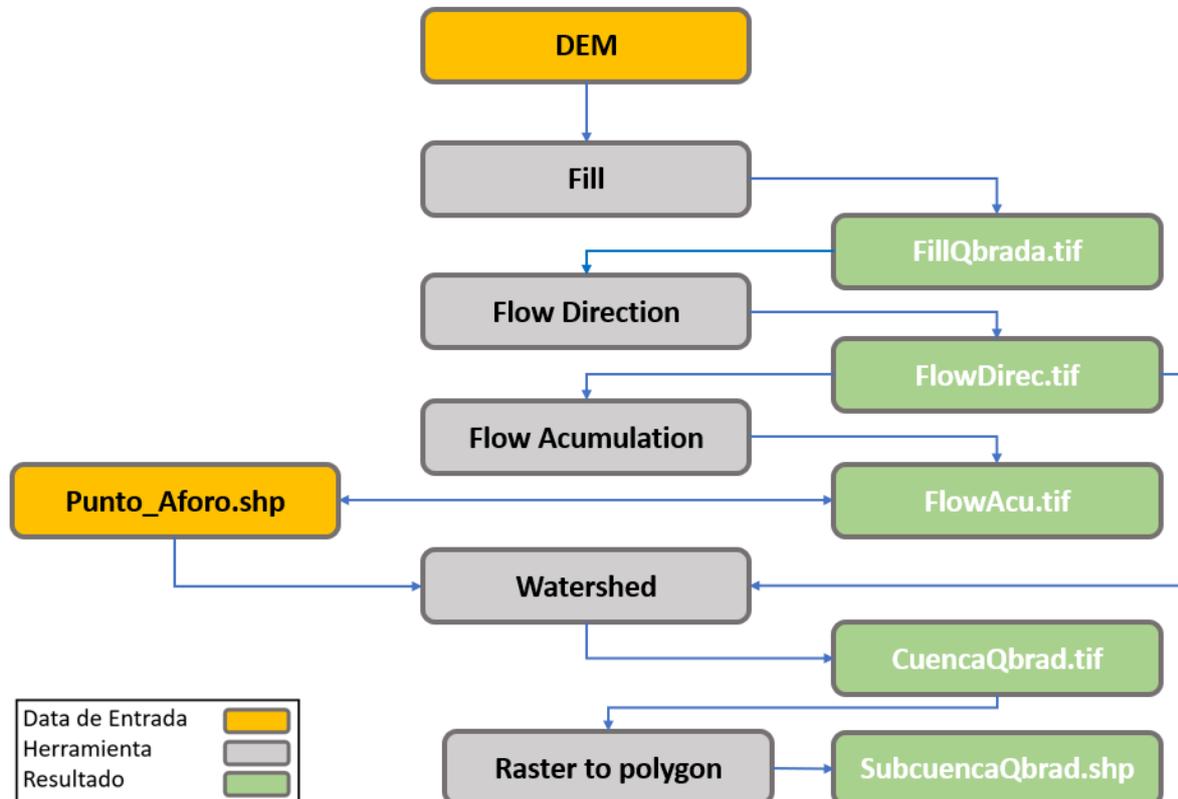
Después de haber cargado los 16 archivos ráster al ArcGIS se hizo uso de la herramienta Data Management Tools, Raster, Raster Dataset y Mosaic To New Raster. De igual manera se cargan todos los archivos para con ellos hacer un mosaico de toda el área descargada. Con este último es con el que se va a trabajar para la delimitación de la microcuenca.

Fig. 10: Mosaico unido de todos los archivos ráster (DEM)



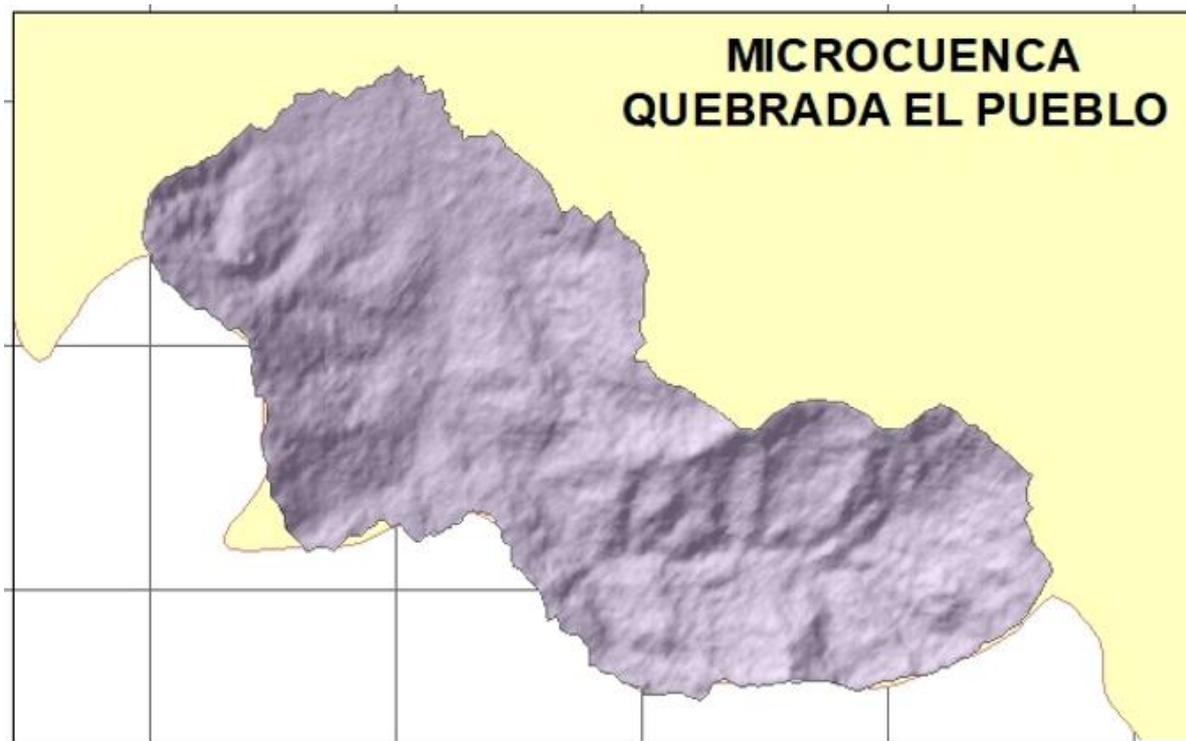
Para el proceso de hidrología y delimitación de la cuenca se realizó un esquema de los pasos a seguir para tal fin:

Fig. 11: Esquema para delimitar una cuenca en ArcGIS



Fuente: Propia

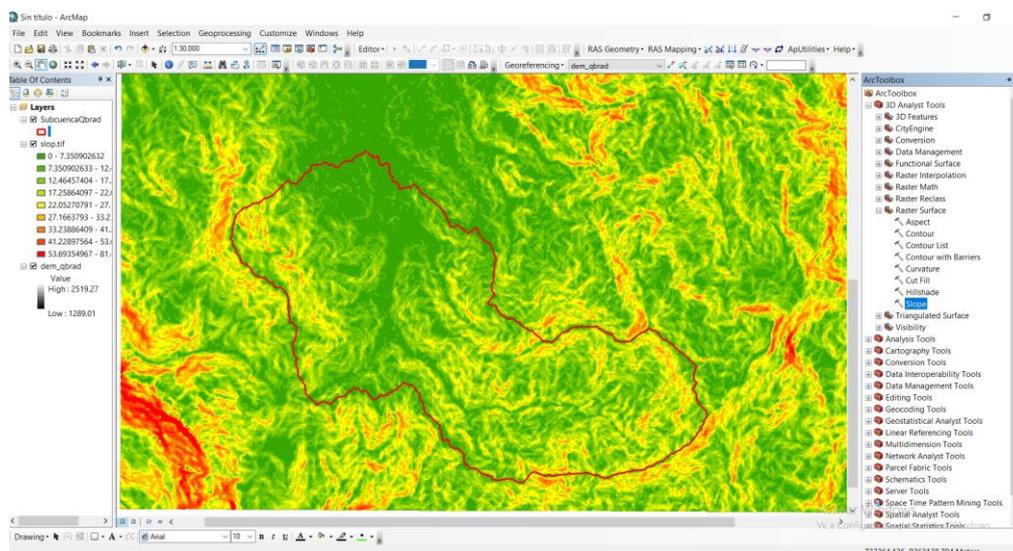
Fig. 12: Delimitación de la Microcuenca de la Quebrada EL PUEBLO



Fuente: Propia

La evaluación de pendientes de la cuenca se realizó estipulando 5 rangos, los cuales van de 0 – 5%, de 5-10%, de 10-20%, de 20-30% y mayores a 30%. Con el software ArGIS, se puede determinar dicho proceso, teniendo ya delimitada la cuenca y los distintos archivos .tif generados se puede realizar el proceso. Primero en ArcToolBox se procede a cargar el DEM que contenga a la microcuenca, seguidamente la herramienta de ArcToolBox dirigiéndose a los subcomandos 3DAnalyst Tools, luego Ráster Surface y Slope.

Fig. 13: Slope de la zona estudio en ArcGIS

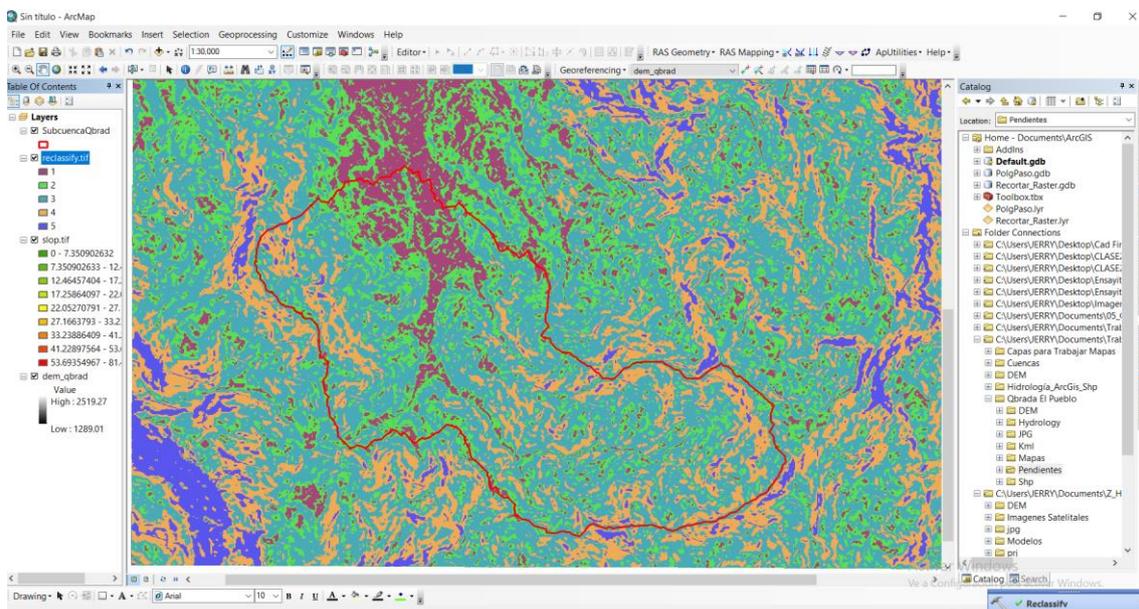


Lo cual la herramienta genera las pendientes por defecto o las que está captando el programa del ráster.

Luego se procede a hacer una reclasificación, pero señalando que solo se va a tomar los cinco rangos que se estipuló para la evaluación. Con ello solo se tiene los colores de las pendientes señaladas y eliminando las que no están en los rangos.

Entonces se procede a hacer la reclasificación con el subprograma Reclassify, el cual se encuentra en ArcToolBox, subcomando Raster Reclass y Reclassify.

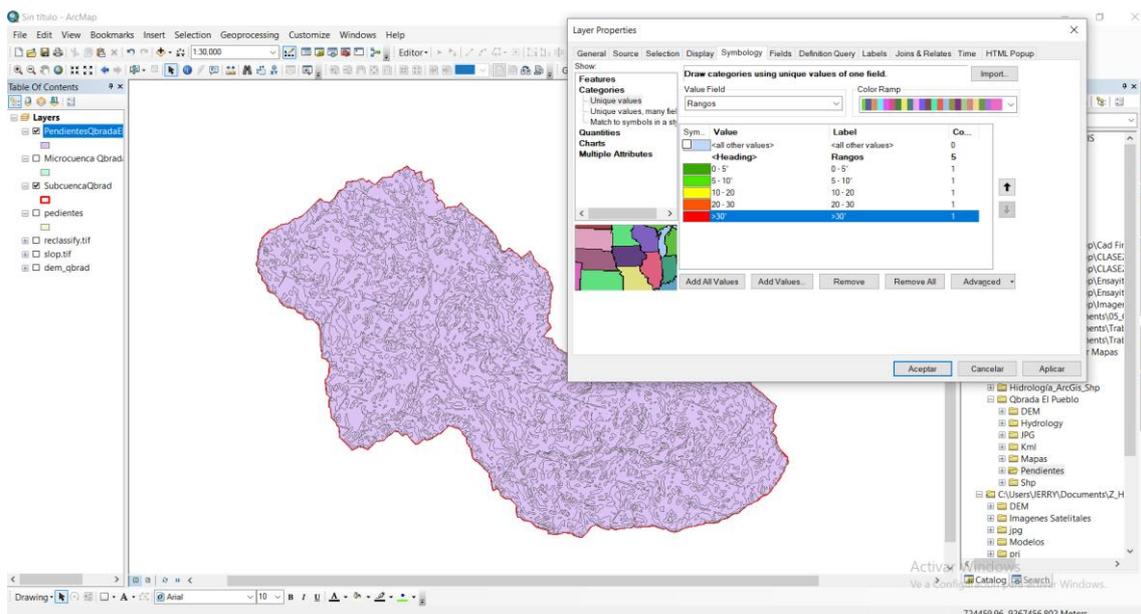
Fig. 14: Reclasificación de las pendientes de la zona de estudio



Fuente: Propia

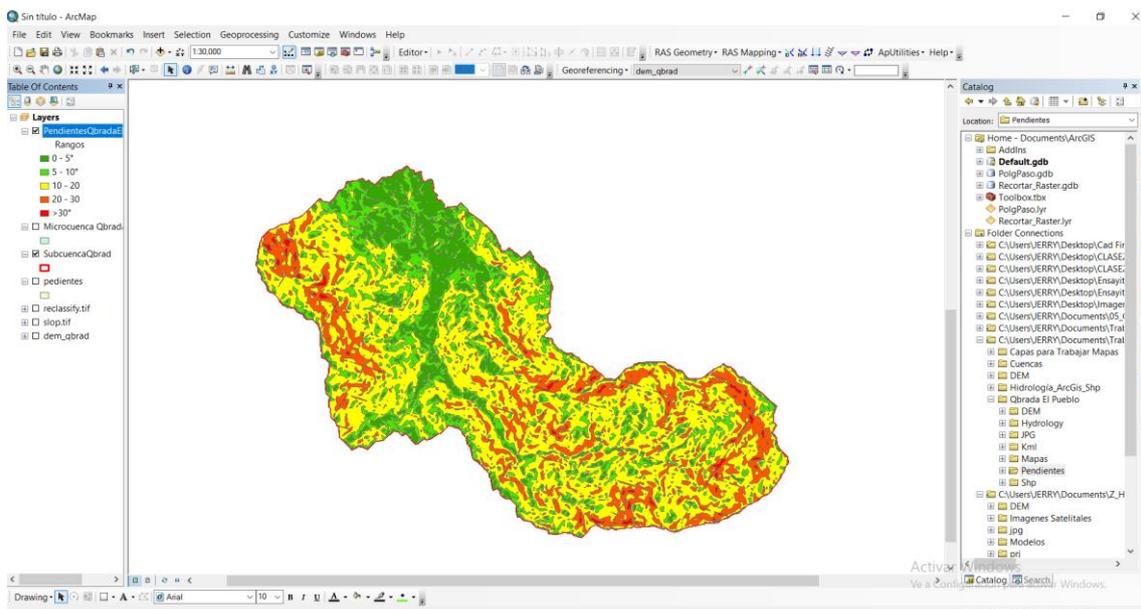
Entonces con la reclasificación solo se tuvo pendientes de los 5 rangos antes ya mencionados. Posteriormente se procedió a ejecutar la herramienta Dissolve, para que solo trabaje el contorno de la microcuenca de estudio y la discretice para un mejor análisis.

Fig. 15: Disolve de la microcuenca en ArcGIS



Fuente: Propia

Fig. 16: Pendientes según rangos de la microcuenca

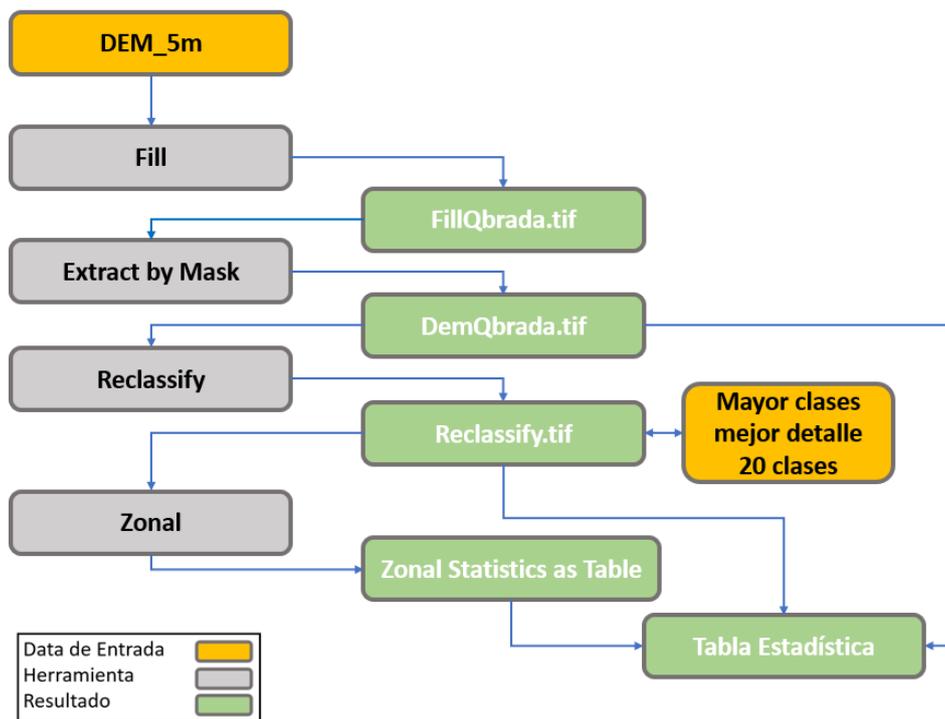


Fuente: Propia

Finalmente se obtiene ya reclasificado y con los colores pertinentes, las pendientes que existen en la microcuenca de la quebrada El Pueblo.

Para evaluar la curva hipsométrica de la microcuenca se procesó también en el software ArcGis; entonces, para una mejor conceptualización del proceso y que no se haga monótono, se realizó un diagrama para dicho objetivo.

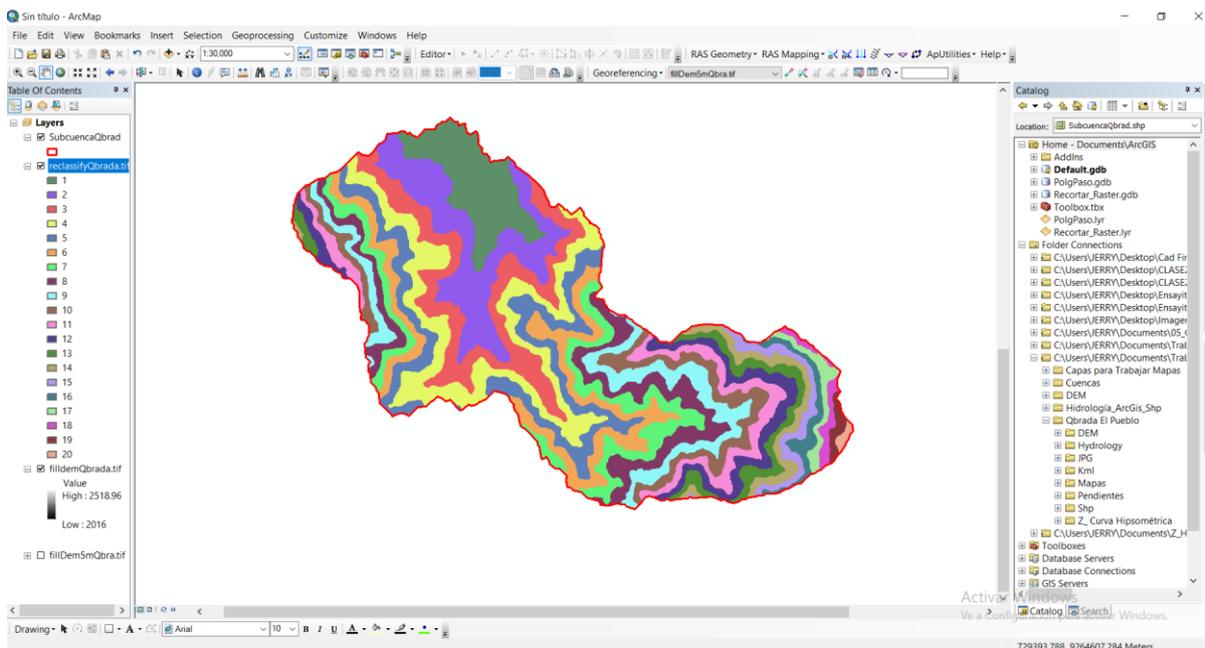
Fig. 17: Diagrama de para el análisis hipsométrico



Fuente: Propia

Una muestra de cómo se generó el archivo evaluado en 20 clases en el software ArcGis, mediante la herramienta Reclassify

Fig. 18: Reclasificación en 20 sectores para el análisis hipsométrico



Fuente: Propia

Análisis de precipitaciones

Para el análisis de precipitaciones se obtuvo la data correspondiente de la estación climática convencional, con código 000351, coordenadas Longitud: -78.9475 y Latitud: -6.6331, ubicada en el distrito de Santa Cruz de Succhabamba, perteneciente al SENAMHI y la Autoridad Nacional del Agua (ANA): Chancay Lambayeque, Cuenca Chancay Lambayeque, subcuenca Alto Chancay Lambayeque. Dichos datos se obtuvo los máximos en 24hrs.

Fig. 19: Precipitaciones máximas en 24 horas. Estación Santa Cruz

Año	PP máx
1990	24.9
1991	48.0
1992	23.2
1993	30.0
1994	21.0
1995	35.0
1996	23.0
1997	40.8
1998	48.6
1999	68.2
2000	36.6
2001	32.5
2002	28.2
2003	33.2
2004	40.5
2005	25.1
2006	34.8
2007	33.1
2008	36.4
2009	40.0
2010	19.8
2011	33.3
2012	45.0
2013	23.6
2014	27.5
2015	25.6

Fuente: ANA / SENAMHI

Fig. 20: Ubicación de la estación meteorológica 000351



Fuente: Google Earth

La data se evaluó con la prueba de bondad de Smirnov – Kolmogorov de dos maneras, la primera mediante tablas de Excel y la segunda se evaluó a través del programa Hydrognomon. Así como también el software Hydrognomon muestra la manera gráfica de ver cuál es la prueba de bondad que mejor se ajusta a la data analizada.

Las pruebas de bondad que se analizaron fueron: Normal, LogNormal, Pearson III, Log Pearson III, Gumbel y LogGumbel III. Se creó una tabla que contenga todas las pruebas realizadas, asimismo para este análisis se procedió a ordenar de menor a mayor todas las precipitaciones antes ya obtenidas. Para el análisis, primero se obtuvo la media, luego la desviación estándar, el coeficiente de asimetría, el número de años de registro, el nivel de significancia $\alpha=5\%$ y el Δ crítico que es el Δ tabular de la muestra, en este caso de las precipitaciones. Seguidamente para cada prueba se calculó $F(X_m)$ y la comparación con Weibull ($F_o(X_m)$) en valor absoluto $|F_o(X_m)-F(X_m)|$; así sucesivamente para todas la pruebas, solo cambia en el que $Y=LnX$, ya que son las que se va a trabajar con la media, desviación y coeficiente de asimetría pero logarítmica.

Fig. 21: Prueba de bondad de Smirnov - Kolmogorov

m	P _o (X (mm))	F(X)=m/n-1	Z-X-Xm/S	F(Xm) Normal	F _o (Xm)-F(Xm) Normal	Y=LnX	F(Xm) LogNormal	F _o (Xm)-F(Xm) LogNormal	(x-Xo)	F(Xm) Pearson III	F _o (Xm)-F(Xm) Pearson III	Ln(x)-Xo	F(Xm) LogPearson III	F _o (Xm)-F(Xm) LogPearson III	F(Xm) Gumbel	F _o (Xm)-F(Xm) Gumbel	F(Xm) LogGumbel III	F _o (Xm)-F(Xm) LogGumbel III	
1	19.8	0.0370	-1.3004	0.0967	0.0597	2.9857	0.0481	0.0111	1.8950	0.0187	0.0183	0.8492	0.0322	0.0048	0.0510	0.0139	0.0087	0.0283	
2	21.0	0.0741	-1.1887	0.1173	0.0432	3.0045	0.0716	0.0025	3.0950	0.0490	0.0251	0.9080	0.0566	0.0175	0.0758	0.0018	0.0255	0.0486	
3	23.0	0.1111	-1.0024	0.1581	0.0470	3.1355	0.1240	0.0129	5.0950	0.1213	0.0101	0.9990	0.1159	0.0048	0.1312	0.0201	0.0845	0.0266	
4	23.2	0.1481	-0.9838	0.1626	0.0145	3.1442	0.1301	0.0180	5.2950	0.1296	0.0186	1.0077	0.1230	0.0251	0.1376	0.0105	0.0926	0.0555	
5	23.6	0.1852	-0.9466	0.1719	0.0133	3.1612	0.1428	0.0424	5.6950	0.1466	0.0386	1.0248	0.1378	0.0474	0.1510	0.0342	0.1098	0.0754	
6	24.9	0.2222	-0.8283	0.2038	0.0185	3.2137	0.1867	0.0355	6.9650	0.2034	0.0188	1.0772	0.1891	0.0331	0.1970	0.0252	0.1723	0.0489	
7	25.1	0.2593	-0.8069	0.2099	0.0490	3.2229	0.1952	0.0640	7.1950	0.2140	0.0452	1.0864	0.1990	0.0602	0.2059	0.0534	0.1846	0.0746	
7	25.6	0.2963	-0.7603	0.2235	0.0728	3.2426	0.2142	0.0821	7.6950	0.2373	0.0590	1.1061	0.2210	0.0753	0.2256	0.0707	0.2122	0.0841	
9	27.5	0.3333	-0.5834	0.2798	0.0535	3.3142	0.2915	0.0418	9.5950	0.3266	0.0067	1.1777	0.3090	0.0243	0.3053	0.0281	0.3213	0.0120	
10	28.2	0.3704	-0.5182	0.3022	0.0682	3.3393	0.3214	0.0489	10.2950	0.3591	0.0112	1.2028	0.3422	0.0282	0.3358	0.0346	0.3614	0.0090	
11	30.0	0.4074	-0.3506	0.3630	0.0444	3.4012	0.3998	0.0076	12.0950	0.4401	0.0327	1.2647	0.4266	0.0192	0.4147	0.0073	0.4595	0.0521	
12	32.5	0.4444	-0.1177	0.4531	0.0087	3.4812	0.5071	0.0626	14.5950	0.5430	0.0986	1.3447	0.5363	0.0919	0.5205	0.0760	0.5776	0.1332	
13	33.1	0.4815	-0.0619	0.4753	0.0061	3.4995	0.5318	0.0503	15.1950	0.5658	0.0843	1.3630	0.5607	0.0792	0.5445	0.0630	0.6024	0.1209	
14	33.2	0.5185	-0.0525	0.4790	0.0395	3.5025	0.5359	0.0174	15.2950	0.5695	0.0510	1.3661	0.5647	0.0461	0.5485	0.0299	0.6684	0.0879	
15	33.3	0.5556	-0.0432	0.4828	0.0728	3.5056	0.5399	0.0156	15.3950	0.5732	0.0176	1.3691	0.5686	0.0131	0.5524	0.0032	0.6103	0.0548	
16	34.8	0.5926	0.0965	0.5384	0.0542	3.5496	0.5986	0.0060	16.8950	0.6259	0.0333	1.4131	0.6249	0.0323	0.6089	0.0163	0.6652	0.0726	
17	35.0	0.6296	0.1151	0.5458	0.0838	3.5553	0.6061	0.0235	17.0950	0.6325	0.0029	1.4189	0.6320	0.0024	0.6160	0.0136	0.6720	0.0423	
18	36.4	0.6667	0.2455	0.5969	0.0697	3.5946	0.6562	0.0104	18.4950	0.6765	0.0098	1.4581	0.6786	0.0120	0.6637	0.0029	0.7152	0.0485	
19	36.6	0.7037	0.2641	0.6041	0.0996	3.6000	0.6631	0.0406	18.6950	0.6824	0.0213	1.4636	0.6849	0.0188	0.6702	0.0335	0.7209	0.0172	
20	40.0	0.7407	0.5807	0.7193	0.0215	3.6889	0.7649	0.0242	22.0950	0.7703	0.0295	1.5524	0.7763	0.0355	0.7660	0.0252	0.8806	0.0599	
21	40.5	0.7778	0.6273	0.7348	0.0420	3.7013	0.7777	0.0001	22.9950	0.7813	0.0035	1.5648	0.7875	0.0097	0.7779	0.0001	0.8100	0.0323	
22	40.8	0.8148	0.6552	0.7438	0.0710	3.7087	0.7851	0.0298	22.8950	0.7876	0.0272	1.5722	0.7940	0.0209	0.7848	0.0300	0.8155	0.0006	
23	45.0	0.8519	1.0463	0.8523	0.0004	3.8067	0.8600	0.0172	27.0950	0.8611	0.0093	1.6702	0.8671	0.0153	0.8635	0.0117	0.8753	0.0234	
24	48.0	0.8889	1.3257	0.9075	0.0186	3.8712	0.9100	0.0211	30.0950	0.8986	0.0097	1.7347	0.9031	0.0142	0.9025	0.0136	0.9043	0.0154	
25	48.6	0.9259	1.3816	0.9165	0.0095	3.8836	0.9167	0.0093	30.6950	0.9049	0.0211	1.7471	0.9091	0.0169	0.9090	0.0170	0.9091	0.0168	
26	68.2	0.9630	3.2069	0.9993	0.0364	4.2224	0.9943	0.0314	50.2950	0.9895	0.0266	2.0860	0.9876	0.0246	0.9909	0.0279	0.9784	0.0155	
X	33.764					3.476			a	2.181		a	20.653		a	3.3724	a	0.2598	
S	0.7038					0.295			B	7.271		B	0.065		B	28.9321	B	3.3434	
Cv	1.354					0.440			No	17.985		No	2.136		No		No		
n	26								0.0821			0.0986			0.0919		0.0760		0.1332
a	0.05			Amáx	0.0996				Si se ajusta			Si se ajusta			Si se ajusta		Si se ajusta		Si se ajusta
Δ crítico	0.267			Δ Crítico-Amáx		5			2			4			3		1		6
				Mejor Ajuste															

Fuente: Propia

En la parte de $\Delta_{máx}$ es el delta teórico obtenido, el cual va a ser evaluado con el delta crítico el cual debe ser mayor para determinar que la prueba si se ajusta.

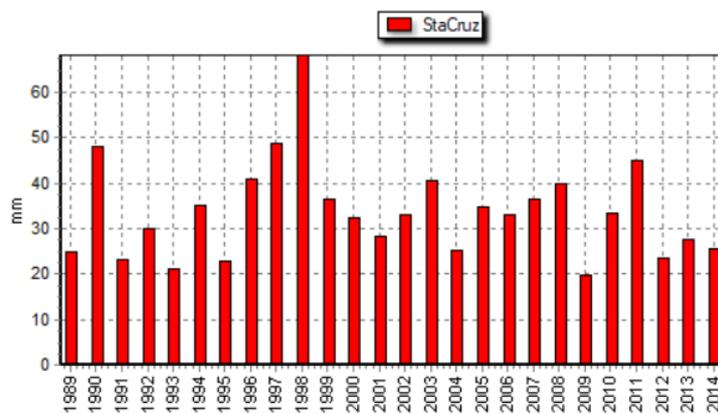
Finalmente, al evaluar todas las pruebas de bondad el que mejor se ajusta es el que más se acerca a cero, por ello para hacer dinámico el cuadro, se jerarquizó cada una de las pruebas para ver cuál es la que mejor se ajusta en el orden del 1 – 6.

En el programa Hydrognomon se importó la data de las PPMáx en 24hrs.

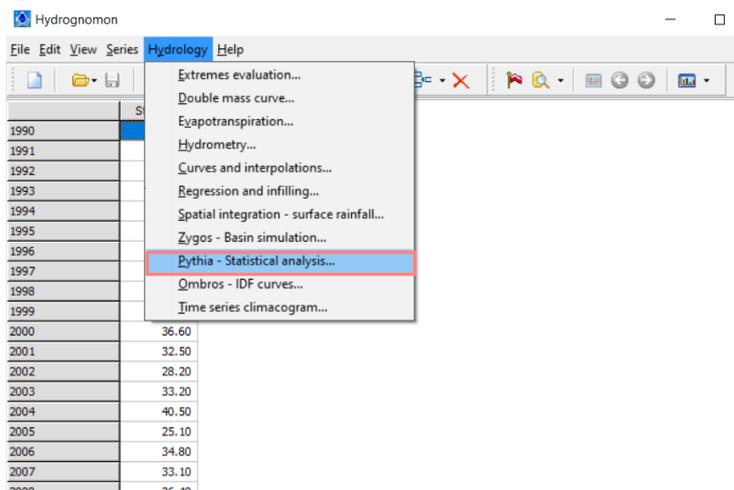
Year	Value
1989	24.50
1990	46.00
1991	23.20
1992	30.00
1993	21.00
1994	35.00
1995	23.00
1996	40.80
1997	49.00
1998	68.20
1999	36.60
2000	32.50
2001	28.20
2002	33.20
2003	40.50
2004	25.10
2005	34.80
2006	33.10
2007	36.40
2008	40.00
2009	19.80
2010	33.20
2011	45.00
2012	23.60
2013	27.50
2014	25.60

Para ver un histograma de la data se da clic en la pestaña de Show Time Series.

Fig. 22: Histograma de la estación Santa Cruz

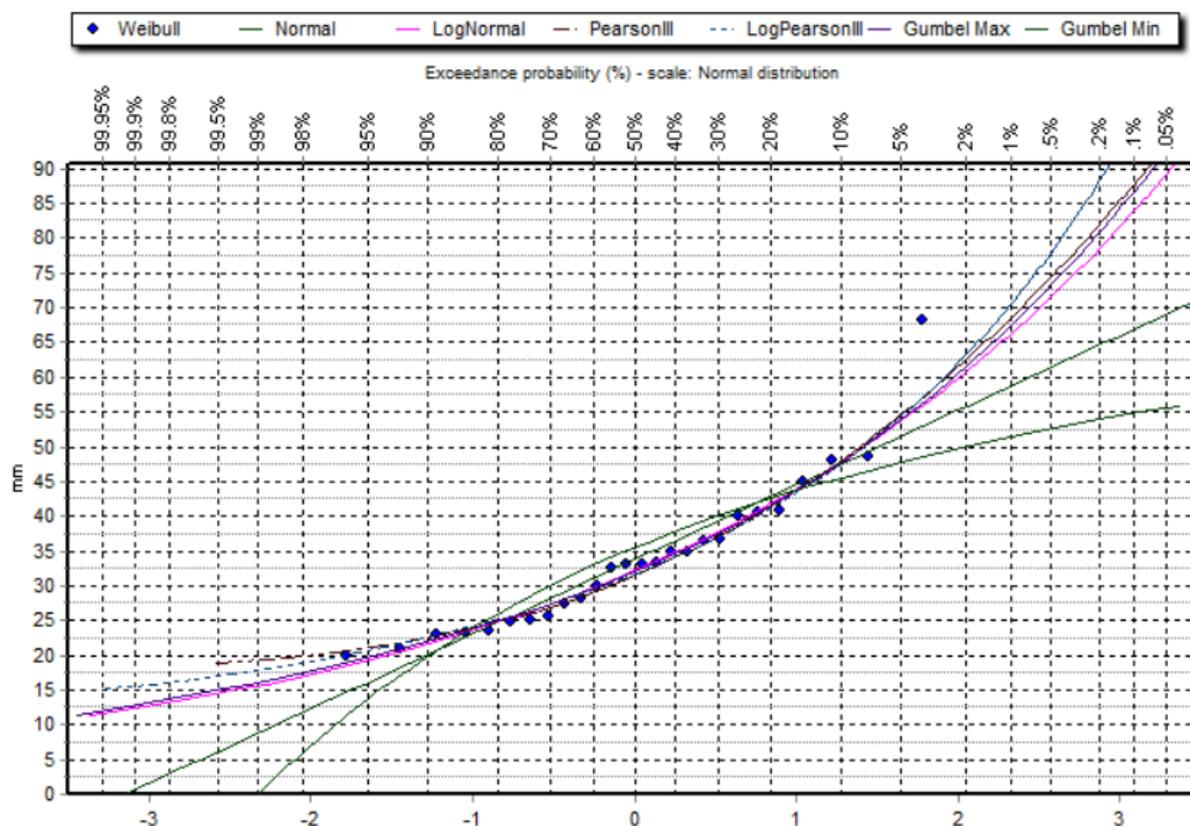


Luego para el análisis de pruebas de bondad, se procedió a la sección Hydrology en la pestaña Pythia – Statistical análisis.



De este modo se procede a la evaluación, la cual el programa también nos ofrece una evaluación gráfica, en la cual se puede observar los data de precipitación y la línea de tendencia o la que mejor se ajusta la muestra de cada una de las pruebas de bondad.

Fig. 23: Gráfica de frecuencias relativas a la precipitación



Al final se obtiene una similitud de lo procesado en hojas de cálculo y lo aplicado en el software para las distintas pruebas de bondad y así seleccionar la que mejor se ajuste a la data registrada. Por último, una vez seleccionada cual prueba es la que mejor se ajusta se procedió a indicar el tiempo de retorno de 2, 5, 10, 25, 50, 100, 200, y 500 años para la prueba seleccionada.

Generar curvas I-D-F

Primero se determinó la precipitación máxima de duración, sucesivamente se recurrió al método de DICK – PESCHKE, el cual recomienda que se trabaje con el producto de las precipitaciones máximas en 24 horas y la duración de la precipitación en minutos, dividido por 24 horas expresado en minutos y todo ello elevado a 0.25.

$$P_D = P_{24h} \times \left(\frac{D}{1440}\right)^{0.25}$$

P_D = precipitación máxima de duración D (mm)

P_{24h} = precipitación máxima de 24h (mm)

D = duración de la precipitación (min)

Entonces, como ya se conoce la precipitación máxima en 24 horas (mm) para diferentes tiempos de retorno, entonces se procede a encontrar la precipitación máxima de duración todo ello evaluado en 24 horas expresado en minutos (1440 min).

Fig. 24: Modelo de Dick y Peschke

MODELO DE DICK - PESCHKE								
DURACIÓN (min)	Precipitación en 24 hrs (mm)							
	36.16	46.89	53.99	62.96	69.62	76.23	82.81	91.50
	Periodo de Retorno (años)							
	2	5	10	25	50	100	200	500
Precipitación (mm)								
5	8.78	11.38	13.11	15.28	16.90	18.50	20.10	22.21
10	10.44	13.54	15.59	18.18	20.10	22.00	23.91	26.41
15	11.55	14.98	17.25	20.11	22.24	24.35	26.46	29.23
20	12.41	16.10	18.53	21.61	23.90	26.17	28.43	31.41
25	13.13	17.02	19.60	22.85	25.27	27.67	30.06	33.21
30	13.74	17.81	20.51	23.92	26.45	28.96	31.46	34.76
35	14.28	18.51	21.32	24.86	27.49	30.10	32.70	36.13
40	14.76	19.14	22.04	25.70	28.42	31.12	33.81	37.35
45	15.20	19.71	22.70	26.47	29.27	32.05	34.82	38.47
50	15.61	20.24	23.31	27.18	30.05	32.90	35.75	39.50
55	15.99	20.73	23.87	27.83	30.78	33.70	36.61	40.45
60	16.34	21.18	24.39	28.45	31.45	34.44	37.41	41.34
120	19.43	25.19	29.01	33.83	37.41	40.96	44.49	49.16
180	21.50	27.88	32.10	37.44	41.40	45.32	49.24	54.40
240	23.10	29.96	34.50	40.23	44.48	48.70	52.91	58.46
300	24.43	31.68	36.48	42.54	47.03	51.50	55.95	61.81
360	25.57	33.15	38.18	44.52	49.23	53.90	58.56	64.70
420	26.57	34.46	39.68	46.27	51.16	56.02	60.86	67.24
480	27.48	35.63	41.02	47.84	52.90	57.92	62.92	69.52
540	28.30	36.69	42.25	49.27	54.48	59.65	64.80	71.60
600	29.05	37.67	43.38	50.59	55.93	61.24	66.53	73.51
660	29.75	38.58	44.42	51.81	57.28	62.72	68.14	75.28
720	30.41	39.43	45.40	52.94	58.54	64.10	69.63	76.94
780	31.02	40.22	46.32	54.01	59.73	65.39	71.04	78.49
840	31.60	40.98	47.18	55.02	60.84	66.62	72.37	79.96
900	32.15	41.69	48.00	55.98	61.90	67.78	73.63	81.35
960	32.68	42.37	48.78	56.89	62.91	68.88	74.83	82.68
1020	33.17	43.01	49.53	57.76	63.87	69.93	75.97	83.94
1080	33.65	43.63	50.24	58.59	64.79	70.94	77.06	85.15
1140	34.11	44.23	50.93	59.39	65.67	71.90	78.11	86.31
1200	34.55	44.80	51.58	60.16	66.52	72.83	79.12	87.42
1260	34.97	45.35	52.22	60.90	67.33	73.72	80.09	88.49
1320	35.38	45.88	52.83	61.61	68.12	74.59	81.03	89.53
1380	35.78	46.39	53.42	62.30	68.88	75.42	81.93	90.53
1440	36.16	46.89	53.99	62.96	69.62	76.23	82.81	91.50

Fuente: Propia

Luego para hallar la intensidad en (mm/h) se adjudica una celda más para expresar los minutos en horas y luego con ello se procedió a hacer el cálculo de la intensidad, el cual está definido por la siguiente ecuación.

$$I = \frac{P_D}{D}$$

PD= precipitación máxima de duración D (mm)

D= duración de la precipitación (hrs)

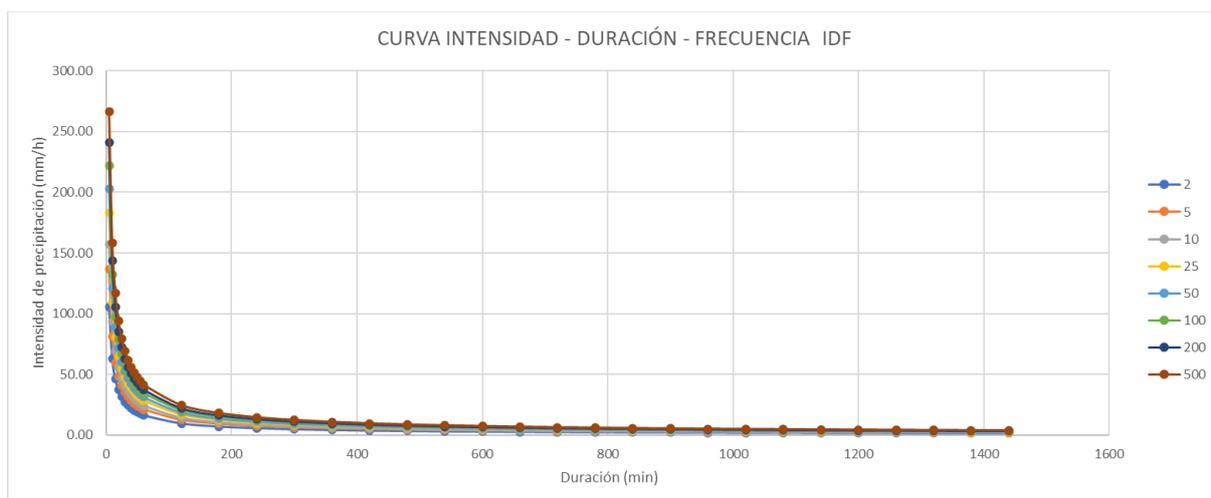
Fig. 25: Intensidad (mm/h) según la duración y periodo de retorno

Duración (h)	Duración (min)	Periodo de Retorno (años)							
		2	5	10	25	50	100	200	500
		Intensidad (mm/h)							
0.083	5	105.34	136.58	157.27	183.41	202.80	222.04	241.22	266.52
0.167	10	62.63	81.21	93.51	109.05	120.58	132.03	143.43	158.48
0.250	15	46.21	59.92	68.99	80.46	88.97	97.41	105.82	116.92
0.333	20	37.24	48.29	55.60	64.84	71.70	78.50	85.28	94.23
0.417	25	31.50	40.85	47.03	54.85	60.65	66.41	72.14	79.71
0.500	30	27.48	35.63	41.02	47.84	52.90	57.92	62.92	69.52
0.583	35	24.48	31.74	36.54	42.62	47.12	51.60	56.05	61.93
0.667	40	22.14	28.71	33.06	38.56	42.63	46.68	50.71	56.03
0.750	45	20.27	26.28	30.27	35.30	39.03	42.73	46.42	51.29
0.833	50	18.73	24.29	27.97	32.61	36.06	39.49	42.90	47.40
0.917	55	17.44	22.61	26.04	30.36	33.58	36.76	39.94	44.13
1.0	60	16.34	21.18	24.39	28.45	31.45	34.44	37.41	41.34
2.0	120	9.71	12.60	14.50	16.91	18.70	20.48	22.25	24.58
3.0	180	7.17	9.29	10.70	12.48	13.80	15.11	16.41	18.13
4.0	240	5.78	7.49	8.62	10.06	11.12	12.18	13.23	14.62
5.0	300	4.89	6.34	7.30	8.51	9.41	10.30	11.19	12.36
6.0	360	4.26	5.53	6.36	7.42	8.20	8.98	9.76	10.78
7.0	420	3.80	4.92	5.67	6.61	7.31	8.00	8.69	9.61
8.0	480	3.43	4.45	5.13	5.98	6.61	7.24	7.87	8.69
9.0	540	3.14	4.08	4.69	5.47	6.05	6.63	7.20	7.96
10.0	600	2.91	3.77	4.34	5.06	5.59	6.12	6.65	7.35
11.0	660	2.70	3.51	4.04	4.71	5.21	5.70	6.19	6.84
12.0	720	2.53	3.29	3.78	4.41	4.88	5.34	5.80	6.41
13.0	780	2.39	3.09	3.56	4.15	4.59	5.03	5.46	6.04
14.0	840	2.26	2.93	3.37	3.93	4.35	4.76	5.17	5.71
15.0	900	2.14	2.78	3.20	3.73	4.13	4.52	4.91	5.42
16.0	960	2.04	2.65	3.05	3.56	3.93	4.30	4.68	5.17
17.0	1020	1.95	2.53	2.91	3.40	3.76	4.11	4.47	4.94
18.0	1080	1.87	2.42	2.79	3.26	3.60	3.94	4.28	4.73
19.0	1140	1.80	2.33	2.68	3.13	3.46	3.78	4.11	4.54
20.0	1200	1.73	2.24	2.58	3.01	3.33	3.64	3.96	4.37
21.0	1260	1.67	2.16	2.49	2.90	3.21	3.51	3.81	4.21
22.0	1320	1.61	2.09	2.40	2.80	3.10	3.39	3.68	4.07
23.0	1380	1.56	2.02	2.32	2.71	2.99	3.28	3.56	3.94
24.0	1440	1.51	1.95	2.25	2.62	2.90	3.18	3.45	3.81

Fuente: Propia

Con todo el análisis previo, ya se puede obtener la gráfica de la curva Intensidad – Duración - Frecuencia (IDF) para distintos tiempos de retorno.

2Fig. 26: Curvas I-D-F



Fuente: Propia

Para determinar la ecuación que rija la intensidad máxima de la microcuenca, se procedió a hacer el análisis de regresión múltiple para los distintos periodos de retorno y además que ya se conoce la intensidad de precipitación, con lo que se podrá definir los coeficientes requeridos para tal ecuación. Estos coeficientes resultarán de la regresión de los logaritmos de la duración, tiempo de retorno e intensidad.

Para este análisis se evaluó a distintos periodos de retorno:

Tr = 2 años

ANÁLISIS DE REGRESIÓN MÚLTIPLE					
DURACIÓN (min)	TIEMPO DE RETORNO (años)	INTENSIDAD (mm/h)	m	n	k
			0.1622	0.7505	346.805
d	T	I	x3=Log(d)	x3=Log(T)	x3=Log(I)
5	2	105.34	0.70	0.30	2.02
10	2	62.63	1.00	0.30	1.80
15	2	46.21	1.18	0.30	1.66
20	2	37.24	1.30	0.30	1.57
25	2	31.50	1.40	0.30	1.50
30	2	27.48	1.48	0.30	1.44
35	2	24.48	1.54	0.30	1.39
40	2	22.14	1.60	0.30	1.35
45	2	20.27	1.65	0.30	1.31
50	2	18.73	1.70	0.30	1.27
55	2	17.44	1.74	0.30	1.24
60	2	16.34	1.78	0.30	1.21
120	2	9.71	2.08	0.30	0.99
180	2	7.17	2.26	0.30	0.86
240	2	5.78	2.38	0.30	0.76
300	2	4.89	2.48	0.30	0.69
360	2	4.26	2.56	0.30	0.63
420	2	3.80	2.62	0.30	0.58
480	2	3.43	2.68	0.30	0.54
540	2	3.14	2.73	0.30	0.50
600	2	2.91	2.78	0.30	0.46
660	2	2.70	2.82	0.30	0.43
720	2	2.53	2.86	0.30	0.40
780	2	2.39	2.89	0.30	0.38
840	2	2.26	2.92	0.30	0.35
900	2	2.14	2.95	0.30	0.33
960	2	2.04	2.98	0.30	0.31
1020	2	1.95	3.01	0.30	0.29
1080	2	1.87	3.03	0.30	0.27
1140	2	1.80	3.06	0.30	0.25
1200	2	1.73	3.08	0.30	0.24
1260	2	1.67	3.10	0.30	0.22
1320	2	1.61	3.12	0.30	0.21
1380	2	1.56	3.14	0.30	0.19
1440	2	1.51	3.16	0.30	0.18

Tr = 5 años

ANÁLISIS DE REGRESIÓN MÚLTIPLE					
DURACIÓN (min)	TIEMPO DE RETORNO (años)	INTENSIDAD (mm/h)	m	n	k
			0.1622	0.7505	346.805
d	T	I	x3=Log(d)	x3=Log(T)	x3=Log(I)
5	5	136.58	0.70	0.70	2.14
10	5	81.21	1.00	0.70	1.91
15	5	59.92	1.18	0.70	1.78
20	5	48.29	1.30	0.70	1.68
25	5	40.85	1.40	0.70	1.61
30	5	35.63	1.48	0.70	1.55
35	5	31.74	1.54	0.70	1.50
40	5	28.71	1.60	0.70	1.46
45	5	26.28	1.65	0.70	1.42
50	5	24.29	1.70	0.70	1.39
55	5	22.61	1.74	0.70	1.35
60	5	21.18	1.78	0.70	1.33
120	5	12.60	2.08	0.70	1.10
180	5	9.29	2.26	0.70	0.97
240	5	7.49	2.38	0.70	0.87
300	5	6.34	2.48	0.70	0.80
360	5	5.53	2.56	0.70	0.74
420	5	4.92	2.62	0.70	0.69
480	5	4.45	2.68	0.70	0.65
540	5	4.08	2.73	0.70	0.61
600	5	3.77	2.78	0.70	0.58
660	5	3.51	2.82	0.70	0.54
720	5	3.29	2.86	0.70	0.52
780	5	3.09	2.89	0.70	0.49
840	5	2.93	2.92	0.70	0.47
900	5	2.78	2.95	0.70	0.44
960	5	2.65	2.98	0.70	0.42
1020	5	2.53	3.01	0.70	0.40
1080	5	2.42	3.03	0.70	0.38
1140	5	2.33	3.06	0.70	0.37
1200	5	2.24	3.08	0.70	0.35
1260	5	2.16	3.10	0.70	0.33
1320	5	2.09	3.12	0.70	0.32
1380	5	2.02	3.14	0.70	0.30
1440	5	1.95	3.16	0.70	0.29

Tr = 10 años

ANÁLISIS DE REGRESIÓN MÚLTIPLE					
DURACIÓN (min)	TIEMPO DE RETORNO (años)	INTENSIDAD (mm/h)	m	n	k
			0.1622	0.7505	346.805
d	T	I	x3=Log(d)	x3=Log(T)	x3=Log(I)
5	10	157.27	0.70	1.00	2.20
10	10	93.51	1.00	1.00	1.97
15	10	68.99	1.18	1.00	1.84
20	10	55.60	1.30	1.00	1.75
25	10	47.03	1.40	1.00	1.67
30	10	41.02	1.48	1.00	1.61
35	10	36.54	1.54	1.00	1.56
40	10	33.06	1.60	1.00	1.52
45	10	30.27	1.65	1.00	1.48
50	10	27.97	1.70	1.00	1.45
55	10	26.04	1.74	1.00	1.42
60	10	24.39	1.78	1.00	1.39
120	10	14.50	2.08	1.00	1.16
180	10	10.70	2.26	1.00	1.03
240	10	8.62	2.38	1.00	0.94
300	10	7.30	2.48	1.00	0.86
360	10	6.36	2.56	1.00	0.80
420	10	5.67	2.62	1.00	0.75
480	10	5.13	2.68	1.00	0.71
540	10	4.69	2.73	1.00	0.67
600	10	4.34	2.78	1.00	0.64
660	10	4.04	2.82	1.00	0.61
720	10	3.78	2.86	1.00	0.58
780	10	3.56	2.89	1.00	0.55
840	10	3.37	2.92	1.00	0.53
900	10	3.20	2.95	1.00	0.51
960	10	3.05	2.98	1.00	0.48
1020	10	2.91	3.01	1.00	0.46
1080	10	2.79	3.03	1.00	0.45
1140	10	2.68	3.06	1.00	0.43
1200	10	2.58	3.08	1.00	0.41
1260	10	2.49	3.10	1.00	0.40
1320	10	2.40	3.12	1.00	0.38
1380	10	2.32	3.14	1.00	0.37
1440	10	2.25	3.16	1.00	0.35

Tr = 25 años

ANÁLISIS DE REGRESIÓN MÚLTIPLE					
DURACIÓN (min)	TIEMPO DE RETORNO (años)	INTENSIDAD (mm/h)	m	n	k
			0.1622	0.7505	346.805
d	T	I	x3=Log(d)	x3=Log(T)	x3=Log(I)
5	25	183.41	0.70	1.40	2.26
10	25	109.05	1.00	1.40	2.04
15	25	80.46	1.18	1.40	1.91
20	25	64.84	1.30	1.40	1.81
25	25	54.85	1.40	1.40	1.74
30	25	47.84	1.48	1.40	1.68
35	25	42.62	1.54	1.40	1.63
40	25	38.56	1.60	1.40	1.59
45	25	35.30	1.65	1.40	1.55
50	25	32.61	1.70	1.40	1.51
55	25	30.36	1.74	1.40	1.48
60	25	28.45	1.78	1.40	1.45
120	25	16.91	2.08	1.40	1.23
180	25	12.48	2.26	1.40	1.10
240	25	10.06	2.38	1.40	1.00
300	25	8.51	2.48	1.40	0.93
360	25	7.42	2.56	1.40	0.87
420	25	6.61	2.62	1.40	0.82
480	25	5.98	2.68	1.40	0.78
540	25	5.47	2.73	1.40	0.74
600	25	5.06	2.78	1.40	0.70
660	25	4.71	2.82	1.40	0.67
720	25	4.41	2.86	1.40	0.64
780	25	4.15	2.89	1.40	0.62
840	25	3.93	2.92	1.40	0.59
900	25	3.73	2.95	1.40	0.57
960	25	3.56	2.98	1.40	0.55
1020	25	3.40	3.01	1.40	0.53
1080	25	3.26	3.03	1.40	0.51
1140	25	3.13	3.06	1.40	0.49
1200	25	3.01	3.08	1.40	0.48
1260	25	2.90	3.10	1.40	0.46
1320	25	2.80	3.12	1.40	0.45
1380	25	2.71	3.14	1.40	0.43
1440	25	2.62	3.16	1.40	0.42

Tr = 50 años

DURACIÓN (min)	TIEMPO DE RETORNO (años)	INTENSIDAD (mm/h)	m	n	k
			0.1622	0.7505	346.805
d	T	I	x3=Log(d)	x3=Log(T)	x3=Log(I)
5	50	202.80	0.70	1.70	2.31
10	50	120.58	1.00	1.70	2.08
15	50	88.97	1.18	1.70	1.95
20	50	71.70	1.30	1.70	1.86
25	50	60.65	1.40	1.70	1.78
30	50	52.90	1.48	1.70	1.72
35	50	47.12	1.54	1.70	1.67
40	50	42.63	1.60	1.70	1.63
45	50	39.03	1.65	1.70	1.59
50	50	36.06	1.70	1.70	1.56
55	50	33.58	1.74	1.70	1.53
60	50	31.45	1.78	1.70	1.50
120	50	18.70	2.08	1.70	1.27
180	50	13.80	2.26	1.70	1.14
240	50	11.12	2.38	1.70	1.05
300	50	9.41	2.48	1.70	0.97
360	50	8.20	2.56	1.70	0.91
420	50	7.31	2.62	1.70	0.86
480	50	6.61	2.68	1.70	0.82
540	50	6.05	2.73	1.70	0.78
600	50	5.59	2.78	1.70	0.75
660	50	5.21	2.82	1.70	0.72
720	50	4.88	2.86	1.70	0.69
780	50	4.59	2.89	1.70	0.66
840	50	4.35	2.92	1.70	0.64
900	50	4.13	2.95	1.70	0.62
960	50	3.93	2.98	1.70	0.59
1020	50	3.76	3.01	1.70	0.57
1080	50	3.60	3.03	1.70	0.56
1140	50	3.46	3.06	1.70	0.54
1200	50	3.33	3.08	1.70	0.52
1260	50	3.21	3.10	1.70	0.51
1320	50	3.10	3.12	1.70	0.49
1380	50	2.99	3.14	1.70	0.48
1440	50	2.90	3.16	1.70	0.46

Tr = 100 años

ANÁLISIS DE REGRESIÓN MÚLTIPLE					
DURACIÓN (min)	TIEMPO DE RETORNO (años)	INTENSIDAD (mm/h)	m	n	k
			0.1622	0.7505	346.805
d	T	I	x3=Log(d)	x3=Log(T)	x3=Log(I)
5	100	222.04	0.70	2.00	2.35
10	100	132.03	1.00	2.00	2.12
15	100	97.41	1.18	2.00	1.99
20	100	78.50	1.30	2.00	1.89
25	100	66.41	1.40	2.00	1.82
30	100	57.92	1.48	2.00	1.76
35	100	51.60	1.54	2.00	1.71
40	100	46.68	1.60	2.00	1.67
45	100	42.73	1.65	2.00	1.63
50	100	39.49	1.70	2.00	1.60
55	100	36.76	1.74	2.00	1.57
60	100	34.44	1.78	2.00	1.54
120	100	20.48	2.08	2.00	1.31
180	100	15.11	2.26	2.00	1.18
240	100	12.18	2.38	2.00	1.09
300	100	10.30	2.48	2.00	1.01
360	100	8.98	2.56	2.00	0.95
420	100	8.00	2.62	2.00	0.90
480	100	7.24	2.68	2.00	0.86
540	100	6.63	2.73	2.00	0.82
600	100	6.12	2.78	2.00	0.79
660	100	5.70	2.82	2.00	0.76
720	100	5.34	2.86	2.00	0.73
780	100	5.03	2.89	2.00	0.70
840	100	4.76	2.92	2.00	0.68
900	100	4.52	2.95	2.00	0.65
960	100	4.30	2.98	2.00	0.63
1020	100	4.11	3.01	2.00	0.61
1080	100	3.94	3.03	2.00	0.60
1140	100	3.78	3.06	2.00	0.58
1200	100	3.64	3.08	2.00	0.56
1260	100	3.51	3.10	2.00	0.55
1320	100	3.39	3.12	2.00	0.53
1380	100	3.28	3.14	2.00	0.52
1440	100	3.18	3.16	2.00	0.50

Tr = 200 años

ANÁLISIS DE REGRESIÓN MÚLTIPLE					
DURACIÓN (min)	TIEMPO DE RETORNO (años)	INTENSIDAD (mm/h)	m	n	k
			0.1622	0.7505	346.805
d	T	I	x3=Log(d)	x3=Log(T)	x3=Log(I)
5	200	241.22	0.70	2.30	2.38
10	200	143.43	1.00	2.30	2.16
15	200	105.82	1.18	2.30	2.02
20	200	85.28	1.30	2.30	1.93
25	200	72.14	1.40	2.30	1.86
30	200	62.92	1.48	2.30	1.80
35	200	56.05	1.54	2.30	1.75
40	200	50.71	1.60	2.30	1.71
45	200	46.42	1.65	2.30	1.67
50	200	42.90	1.70	2.30	1.63
55	200	39.94	1.74	2.30	1.60
60	200	37.41	1.78	2.30	1.57
120	200	22.25	2.08	2.30	1.35
180	200	16.41	2.26	2.30	1.22
240	200	13.23	2.38	2.30	1.12
300	200	11.19	2.48	2.30	1.05
360	200	9.76	2.56	2.30	0.99
420	200	8.69	2.62	2.30	0.94
480	200	7.87	2.68	2.30	0.90
540	200	7.20	2.73	2.30	0.86
600	200	6.65	2.78	2.30	0.82
660	200	6.19	2.82	2.30	0.79
720	200	5.80	2.86	2.30	0.76
780	200	5.46	2.89	2.30	0.74
840	200	5.17	2.92	2.30	0.71
900	200	4.91	2.95	2.30	0.69
960	200	4.68	2.98	2.30	0.67
1020	200	4.47	3.01	2.30	0.65
1080	200	4.28	3.03	2.30	0.63
1140	200	4.11	3.06	2.30	0.61
1200	200	3.96	3.08	2.30	0.60
1260	200	3.81	3.10	2.30	0.58
1320	200	3.68	3.12	2.30	0.57
1380	200	3.56	3.14	2.30	0.55

Tr = 500 años

ANÁLISIS DE REGRESIÓN MÚLTIPLE					
DURACIÓN (min)	TIEMPO DE RETORNO (años)	INTENSIDAD (mm/h)	m	n	k
			0.1622	0.7505	346.805
d	T	I	x3=Log(d)	x3=Log(T)	x3=Log(I)
10	500	158.48	1.00	2.70	2.20
15	500	116.92	1.18	2.70	2.07
20	500	94.23	1.30	2.70	1.97
25	500	79.71	1.40	2.70	1.90
30	500	69.52	1.48	2.70	1.84
35	500	61.93	1.54	2.70	1.79
40	500	56.03	1.60	2.70	1.75
45	500	51.29	1.65	2.70	1.71
50	500	47.40	1.70	2.70	1.68
55	500	44.13	1.74	2.70	1.64
60	500	41.34	1.78	2.70	1.62
120	500	24.58	2.08	2.70	1.39
180	500	18.13	2.26	2.70	1.26
240	500	14.62	2.38	2.70	1.16
300	500	12.36	2.48	2.70	1.09
360	500	10.78	2.56	2.70	1.03
420	500	9.61	2.62	2.70	0.98
480	500	8.69	2.68	2.70	0.94
540	500	7.96	2.73	2.70	0.90
600	500	7.35	2.78	2.70	0.87
660	500	6.84	2.82	2.70	0.84
720	500	6.41	2.86	2.70	0.81
780	500	6.04	2.89	2.70	0.78
840	500	5.71	2.92	2.70	0.76
900	500	5.42	2.95	2.70	0.73
960	500	5.17	2.98	2.70	0.71
1020	500	4.94	3.01	2.70	0.69
1080	500	4.73	3.03	2.70	0.67
1140	500	4.54	3.06	2.70	0.66
1200	500	4.37	3.08	2.70	0.64
1260	500	4.21	3.10	2.70	0.62
1320	500	4.07	3.12	2.70	0.61
1380	500	3.94	3.14	2.70	0.60
1440	500	3.81	3.16	2.70	0.58

Fuente: Propia

Los coeficientes faltantes de K, m y n ya se obtuvieron con el análisis antes mencionado de regresión múltiple. La intensidad máxima está dada por la división entre: el producto del coeficiente K y el tiempo de retorno elevado al coeficiente m, y la duración elevada al coeficiente n. Esta ecuación es la que va a gobernar para toda evaluación de precipitación.

Ecuación de Intensidad Máx

$$I_{m\acute{a}x} = \frac{K \times T^m}{D^n}$$

Coefficientes m, n y k para la ecuación de intensidad máxima

m	n	k
0.1622	0.7505	346.805

Con el análisis anteriormente descrito, se procede a construir los Hietogramas de bloque alterno para distintos periodos de retorno.

K =	346.805
T =	500
m =	0.1622
n =	0.7505

$$I = \frac{346.805 \times T^{0.1622}}{D^{0.7505}}$$

HIETOGRAMA DE BLOQUE ALTERNO					
Duración (min)	Intensidad (mm/h)	Profundidad Acum (mm)	Profundidad Incrementa (mm)	Tiempo (min)	Precipitación (mm)
60	44.01	44.01	44.01	0-60	1.03
120	26.16	52.32	8.31	60-120	1.10
180	19.30	57.89	5.57	120-180	1.18
240	15.55	62.20	4.31	180-240	1.28
300	13.15	65.76	3.56	240-300	1.40
360	11.47	68.82	3.06	300-360	1.56
420	10.22	71.52	2.70	360-420	1.76
480	9.24	73.94	2.42	420-480	2.03
540	8.46	76.15	2.21	480-540	2.42
600	7.82	78.18	2.03	540-600	3.06
660	7.28	80.06	1.88	600-660	4.31
720	6.82	81.82	1.76	660-720	8.31
780	6.42	83.47	1.65	720-780	44.01
840	6.07	85.02	1.56	780-840	5.57
900	5.77	86.50	1.48	840-900	3.56
960	5.49	87.91	1.40	900-960	2.70
1020	5.25	89.25	1.34	960-1020	2.21
1080	5.03	90.53	1.28	1020-1080	1.88
1140	4.83	91.76	1.23	1080-1140	1.65
1200	4.65	92.94	1.18	1140-1200	1.48
1260	4.48	94.08	1.14	1200-1260	1.34
1320	4.33	95.18	1.10	1260-1320	1.23
1380	4.18	96.24	1.06	1320-1380	1.14
1440	4.05	97.26	1.03	1380-1440	1.06

El método racional se aplicó debido a que el área de la microcuenca de la quebrada El Pueblo no pasa de los 13 km² de área de superficie. Por lo que, este método es idóneo para determinar el caudal por dicho método.

Para este método el tiempo de concentración es igual al tiempo de duración; por ende, el tiempo de concentración se determinó mediante la ecuación de Kirpich.

Entonces la intensidad máxima se determinó por la ecuación que rige anteriormente mencionada, debido a que todos los parámetros están completos.

Para el coeficiente de escorrentía según el Ministerio de Transportes y Comunicaciones (MTC), se evalúa con la pendiente de la superficie de la zona de estudio.

Fig. 27: Obtención del Coeficiente de Escorrentía

COBERTURA VEGETAL	TIPO DE SUELO	PENDIENTE DEL TERRENO				
		PRONUNCIADA	ALTA	MEDIA	SUAVE	DESPRECIABLE
		> 50%	> 20%	> 5%	> 1%	< 1%
Sin vegetación	Impermeable	0,80	0,75	0,70	0,65	0,60
	Semipermeable	0,70	0,65	0,60	0,55	0,50
	Permeable	0,50	0,45	0,40	0,35	0,30
Cultivos	Impermeable	0,70	0,65	0,60	0,55	0,50
	Semipermeable	0,60	0,55	0,50	0,45	0,40
	Permeable	0,40	0,35	0,30	0,25	0,20
Pastos, vegetación ligera	Impermeable	0,65	0,60	0,55	0,50	0,45
	Semipermeable	0,55	0,50	0,45	0,40	0,35
	Permeable	0,35	0,30	0,25	0,20	0,15
Hierba, grama	Impermeable	0,60	0,55	0,50	0,45	0,40
	Semipermeable	0,50	0,45	0,40	0,35	0,30
	Permeable	0,30	0,25	0,20	0,15	0,10
Bosques, densa vegetación	Impermeable	0,55	0,50	0,45	0,40	0,35
	Semipermeable	0,45	0,40	0,35	0,30	0,25
	Permeable	0,25	0,20	0,15	0,10	0,05

Por ende, ya se tendría todo lo necesario para aplicar el método racional, es decir

$$Q = kCIA$$

Donde:

K es el coeficiente que va a depender de las unidades del área que se esté evaluando, en este caso se evaluó en km², por lo que corresponde un valor de 1/3.6

A= Área de la cuenca (km²)

C= Coeficiente de escorrentía

I= Intensidad máx (mm/h)

Q= caudal en m³/s

Obtención del Número de Curva (CN) compuesto

Para poder digitalizar el CN de la microcuenca, se procedió a establecer un CN compuesto calculando la ponderación respectiva con el área (km²) de cada componente de uso de suelo y el grupo hidrológico correspondiente al área de la microcuenca.

Uso de Suelo	Área (km ²)	Grupo Hidrológico	CN	Ponderación	CN Compuesto
Zona Urbana	0.55	C	98	54.02	75
Vegetación Arbusiva Natural	0.52	C	74	38.75	
Terrenos de Cultivo Extensivos - Paltizales	5.39	C	74	398.54	
Terrenos con huertos de cultivos perennes	1.83	C	78	142.84	
Alfloraminto rocos - erosivo	2.65	C	70	185.74	
TOTAL	10.95			819.88	

Levantamiento Topográfico

Se Estableció 10 Puntos de Control BM'S, estos puntos se dejaron marcados a lo largo del cauce de la quebrada El Pueblo a trabajar, lo cual servirá para el replanteo de las futuras construcciones, que ahí se plantean.

Fig. 28: Punto de control BM'S

CUADRO DE BM'S, DATUM WGS 84, ZONA 17 SUR			
ESTE	NORTE	COTA	DESCRIPCION
728503.371	9264092.335	2083.106	BM1
728365.356	9264401.436	2080.074	BM2
727953.132	9264769.734	2060.938	BM3
727667.559	9266549.710	2016.298	BM4
727573.852	9266593.107	2018.960	BM5
727488.539	9266897.372	2015.401	BM6
727436.627	9267190.562	2012.874	BM7
727389.230	9267693.953	2006.472	BM8
726909.694	9268466.695	1989.875	BM9
726902.436	9268550.679	1997.579	BM10

Fuente: Propia

Medición de la Poligonal de apoyo secundaria con ESTACIÓN TOTAL LEICA TS06, la poligonal de apoyo será fundamental para el desarrollo del levantamiento topográfico, ya que serán los puntos base para el estacionamiento del equipo topográfico.



Fig. 29: Estacionamiento de Estación Total

Se hizo el levantamiento topográfico a detalle de relieve y estructuras existentes, durante el proceso de levantamiento topográfico, por todo el recorrido de la quebrada, encontraremos, cercos perimétricos, zonas de terreno accidentado, así mismo con edificaciones, como son casas y puentes.



Fig. 30: Estructuras a lo largo del cauce de la quebrada

Las mediciones que se realizaron de la quebrada El Pueblo, obteniendo el ancho y profundidad del mismo, así mismo el tipo de suelo que presenta, así como suelo rocoso, suelo arcilloso y suelo arenoso.



Fig. 31: Levantamiento topográfico del tramo urbano del cauce de la quebrada El Pueblo

Se tomaron las edificaciones y estructuras donde la quebrada El Pueblo hace su recorrido por la zona urbana del distrito de Santa Cruz de Suchabamba, así mismo, tomando la información como evidencia histórica, el desborde de la quebrada, siendo causa del desbordamiento e inundaciones provocadas por las constantes y fuertes precipitaciones.

Evaluación Pendiente Sección

En la evaluación de pendiente sección para estimar la máxima avenida del cauce, se procedió a recolectar datos e información de primera mano, luego del paso de una gran avenida. Asimismo, se seleccionó un tramo de la quebrada, definido que contenga el nivel de aguas máximas. Seguidamente se procedió a hacer la batimetría de las secciones cada 5 m en una longitud de evaluación de 40 metros, desde la progresiva 3+860 hasta la progresiva 3+900.



Fig. 32: Señalización del inicio del tramo a evaluar



Fig. 33: Batimetría del cauce de la quebrada

En campo se señaló el tramo y además se observó las huellas del nivel máximo histórico que alcanzó la quebrada, así como también se preguntó a los moradores cercanos hasta dónde había llegado la huella del caudal extraordinario.



Fig. 34: Señalización del final del tramo a evaluar

Se determinó con ello la pendiente S , el coeficiente de rugosidad de Manning “ n ” por el método de Cowan y para así poder aplicar la ecuación de Manning.

n0	0.024
n1	0.005
n2	0.000
n3	0.000
n4	0.005
n5	1.000
n	0.034

La fórmula de Manning está en función a la inversa del coeficiente de rugosidad multiplicado por el radio hidráulico elevado a los dos tercios y por el producto de la pendiente elevada al un medio. Cabe hacer recordar que el radio hidráulico está en función de la división entre el área hidráulica y el perímetro mojado. Se trabajó hallando el área de cada tramo, así como el perímetro mojado en el software Civil 3D.

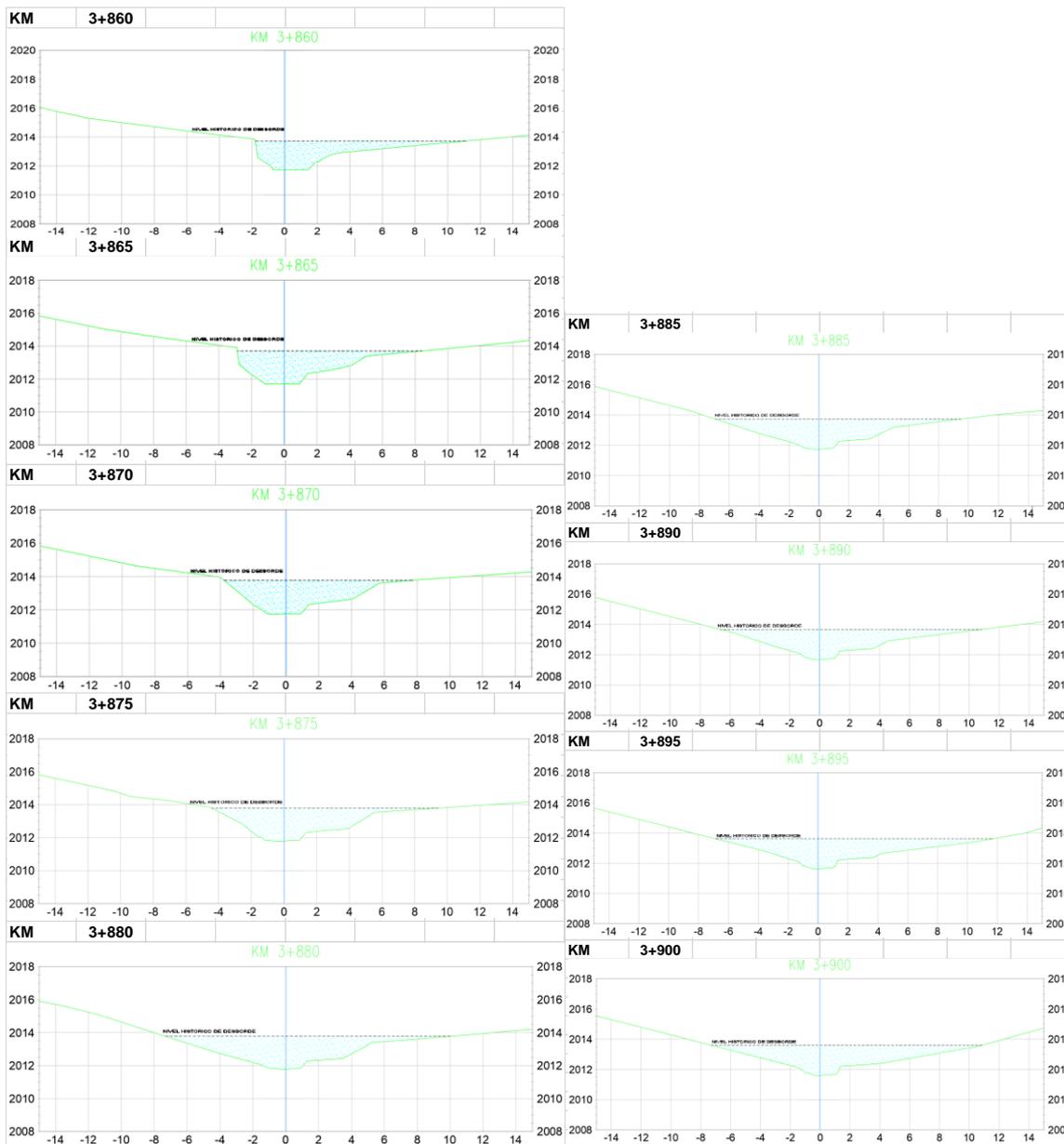


Fig. 35: Secciones transversales para la evaluación de pendiente sección

Para la selección del caudal de diseño la condicionante es de que no exceda en 10% al promedio de caudales si este fuese verdad “SELECC” caso contrario “NO SELECC” y al final se corrige con el 75% por pérdidas e infiltración ya que el caudal en su totalidad no se discurre.

Fig. 36: Evaluación del método Pendiente Sección

Secc-Qbrda	KM	A (m ²)	P (m)	R (m)	n	V	Qi	10%	Q	
1	3+860	11.350	14.759	0.769	0.034	1.378	15.639	NO SELECC	-	
2	3+865	11.555	12.917	0.895	0.034	1.524	17.610	NO SELECC	-	
3	3+870	12.409	12.732	0.975	0.034	1.614	20.024	SELECC	20.024	
4	3+875	13.070	14.919	0.876	0.034	1.503	19.643	NO SELECC	-	
5	3+880	16.154	18.099	0.893	0.034	1.522	24.582	NO SELECC	-	
6	3+885	15.563	17.168	0.907	0.034	1.538	23.929	SELECC	23.929	
7	3+890	15.806	18.269	0.865	0.034	1.490	23.558	SELECC	23.558	
8	3+895	16.589	19.316	0.859	0.034	1.483	24.604	NO SELECC	-	
9	3+900	17.333	18.910	0.917	0.034	1.549	26.848	NO SELECC	-	
							$\bar{Q}_i =$	21.826	$\bar{Q} =$	22.504
									$75\% \bar{Q} =$	16.878 m ³ /s

Fuente: Propia

Fig. 37: Marca de la avenida extraordinaria



Fuente: Propia

Evaluación de Mecánica de Suelos

Los trabajos de campo han sido dirigidos a la obtención de la información necesaria para la determinación de las propiedades físicas y mecánicas del suelo, mediante un programa de exploración directa, habiéndose ejecutado (11) calicatas a cielo abierto; distribuidas de tal manera que cubran toda el área de estudio y que nos permita obtener con bastante aproximación la conformación litológica de los suelos.

Fig. 38: Extracción de terreno de la riera de cauce



Fig. 39: Excavación de calicata en la riera del cauce de la quebrada



Fuente: Propia

Con lo que se realizaron los siguientes ensayos:

El Análisis granulométrico por tamizado AASHTO T 88, Límites de Atterberg ASTM D 431, Clasificación de Suelos AASHTO M 145, ASTM D 248, Humedad Natural ASTM – D2216, Proctor Modificado AASHTO T 180, California Bearing Ratio (CBR) AASHTO T 193.

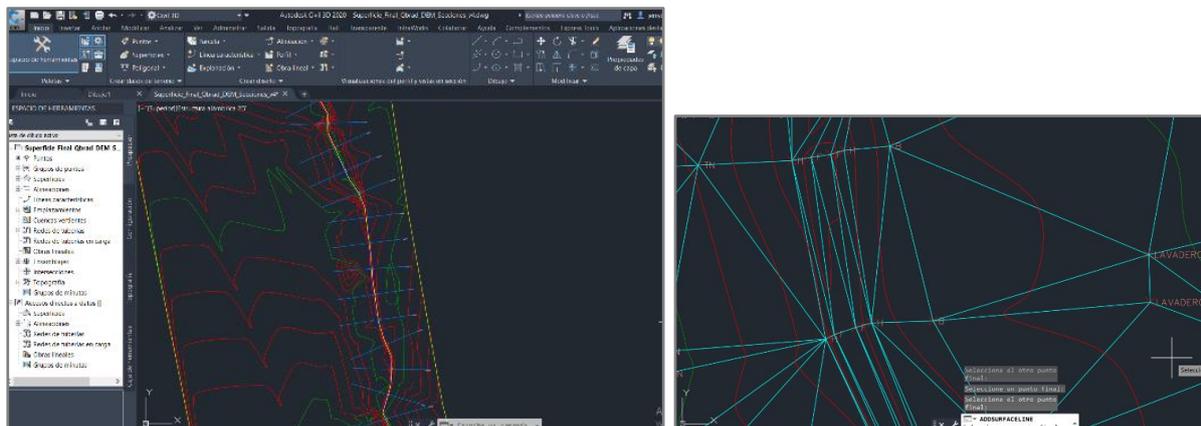
Dichos análisis se realizaron en el Laboratorio LINUS E.I.R.L, por lo que se tuvo que transportar el material hasta sus instalaciones.

Para el análisis granulométrico se procedió a tamizar el material y hallar la curva de granulometría, para los límites se procedió a realizarlo en la copa de casa grande y el elástico a la realización de los tipos cilindros. La clasificación de suelos se estipuló mediante la clasificación SUCS.

Modelamiento Hidráulico

Para empezar el modelamiento hidráulico primero se trabajó la parte de las secciones y la superficie en el Civil 3D, y posteriormente exportar en un archivo (.geo) de las secciones a evaluar mediante el comando integrada de exportación que tiene el Civil 3D a Hec-Ras. En este caso la triangulación tenía un déficit entonces se evaluó la superficie con los puntos exportados de la estación total. Luego ya se pasó al software Hec-Ras.

Fig. 40: Corrección según criterio de la triangulación de la superficie en Civil3D

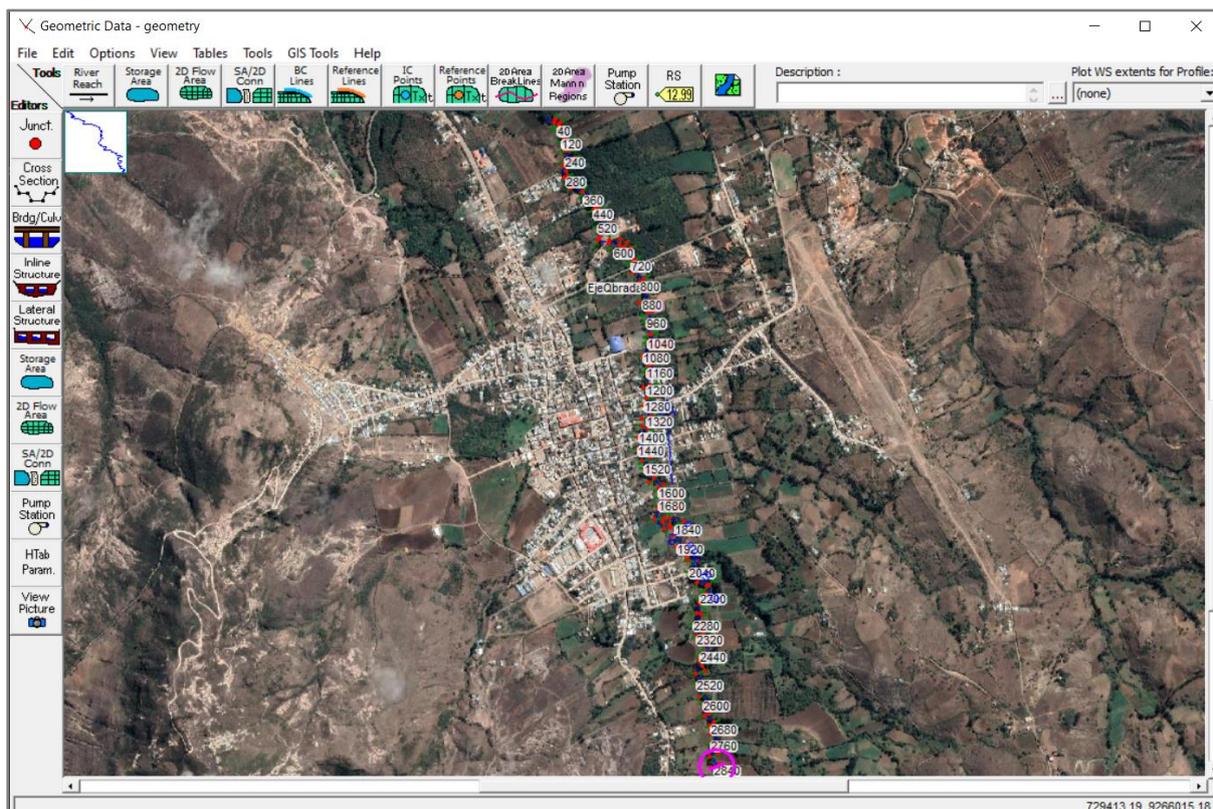


Fuente: Propia

El modelamiento hidráulico se realizó mediante el software Hec-Ras, el cual computa un modelo geométrico llamado geometry mediante una de sus interfaces gráficas, en este caso con la batimetría del cauce realizado en el levantamiento topográfico plasmando así la forma real del terreno y la geometría a lo largo de toda la franja marginal de la quebrada. Luego se exportó las secciones transversales del AutoCad Civil 3D mediante el comando Exportar a Hec-Ras el cual genera un archivo tipo (.geo), seguidamente se importó las secciones transversales al

subprograma Geometric Data, en la sección file, import geometry data, Gis format se localiza el archivo creado (.geo) y se importa las secciones luego hay que verificar los Banks sección a sección para que el modelo no cree conflicto al momento de correr el plan. En Edit Geometric Data, también se coloca el valor de la rugosidad de Manning del cauce a evaluar, en la sección Tables, Manning's n or k Values y por último se guarda la geometry data.

Fig.41: Importación de secciones transversales al Hec-Ras

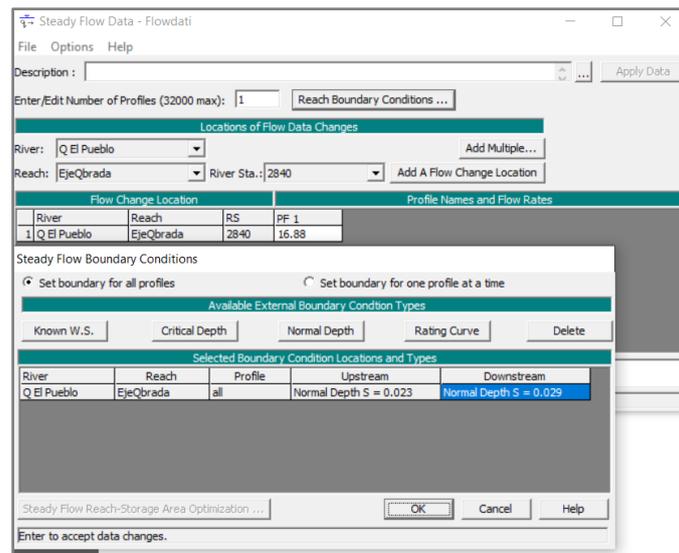


Fuente: Propia

Para tener una mejor localización en la zona de estudio se importó las imágenes georreferenciadas del programa SasPlanet, el cual nos da imágenes georreferenciadas hasta un zoom de z22.

Se creó el Steady Flow Data en el que se digitalizó el caudal de diseño máximo obtenido en la evaluación previa de pendiente sección, también se adicionó las Normal Depth aguas arriba y aguas abajo. Figura 6: Hec-Ras Steady Flow Data - Datos de Caudal y Condiciones de Contorno

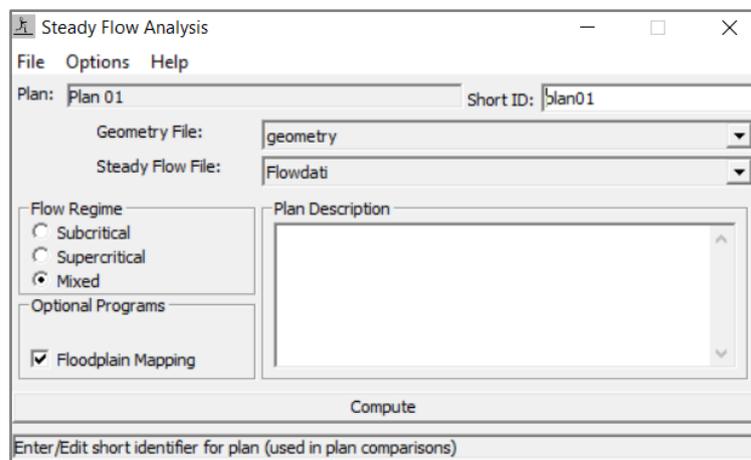
Fig. 42: Digitalización del caudal de diseño y las condiciones de contorno



Fuente: Propia

El plan de evaluación se creó en el subprograma Steady Flow Analysis en el cual pide un Short ID; asimismo, se selecciona el flujo de régimen mixto como se indicó anteriormente y para finalizar dar check-in Floodplain Mapping.

Fig. 43: Creación del plan a computar



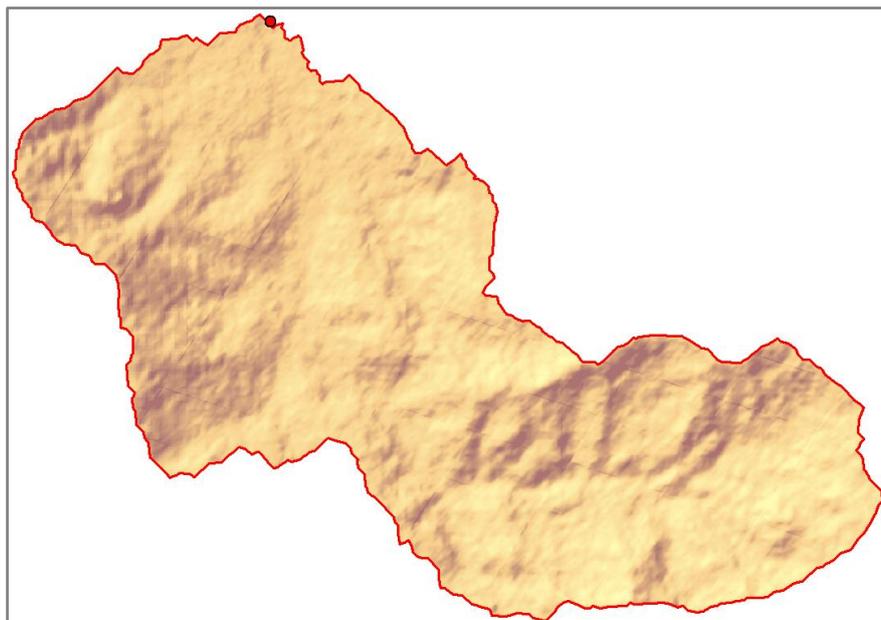
Fuente: Propia

IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Área de la Cuenca

La microcuenca perteneciente a la subcuenca ALTO CHANCAY-LAMBAYEQUE, para el análisis se consideró como punto de aforo el más próximo al puente Atahualpa, que tiene por coordenadas UTM de 727431.16 E y 9267100.42 N. La superficie del terreno de la microcuenca cuenta con un área de 10.945 km².

Fig. 44: Área de la Microcuenca y Punto de Aforo

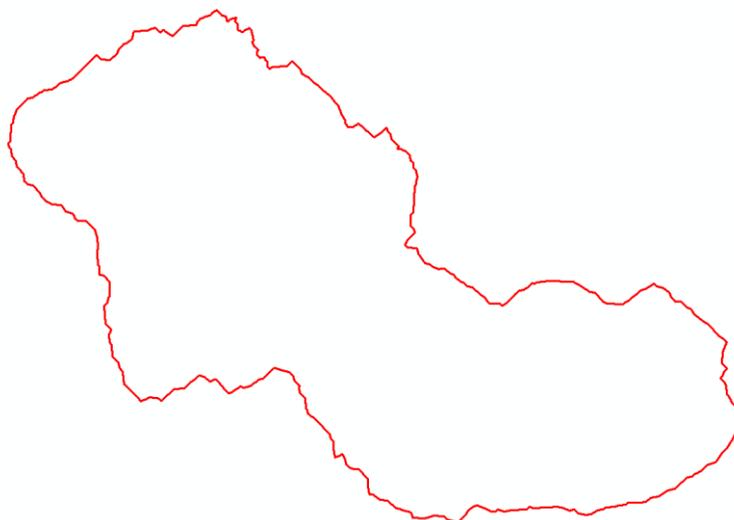


Fuente: Propia

Perímetro de la Cuenca

La longitud de la línea divisoria de aguas que envuelve al terreno de la microcuenca de la quebrada El Pueblo es de 17.653 km.

Fig. 45: Perímetro microcuenca de la quebrada El Pueblo

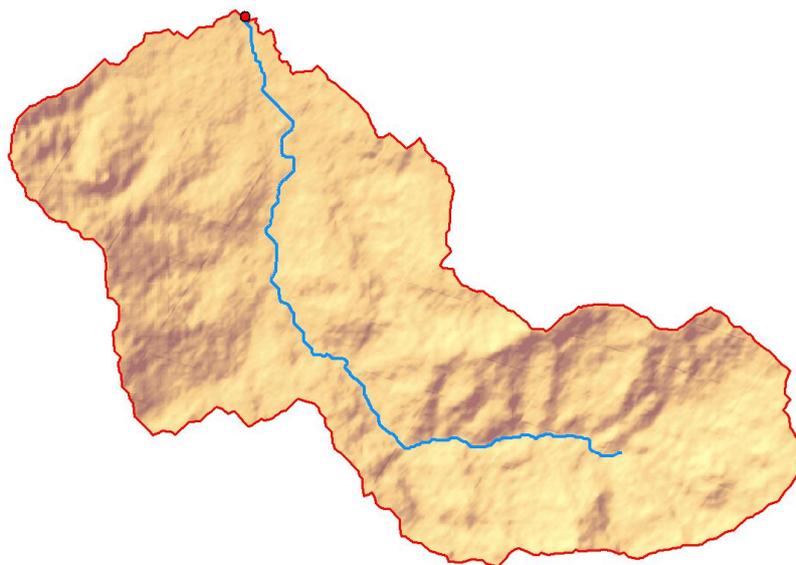


Longitud del Cauce Principal

Siendo la microcuenca representativa la longitud del cauce principal se considera midiendo el eje del cauce que acompaña a lo más largo de la cuenca. En este caso el cauce que se estimó es el de la quebrada El Pueblo (punto de evacuación de la microcuenca) y cierta parte de algunas nacientes del caserío de Mapatucto (punto aguas arriba más alejada de la cuenca).

La longitud del cauce principal de la microcuenca de la quebrada El Pueblo es de 5.901 km.

Fig. 46: Superficie de microcuenca, cauce principal y punto de aforo



Los Parámetros Morfométricos de la Microcuenca de la quebrada El Pueblo

Parámetros Morfométricos de la Microcuenca de la quebrada El Pueblo		
Área de cuenca	10.9452	km ²
Perímetro de cuenca	17.653	km
Longitud de cauce principal	5.901	km
C Máx	2518.96	msnm
C Min	2016.00	msnm
Desnivel de la microcuenca (H)	502.96	msnm
Índice de Gravelius (K)	1.49	
Factor de Forma (F)	0.314	
Rectángulo Equivalente		
Lado Mayor (L)	7.33	km
Lado Menor (l)	1.49	km
Densidad de Drenaje	0.54	
Frecuencia de cauces	0.37	
Extensión media del escurrimiento superficial (Es)	0.55	km
Tiempo de Concentración (Tc)	40.31	min
Tiempo de Retardo (Tr)	24.18	min
Pendiente de la cuenca	0.0810	m/m

Fuente: Propia

Se puede inferir que la microcuenca de estudio tiene un patrón de drenaje dentrítico similar a la ramificación de un árbol con afluentes de varios tamaños en direcciones distintas al cauce principal.

Fig. 47: Evaluación hipsométrica

Evaluación	Min	Máx	Altitud Promedio	Área (km2)	Á Acum	% Área	% Área Acum
1	2016.00	2041.14	2028.57	0.825	10.945	7.535	100.00
2	2041.14	2066.29	2053.72	1.118	10.120	10.219	92.46
3	2066.29	2091.44	2078.87	1.091	9.002	9.967	82.25
4	2091.44	2116.59	2104.01	1.158	7.911	10.582	72.28
5	2116.59	2141.74	2129.16	0.955	6.753	8.729	61.70
6	2141.74	2166.89	2154.31	0.842	5.797	7.692	52.97
7	2166.89	2192.03	2179.46	0.775	4.956	7.081	45.28
8	2192.03	2217.18	2204.61	0.743	4.181	6.793	38.20
9	2217.18	2242.33	2229.76	0.661	3.437	6.036	31.40
10	2242.33	2267.48	2254.90	0.541	2.776	4.941	25.37
11	2267.48	2292.63	2280.05	0.481	2.236	4.394	20.43
12	2292.63	2317.77	2305.20	0.452	1.755	4.128	16.03
13	2317.78	2342.92	2330.35	0.354	1.303	3.235	11.90
14	2342.92	2368.06	2355.49	0.264	0.949	2.415	8.67
15	2368.07	2393.22	2380.65	0.205	0.684	1.873	6.25
16	2393.22	2418.37	2405.79	0.158	0.479	1.447	4.38
17	2418.39	2443.51	2430.95	0.133	0.321	1.216	2.93
18	2443.52	2468.66	2456.09	0.105	0.188	0.958	1.72
19	2468.67	2493.81	2481.24	0.059	0.083	0.537	0.76
20	2493.82	2518.96	2506.39	0.024	0.024	0.222	0.22
				10.945		100	

Fuente: Propia

Dicha curva va determinar el tipo y en qué estado se encuentra la Microcuenca. La evaluación según la siguiente gráfica dio como resultado:

Fig. 48: Curvas hipsométricas

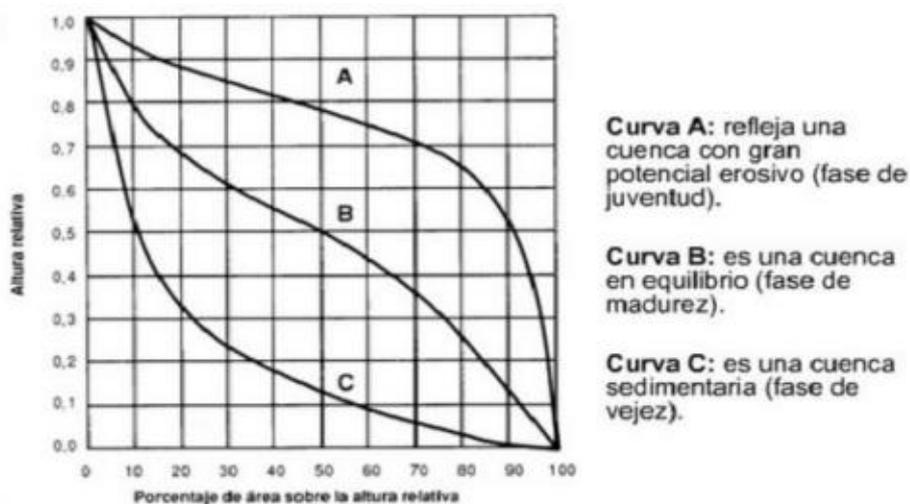
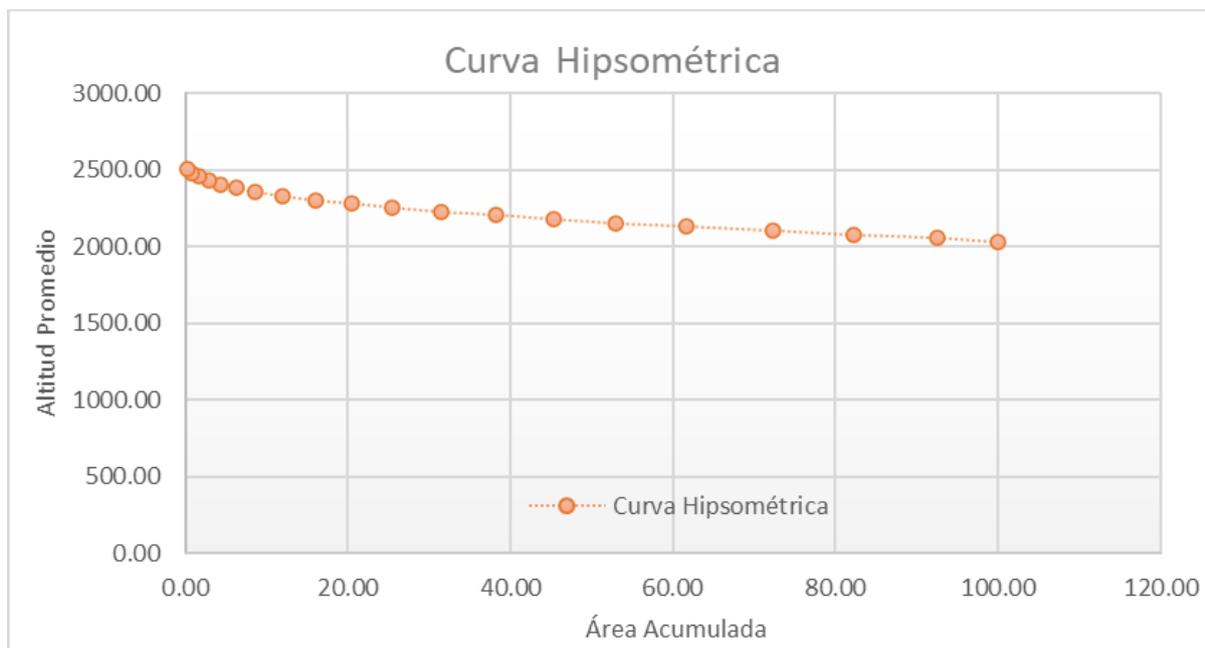


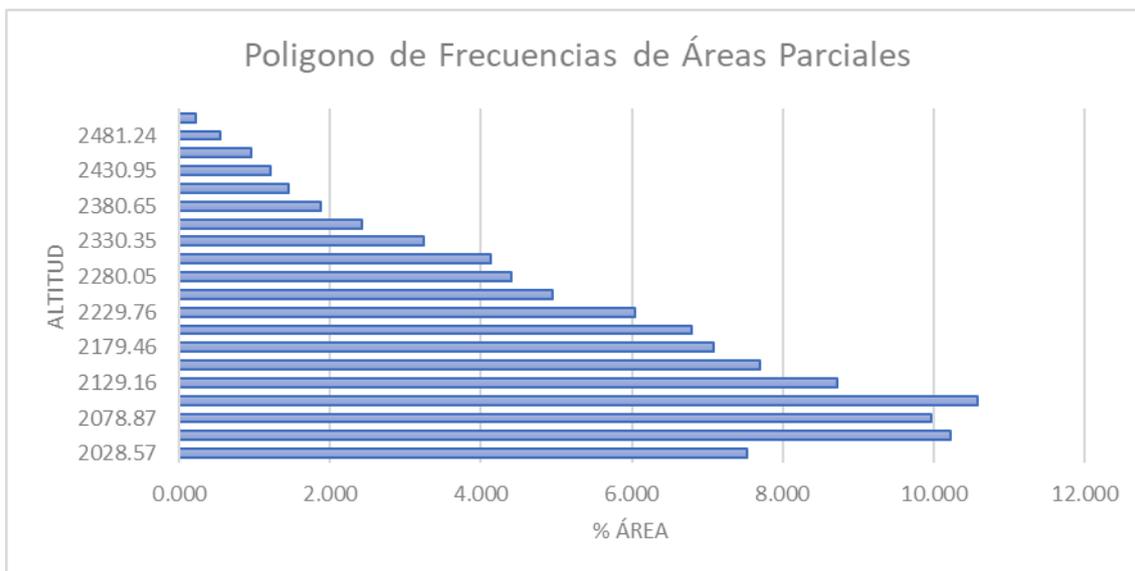
Fig. 49: Curva Hipsométrica - microcuenca de la quebrada El Pueblo



Fuente: Propia

La curva hipsométrica de la microcuenca de la quebrada El Pueblo se asemeja a una Curva A, la cual se encuentra en una fase de juventud con un gran potencial erosivo.

Fig. 50: Frecuencias de áreas - Microcuenca quebrada El Pueblo



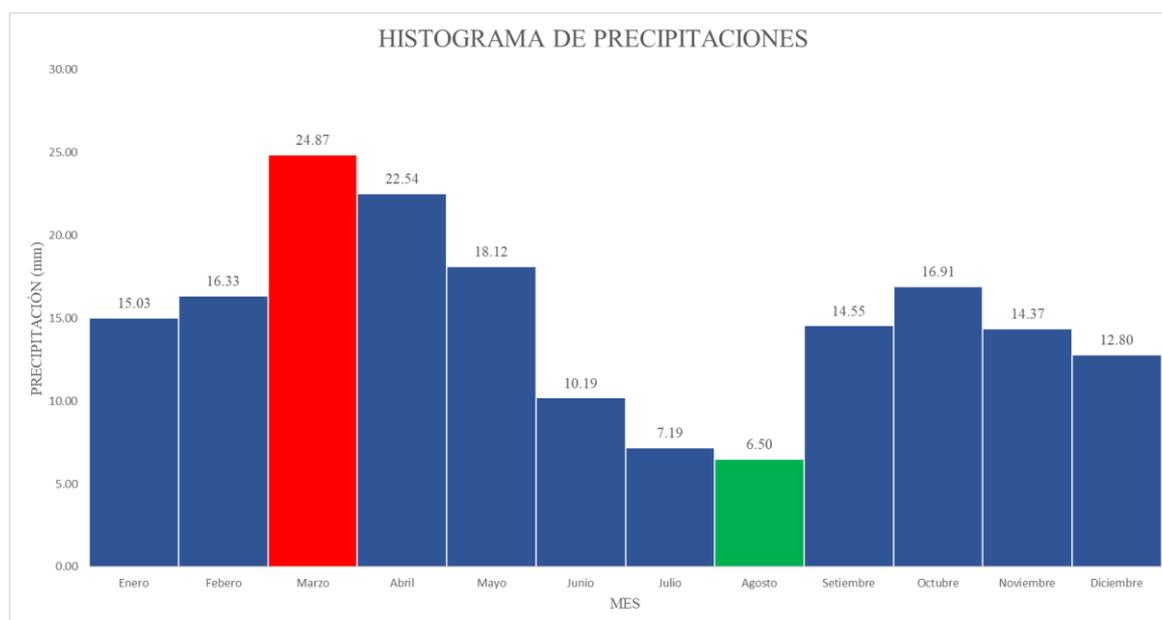
Fuente: Propia

Resultados de Precipitación

Año	Ppmáx 24 hrs												Ppmáx
	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Setiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	
1990	12.3	11.2	24.9	15.9	12.2	13.0	1.9	6.0	14.6	16.9	14.4	5.6	24.9
1991	8.5	6.0	8.9	27.5	25.0	4.5	1.5	6.5	7.5	20.0	48.0	12.8	48.0
1992	21.5	5.0	10.0	17.5	8.5	5.0	4.0	2.5	7.8	23.2	13.5	13.0	23.2
1993	7.8	15.5	30.0	14.0	18.0	10.2	7.2	7.0	8.2	20.0	10.0	7.5	30.0
1994	15.0	21.0	10.5	12.0	15.0	0.5	1.0	0.0	6.0	4.5	18.0	10.0	21.0
1995	5.0	13.5	12.0	35.0	10.7	0.0	18.7	18.1	7.0	15.6	20.5	16.6	35.0
1996	6.5	20.0	18.0	19.0	20.0	9.1	2.6	17.0	4.8	23.0	10.0	2.2	23.0
1997	8.0	19.8	40.8	15.6	16.6	6.5	0.0	0.0	10.6	10.6	15.1	30.2	40.8
1998	31.5	16.8	41.8	48.6	43.0	7.5	0.0	21.2	29.2	26.8	16.4	14.2	48.6
1999	32.0	39.5	36.8	68.2	42.0	48.6	19.5	15.2	56.5	23.0	1.6	10.2	68.2
2000	9.3	18.6	26.8	36.6	22.5	6.2	7.2	9.5	24.0	17.0	7.3	16.5	36.6
2001	10.3	8.0	32.5	17.0	16.5	18.5	0.0	0.0	12.0	26.5	10.0	7.0	32.5
2002	6.5	18.0	23.2	22.0	20.0	5.0	3.0	0.0	28.2	21.0	9.3	6.8	28.2
2003	25.5	16.0	24.0	15.7	16.8	16.5	5.7	12.5	30.0	3.5	11.3	33.2	33.2
2004	9.0	17.3	5.8	13.6	19.4	0.0	40.5	0.0	9.3	9.5	11.9	17.4	40.5
2005	6.0	13.5	24.0	25.1	2.7	17.5	0.0	5.0	4.5	19.0	9.3	10.9	25.1
2006	34.8	17.0	19.8	6.6	6.3	17.7	14.0	1.8	6.5	5.4	15.3	11.5	34.8
2007	10.5	4.2	27.8	15.6	33.1	9.0	0.5	6.7	10.1	22.0	19.9	4.2	33.1
2008	30.6	14.4	36.4	16.6	16.0	5.0	20.7	3.1	18.8	21.0	15.6	1.6	36.4
2009	13.3	7.4	40.0	10.0	30.0	28.3	3.3	1.4	17.0	11.0	26.6	12.8	40.0
2010	10.8	17.2	19.8	15.5	7.8	19.6	11.2	2.8	15.6	16.0	10.8	6.4	19.8
2011	13.5	23.6	21.3	33.3	15.6	1.2	15.2	1.6	14.3	19.8	7.0	20.0	33.3
2012	19.5	23.6	45.0	19.0	13.4	3.0	0.5	4.3	6.0	13.9	17.4	18.0	45.0
2013	20.6	16.6	22.8	23.6	21.8	6.1	1.0	8.0	6.0	11.0	3.0	13.0	23.6
2014	11.4	20.4	24.9	22.5	18.1	4.0	6.5	16.9	20.5	13.8	12.0	27.5	27.5
2015	11.0	20.6	18.8	19.9	0.0	2.5	1.2	1.8	3.3	25.6	19.4	3.6	25.6
Total	34.8	39.5	45.0	68.2	43.0	48.6	40.5	21.2	56.5	26.8	48.0	33.2	

Fuente: Senamhi / ANA

Fig. 51: Histograma de precipitaciones



El cual refleja cuales son los meses más lluviosos, en este caso el mes más lluvioso es el de marzo seguido el de abril, y los meses que menos precipitaciones hay son los de agosto y julio respectivamente.

Prueba de Bondad de Ajuste

Después de realizada la prueba de bondad de ajuste de Smirnov-Kolmogorov, dio como resultado la siguiente jerarquización:

Evaluación con hojas de cálculo

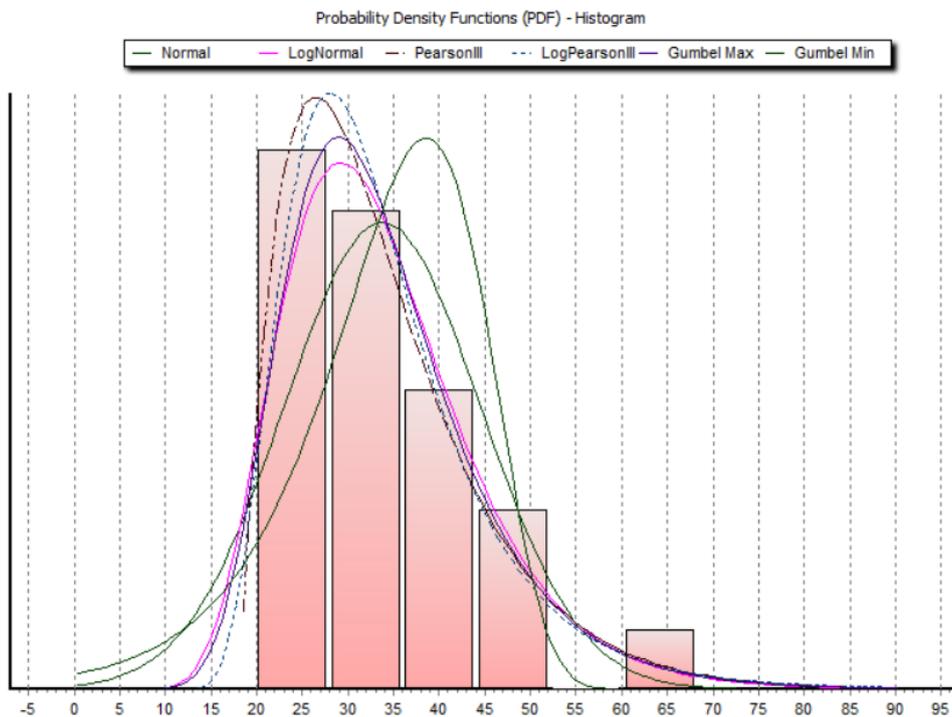
DISTRIBUCIÓN TEÓRICA DE LA MUESTRA

Orden	Distribución	$\Delta_{\text{máx}}$	HYDROGNOMON
1	GUMBEL	0.0760	0.07601
2	LOGNORMAL	0.0821	0.06836
3	LOGPEARSON III	0.0919	0.09181
4	PEARSON III	0.0986	0.09854
5	NORMAL	0.0996	0.09959
6	LOGGUMBEL III	0.1332	0.15863

Evaluación con Hydrognomon

Kolmogorov-Smirnov test for: All data	a=1%	a=5%	a=10%	Attained a	DMax
Normal	ACCEPT	ACCEPT	ACCEPT	91.6847%	0.09959
LogNormal	ACCEPT	ACCEPT	ACCEPT	99.7521%	0.06836
Pearson III	ACCEPT	ACCEPT	ACCEPT	92.2334%	0.09854
Log Pearson III	ACCEPT	ACCEPT	ACCEPT	95.2674%	0.09181
EV1-Max (Gumbel)	ACCEPT	ACCEPT	ACCEPT	99.1365%	0.07601
EV1-Min (Gumbel)	ACCEPT	ACCEPT	ACCEPT	45.4974%	0.15863

Fig. 52: Hietograma de frecuencias relativas a la precipitación.



Fuente: Hydrognomon

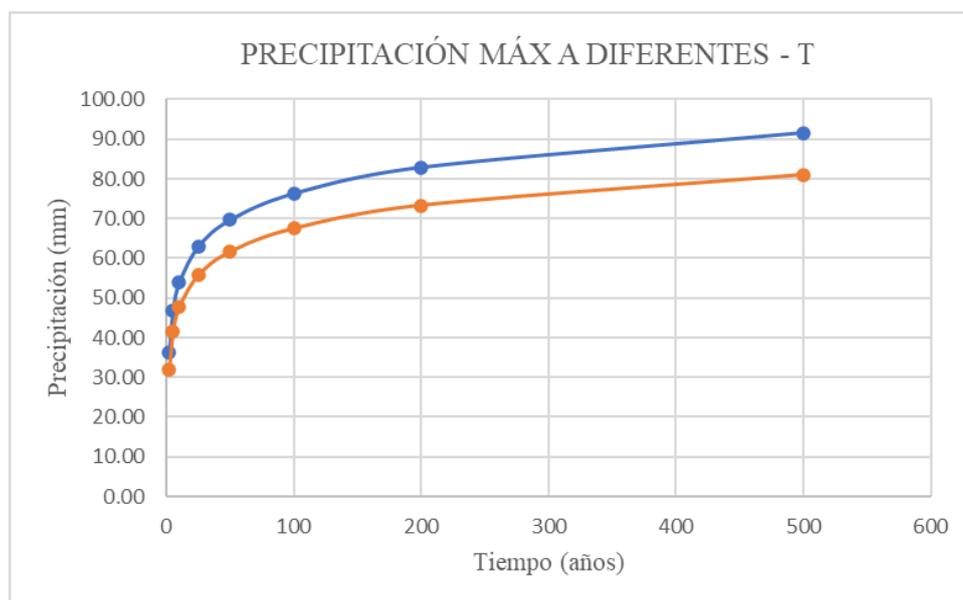
Precipitaciones máximas para distintos periodos de retorno

Para lo cual se considera que de acuerdo a lo antes evaluado la distribución de Gumbel es la que más se ajusta a la data evaluada. Por ello las precipitaciones máximas en 24 horas para distintos periodos de retorno fueron de:

PRECIPITACIONES MÁXIMAS PARA LOS DIFERENTES PERIODOS DE RETORNO			
NOMBRE MICROCUENCA Microcuenca de la Quebrada el Pueblo			
ESTACIÓN 000351 Santa Cruz			
PRECIPITACIONES DIARIAS MÁXIMAS PROBABLES PARA DISTINTAS FRECUENCIAS			
FACTOR DE AJUSTE 1.13		# OBSERVACIONES / DÍA 1	
PERIODO DE RETORNO	HYDROGNOMON Pmax (mm)	Pmax Corregido	Probabilidad de no excedencia P
2	32.00	36.16	0.5
5	41.49	46.89	0.8
10	47.78	53.99	0.90
25	55.72	62.96	0.96
50	61.61	69.62	0.98
100	67.46	76.23	0.99
200	73.28	82.81	0.995
500	80.97	91.50	0.998

Gráfica de precipitaciones máximas y la tendencia a distintos periodos de retorno.

Fig. 53: Tendencia de la precipitación máx.



Fuente: Propia

Hietogramas obtenidos a distintos periodos de Retorno.

Fig. 54: Hietograma de precipitación TR=2 AÑOS

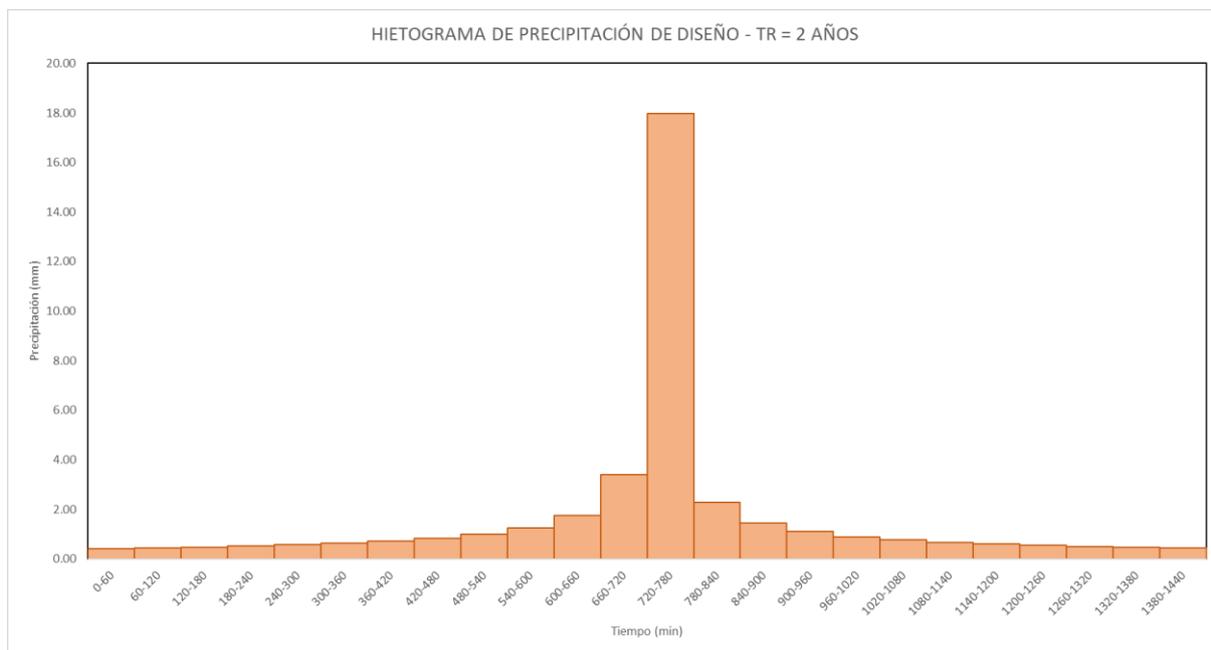


Fig. 55: Hietograma de precipitación TR=5 AÑOS

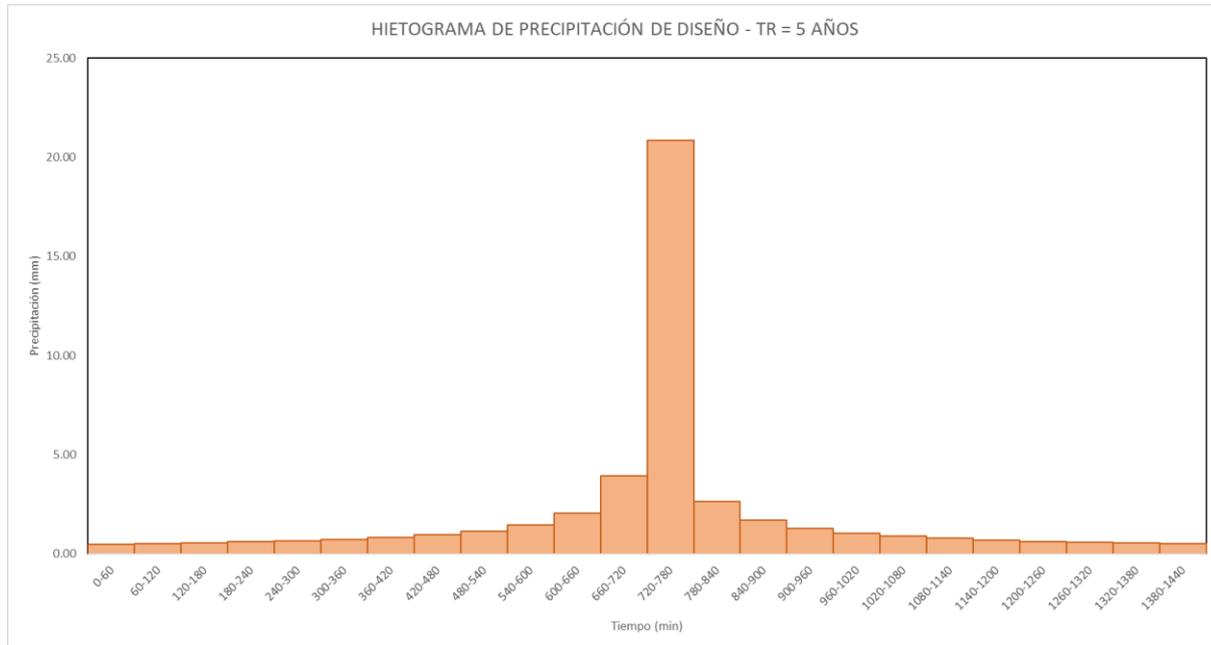


Fig. 56: Hietograma de precipitación TR=10 AÑOS

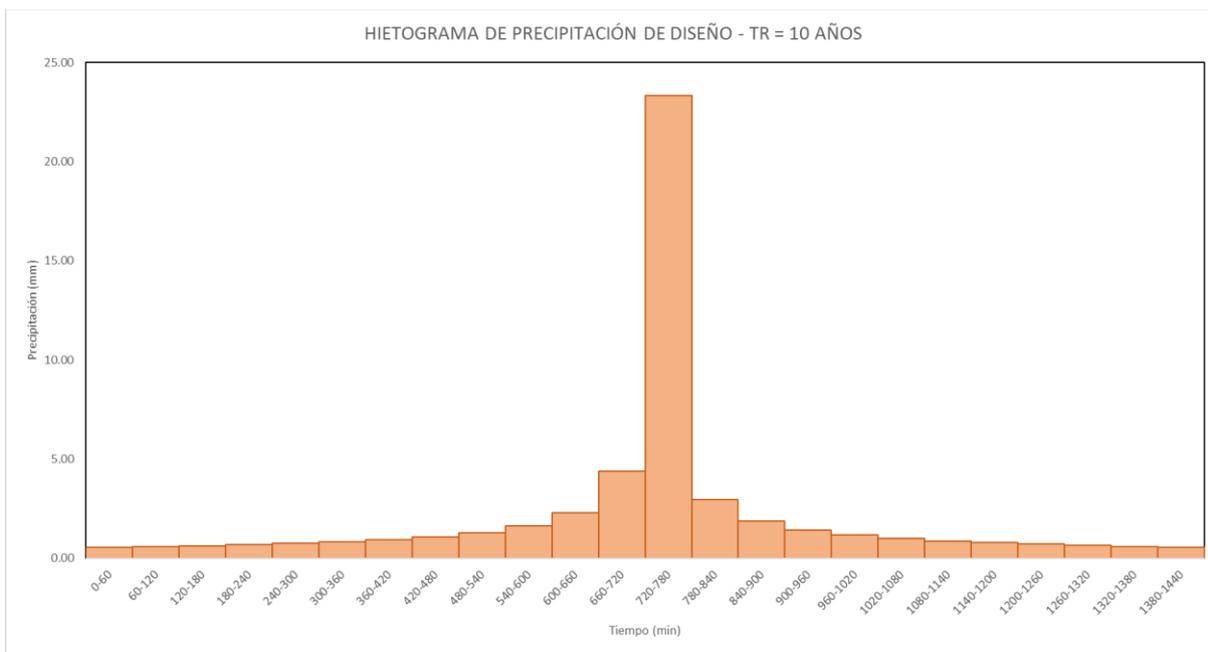


Fig. 57: Hietograma de precipitación TR=25 AÑOS

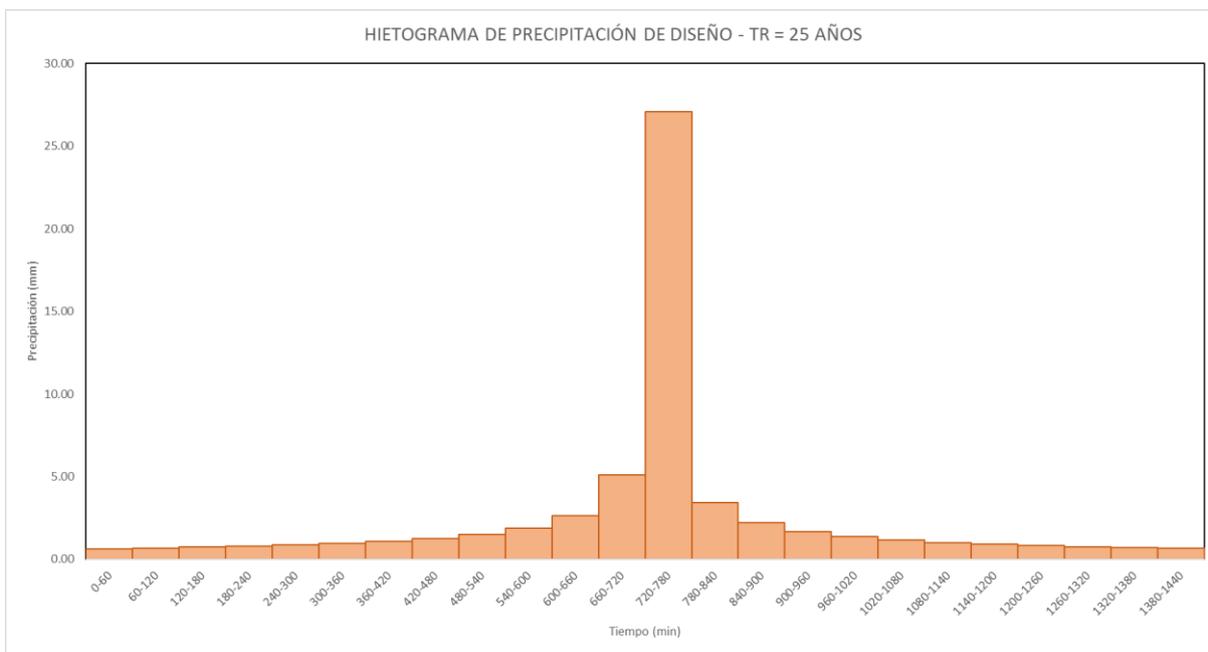


Fig. 58: Hietograma de precipitación TR=50 AÑOS



Fig. 59: Hietograma de precipitación TR=100 AÑOS



Fig. 60: Hietograma de precipitación TR=200 AÑOS

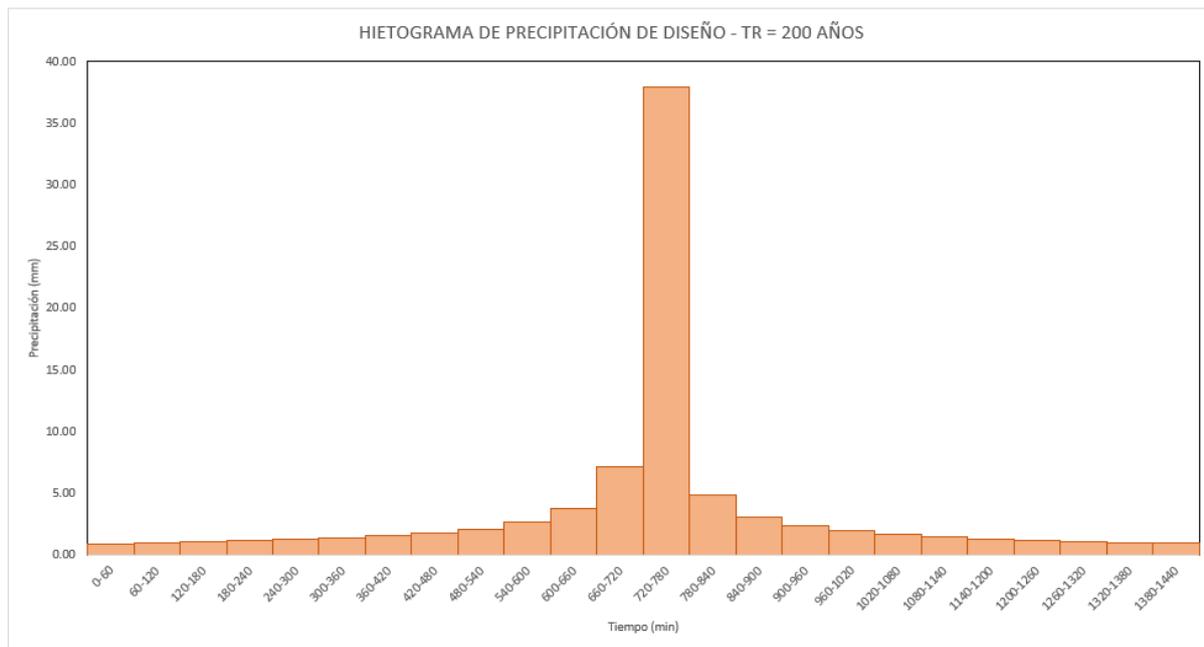
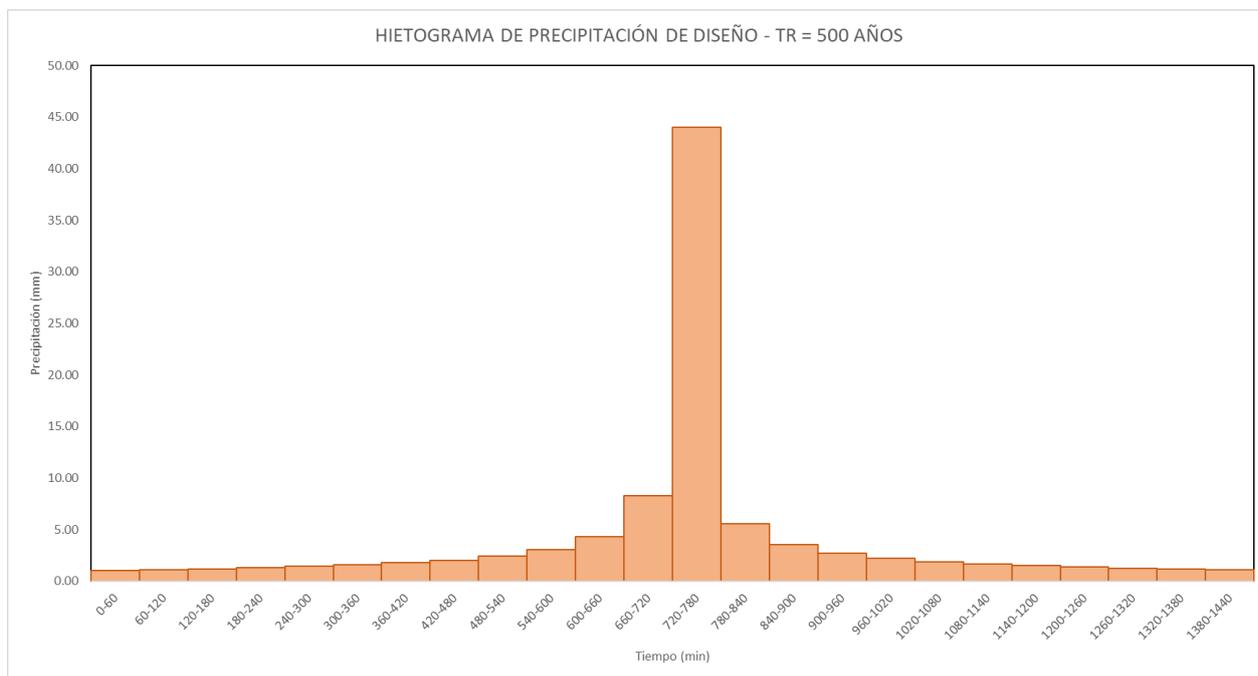


Fig. 61: Hietograma de precipitación TR=500 AÑOS



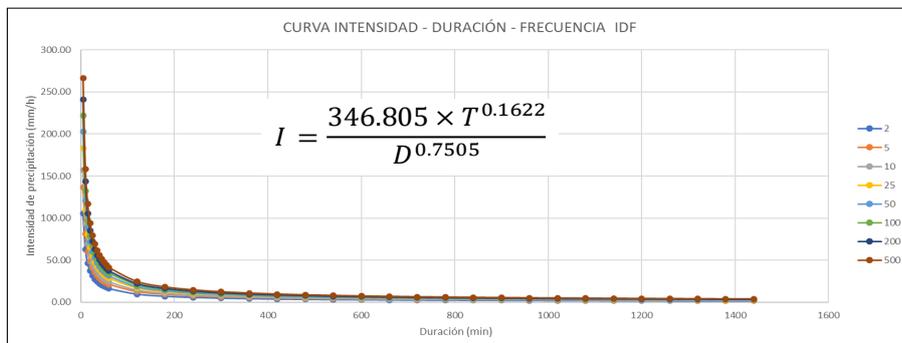
Fuente: Propia

Método Racional

Tomando en cuenta las consideraciones del método racional y evaluando a la microcuenca de la quebrada El Pueblo, se pudo obtener los distintos caudales para cada tiempo de retorno.

MÉTODO RACIONAL

K =	346.805	años
T =	50	
m =	0.1622	
n =	0.7505	
D = tc	40.31	
I =	40.83	mm/h



Clasificación	Coefficiente de Escorrentía	Área (km ²)	C x A
Zona Urbana	0.65	0.55	0.36
Vegetación Arbusiva Natural	0.20	0.52	0.10
Terrenos de Cultivo Extensivos - Paltizales	0.25	5.39	1.35
Terrenos con huertos de cultivos perennes	0.30	1.83	0.55
Alfloraminto rocos - rosivo	0.45	2.65	1.19
TOTAL		10.95	3.55

Coefficiente de Escorrentía Ponderado (C)	0.32
---	------

Área de la cuenca	10.95	km ²
Coefficiente de escorrentía	0.32	
Intensidad máx	40.83	mm/h

Valor de k

I	A	Q	K
mm/h	ha	m ³ /s	1/360
mm/h	km ²	m ³ /s	1/3.6

$$Q = kCIA$$

Q	40.29	m ³ /s
---	-------	-------------------

Los caudales obtenidos para los distintos periodos de retorno mediante el método racional fueron:

Tr = 2 (años), Q= 23.90 m³/s

Tr = 5 (años), Q= 27.73 m³/s

Tr = 10 (años), Q= 31.03 m³/s

Tr = 25 (años), Q= 36.01 m³/s

Tr = 50 (años), Q= 40.29 m³/s

Tr = 100 (años), Q= 45.09 m³/s

Tr = 200 (años), Q= 50.45 m³/s

Tr = 500 (años), Q= 58.54 m³/s

Se puede observar que hay una tendencia regular ascendente de los caudales por el método racional; no obstante, dicho método es en tanto limitado.

Se obtuvo un caudal por el método de pendiente sección de $Q=16.88 \text{ m}^3/\text{s}$, con el cual se procedió a modelar en el software Hec-Ras.

Secc-Qbrda	KM	A (m ²)	P (m)	R (m)	n	V	Qi	10%	Q	
1	3+860	11.350	14.759	0.769	0.034	1.378	15.639	NO SELECC	-	
2	3+865	11.555	12.917	0.895	0.034	1.524	17.610	NO SELECC	-	
3	3+870	12.409	12.732	0.975	0.034	1.614	20.024	SELECC	20.0238	
4	3+875	13.070	14.919	0.876	0.034	1.503	19.643	NO SELECC	-	
5	3+880	16.154	18.099	0.893	0.034	1.522	24.582	NO SELECC	-	
6	3+885	15.563	17.168	0.907	0.034	1.538	23.929	SELECC	23.9291	
7	3+890	15.806	18.269	0.865	0.034	1.490	23.558	SELECC	23.5583	
8	3+895	16.589	19.316	0.859	0.034	1.483	24.604	NO SELECC	-	
9	3+900	17.333	18.910	0.917	0.034	1.549	26.848	NO SELECC	-	
							$\bar{Q}_i =$	21.826	$\bar{Q} =$	22.504
									$75\% \bar{Q} =$	16.8778 m ³ /s

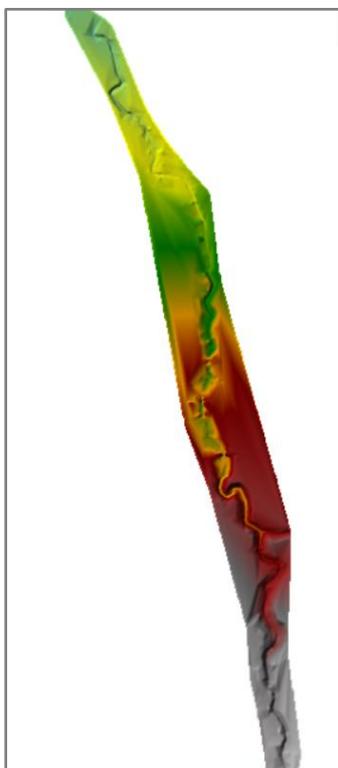
q aceptado 22.50 m³/s

Q diseño 16.88 m³/s

Obtención del DTM

Terrain originado de la superficie del levantamiento topográfico realizado, corregido y con una precisión 1m x 1m de tamaño de celdas.

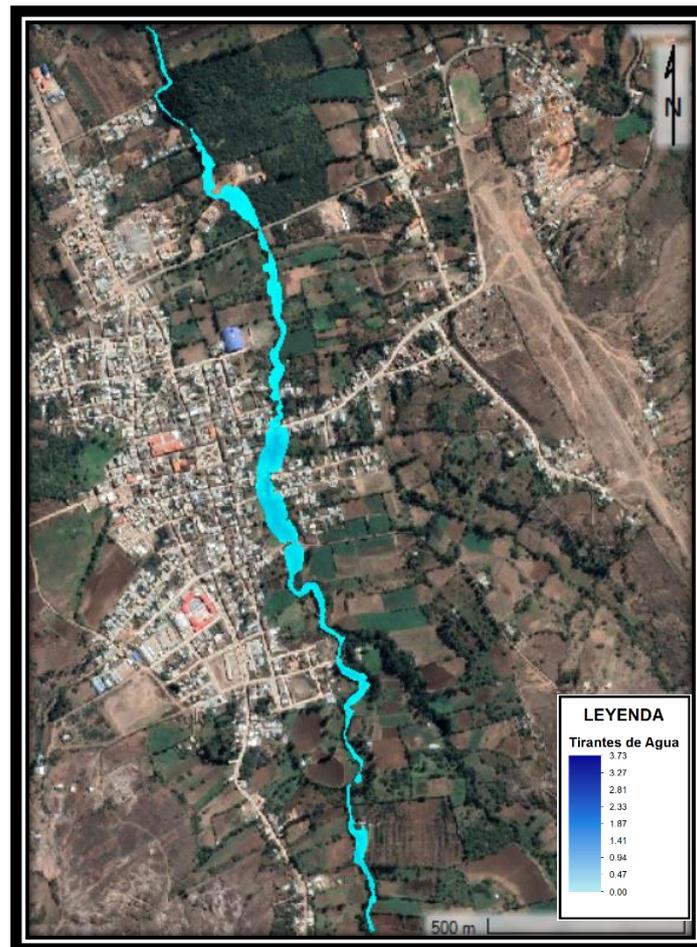
Fig. 62: DTM de la quebrada El Pueblo



3Fuente: Propia

Modelamiento de Hec-Ras para un caudal de diseño de $Q=16.88 \text{ m}^3/\text{s}$

Fig. 63: Modelamiento hidráulico - Tirantes de agua



El cual alcanzó en las zonas más críticas una altura considerable, de acuerdo a las progresivas en el Hec-Ras las cuales fueron:

La Progresiva 1+640 una altura de agua de 1.87 m

La Progresiva 1+480 una altura de agua de 0.94 m

La Progresiva 1+440 una altura de agua de 2.81 m

La Progresiva 1+360 una altura de agua de 3.27 m

La Progresiva 1+320 una altura de agua de 3.73 m

La Progresiva 0+600 una altura de agua de 0.94 m

Se infiere que la zona más crítica y propensa a inundaciones se encuentran entre las progresivas 1+640 a la 0+600.

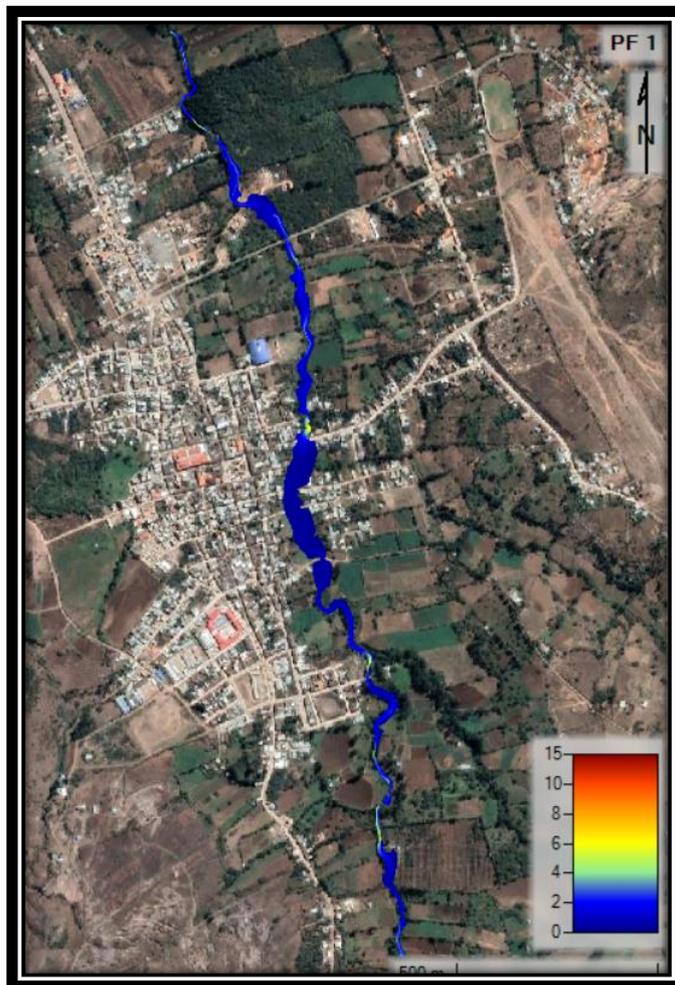
Según la evaluación (Ver anexo de Evaluación de Peligro) y de acuerdo a la altura del agua alcanzada, las zonas están en un peligro:

De la progresiva 1+520 a 1480 de Muy Alta

De la progresiva 1+360 a 0+600 de Alta

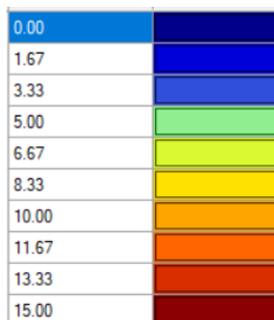
Por lo que en estos tramos se debe de construir un elemento que sirva de protección para las zonas que están en peligro de inundación.

Fig. 64: Modelamiento hidráulico - Velocidades



Las pendientes de la zona de estudio hacen que no exista velocidades fuertes erosivas; sino que, se mantengan en la línea de 3.33 m/s como máximo valor. En algunas zonas como aguas abajo del puente Colón, y ciertos tramos del sector aguas arriba oscilan entre 3.5 m/s y 5.00 m/s.

Fig. 65: Esquema de velocidades del modelo



Líneas de Flujo en zonas críticas

Fig. 65: Sector de la progresiva 1+640 y 1+480



Fig. 66: Sector de la progresiva 1+480 y 1+440



Fig. 67: Sector de la progresiva 1+360 y 1+320



Fig. 68: Sector de la progresiva 1+320 y 1+280



Fig. 69: Sector de la progresiva 0+660 y 0+600



Modelamiento de caudales para los diferentes periodos de retorno obtenidos mediante el método racional.

Fig. 70: $Tr = 2$ (años), $Q = 23.90 \text{ m}^3/\text{s}$



Fig. 71: $Tr = 5$ (años), $Q = 27.73 \text{ m}^3/\text{s}$



Fig. 72: $Tr = 10$ (años), $Q = 31.03 \text{ m}^3/\text{s}$



Fig. 73: $Tr = 25$ (años), $Q = 36.01 \text{ m}^3/\text{s}$



Fig. 74: $Tr = 50$ (años), $Q = 40.29 \text{ m}^3/\text{s}$



Fig. 75: $Tr = 100$ (años), $Q = 45.09 \text{ m}^3/\text{s}$



Fig. 76: $Tr = 200$ (años), $Q = 50.45 \text{ m}^3/\text{s}$



Fig.77: $Tr = 500$ (años), $Q = 58.54 \text{ m}^3/\text{s}$



Fuente: Hec-Ras / Propia

A modo de comprobación el caudal resultante del modelamiento y análisis de la microcuenca de la quebrada El Pueblo con el software Hec-HMS a un periodo de retorno de 50 años fue de $33.9 \text{ m}^3/\text{s}$; en el cual teniendo en cuenta el número de curva CN compuesto y el grupo hidrológico.

Fig. 78: Microcuenca quebrada el Pueblo - Hietograma de precipitación, $Tr=50$ años

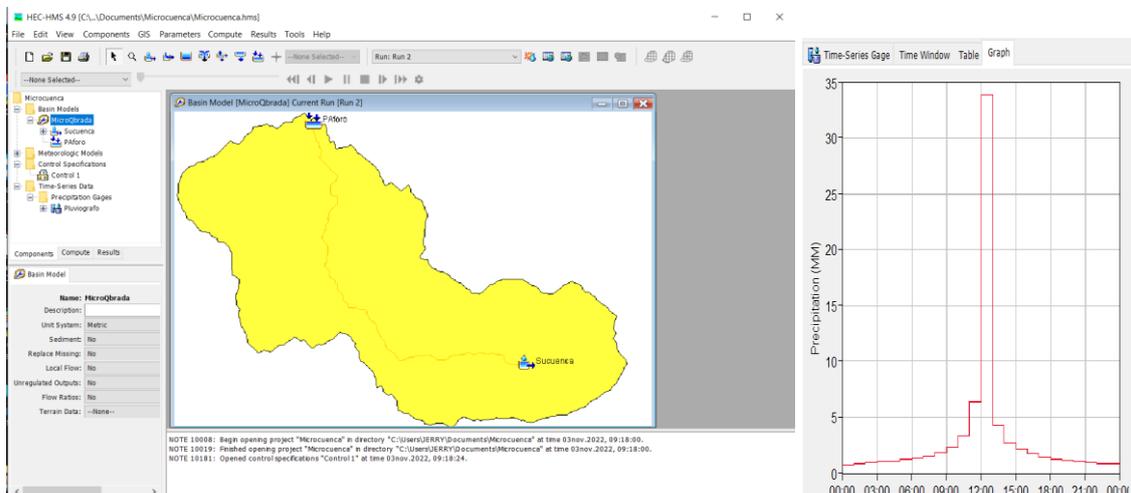


Fig. 78: Tabla del resultado del caudal de la corrida en Hec-HMS

Global Summary Results for Run "Run 2"

Project: MicrocuencaQEIPueblo Simulation Run: Run 2

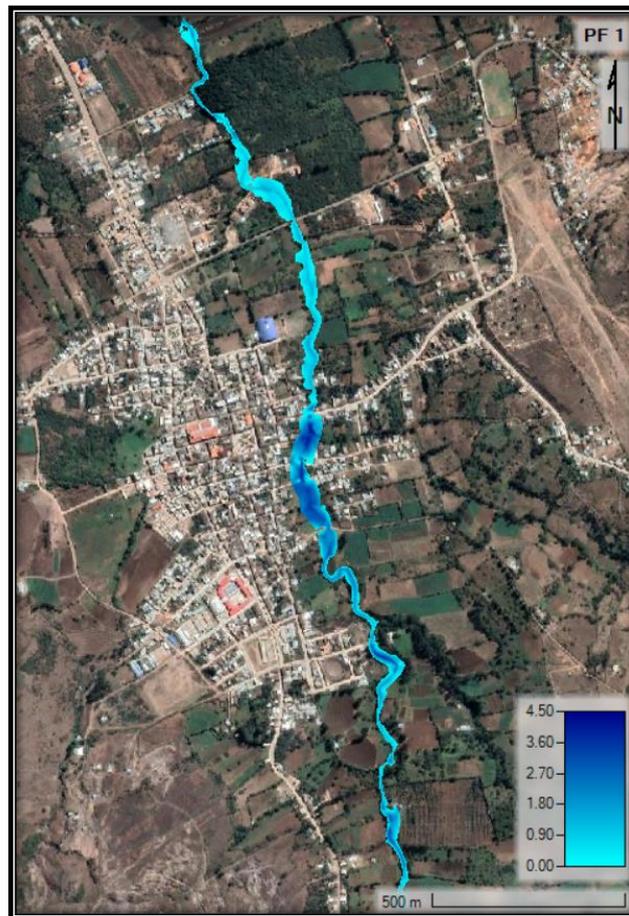
Start of Run: 23ene.2022, 00:00 Basin Model: Microcuenca
 End of Run: 24ene.2022, 12:00 Meteorologic Model: Met.1
 Compute Time: DATA CHANGED, RECOMPUTE Control Specifications: Control 1

Show Elements: Inital Select... Volume Units: MM 1000 M3 Sorting: Hydrolo...

Hydrologic Element	Drainage Area (KM2)	Peak Discharge (M3/S)	Time of Peak	Volume (MM)
Subcuenca	10.9452	33.9	23ene.2022, 13:00	23.58

Simulación con el caudal de diseño obtenido

Fig. 79: Modelamiento hidráulico



V. CONCLUSIONES

- La microcuenca de la quebrada El Pueblo cuenta con cuatro afluentes las cuales son: la quebrada Chito, Cotorumi, Santa Lucia y La Higuera. Como principales características morfométricas la microcuenca tiene un área de expansión de 10.945 km², su perímetro de 17.653 km y longitud de cauce principal de 5.901km; además, una pendiente de la cuenca de 0.0810. el factor de forma es de 0.314; por lo, que la microcuenca presenta una forma redonda a oval alargada, el índice de Gravelius que presenta es igual a 1.49 orientado al ámbito ambiental tiene una mediana tendencia a inundaciones, además cuenta con una densidad de drenaje pobre y se trata de una microcuenca con una curva hipsométrica tipo A, la cual se encuentra en una etapa de juventud potencialmente erosiva. Dicha microcuenca está ubicada en la zona de cuenca media debido a que existe un equilibrio entre el material sedimentario que llega y el material que sale. Adicionalmente, dentro de la microcuenca existe una estación climática convencional, con código 000351, Longitud -78.9475 y Latitud -6.6331.
- Se obtuvo la topografía de la zona de estudio a través de modelos digitales de elevación (DEM) a una resolución de celda de 4.779m, proporcionados por la página Land Viewer, para la evaluación hidrológica de la microcuenca; es decir, de manera macro. Y para la topografía del cauce de la quebrada El Pueblo; es decir, de manera micro o más específica, se obtuvo mediante el levantamiento topográfico con estación total dando como resultado el (DMT) de la zona de evaluación.
- De acuerdo al estudio de suelos, de las 11 calicatas que se planteó realizar, se evidenció resultados tales como: para la calicata 1 clasificación SC(Arena arcillosa) y suelo malo, para la 2 clasificación CL (Arcilla inorgánica de baja plasticidad) y suelo malo, para la 3 clasificación CL (Arcilla inorgánica de baja plasticidad) y suelo malo, para la 4 clasificación SC (Arena arcillosa) y suelo malo, para la 5 clasificación CL (Arcilla inorgánica de baja plasticidad) y suelo malo, para la 6 clasificación SC (Arena arcillosa) y suelo malo, para la 7 clasificación CL (Arcilla inorgánica de baja plasticidad) y suelo malo, para la 8 clasificación CL (Arcilla inorgánica de baja plasticidad) y suelo malo, para la 9 clasificación ML (Limo inorgánico de baja plasticidad) y suelo malo, para la 10 clasificación CL (Arcilla inorgánica de baja plasticidad) y suelo malo y para la 11 clasificación ML (Limo inorgánico de baja plasticidad) y suelo malo. Así como también el peso específico del suelo obtenido fue de: para C1 1880 kg/m³, para C2 1820 kg/m³, para C3 1800 kg/m³, para C4 1900 kg/m³, para C5 1810 kg/m³, para C6 1870 kg/m³, para C7 1840 kg/m³, para C8 1790 kg/m³, para C9 1770 kg/m³, para C10 1810 kg/m³ y

para C11 1780 kg/m³; adicionalmente el ángulo de fricción interna del suelo de 29.90° y una capacidad portante de 1.74 kg/cm².

- Del análisis de precipitaciones y mediante el método racional, con un tiempo de concentración de 40.31 min, tiempo de retardo de 24.18 min, se cuantificó una intensidad máxima de precipitación de 59.32 mm/h; por lo tanto, se obtuvo los diferentes caudales para los periodos de retorno de 2, 5, 10, 25, 50, 100, 200 y 500 años; los cuales fueron de 23.90 m³/s, 27.73 m³/s, 31.03 m³/s, 36.01 m³/s, 40.29 m³/s, 45.09 m³/s, 50.45 m³/s, 58.54 m³/s respectivamente.
- La evaluación pendiente sección que se hizo en campo con secciones transversales cada 5 m en un tramo de 40 m de recorrido, se obtuvo un caudal de 16.88 m³/s, y un coeficiente de rugosidad por el método de Cowan de 0.034.
- Las zonas susceptibles a inundaciones se ubican entre los tramos de los puentes Atahualpa, Napoleón Puga, Bolognesi y Colón. La presencia de estas estructuras genera una reducción del cauce de la quebrada, convirtiendo a estas en un obstáculo para el paso del flujo durante las máximas avenidas. En estas zonas las velocidades disminuyen, generando curva de remanso y provocando enlagueamiento en las zonas aguas arriba y aguas debajo de las estructuras antes mencionadas.
- Los niveles de peligro estimados fueron: Peligro Muy Alto de 0.489 a 0.336, Peligro Alto de 0.258 a 0.336, Peligro Medio de 0.216 a 0.258 y Peligro Bajo de 0.195 a 0.216. el nivel de vulnerabilidad estimado fue: Vulnerabilidad Muy Alta de 0.75 a 1.0, Vulnerabilidad Alta de 0.50 a 0.75, Vulnerabilidad Media de 0.25 a 0.50 y Vulnerabilidad Baja de 0 a 0.25; y por último el nivel de riesgo ya que este está en función del peligro y la vulnerabilidad, los valores del riesgo fueron de: Riesgo Muy Alto de 0.252 a 0.489, Riesgo Alto de 0.129 a 0.252, Riesgo Medio de 0.054 a 0.129 y Riesgo Bajo de 0.001 a 0.054.
- Al no ser un proyecto de inversión pública el proyecto no tiene rentabilidad económica, su valor radica en los beneficios que aporta. La propuesta de una defensa riveriega de dique lateral con muro de gaviones garantiza la seguridad de la población y reduce el riesgo de inundaciones provocadas por el aumento del cauce de la quebrada en épocas de máximas precipitaciones. De este modo, se logra una rentabilidad social mediante la propuesta de defensa de dique lateral.

VI. RECOMENDACIONES

- Se sugiere implementar estaciones pluviométricas automáticas en el ámbito de la microcuenca de la quebrada El Pueblo, ya que solo se cuenta con una convencional. O en su defecto, instalar una estación hidrométrica en el cauce de la quebrada para tener registros automatizados del nivel de agua y caudal, dado que no se tiene datos de tal magnitud. Esto llevaría a obtener datos de caudal que permitirán elaborar un estudio hidrológico e hidráulico de la microcuenca calibrado y preciso.
- A menudo las franjas marginales no son respetadas lo que genera que algunos pobladores quieran ganar espacio invadiendo parte de la franja riverense. En el dominio de la quebrada El Pueblo existen zonas habitadas que están al margen del cauce, dichas zonas son las más propensas a inundaciones a causa de avenidas extraordinarias. Por lo que, se recomienda concientizar e informar a los pobladores de estas zonas mediante charlas comunales y convocando a reuniones para concientizarlos de que están en inminente riesgo de inundación.
- Debido a que, en los últimos tres años, la quebrada El Pueblo se ha desbordado a causa de las fuertes y duraderas precipitaciones en el tramo del distrito de Santa Cruz de Succhabamba; es por ello que se recomienda en conjunto con las autoridades y diferentes instituciones de crear programas de difusión y comunicación, con el fin de informar el riesgo ante una inundación.

Propuesta de alternativa para reducir el riesgo a inundaciones – Dique Lateral

- En general, el factor más importante en la ocurrencia de inundaciones en el distrito de Santa Cruz de Succhabamba es la limitada capacidad hidráulica de la quebrada El Pueblo frente a constantes y fuertes precipitaciones en la microcuenca. Las crecidas de los últimos años han ocurrido en el periodo entre marzo y abril, épocas específicas de fuertes lluvias en la zona, por lo que la precipitación de abril del 2021 se aproximó a caudales asociados a un TR de 25 años, lo cual generó el desbordamiento de la quebrada (Ver anexo Panel Fotográfico), causando pérdidas económicas cuantiosas de los pobladores del distrito de Santa Cruz de Succhabamba. Para contrarrestar y hacer frente a la problemática de inundaciones a causa del desbordamiento de la quebrada El Pueblo, se ha propuesto la alternativa de protección lateral con dique y muros de enrocados. Para la propuesta de diques de enrocado se realizaron dos predimensionamiento, uno con dique y muro de enrocado y el otro con dique y muro de gaviones, resultando el

mejor el de dique con muro de gaviones debido al espacio corto de encauzamiento que tiene la franja marginal de la quebrada El Pueblo.

Conforme a lo antes mencionado el predimensionamiento y diseño preliminar se realizó con un TR de 50 años y un caudal de $40.29 \text{ m}^3/\text{s}$. por ser el de mayor magnitud y que abarca los calculados empíricos y teóricos. Para realizar el diseño de la defensa riverena se consideró los clásicos parámetros hidráulicos y estructurales que se toman cuando se va a diseñar este tipo de estructuras. Primero se estableció el ancho estable de la quebrada, la pendiente hidráulica, el tirante medio y una avenida máxima se calculó el tirante máximo agregando el borde libre que está en función de la energía cinética y un coeficiente de máxima descarga para determinar la altura del dique. Luego se procedió a realizar el cálculo estructural del dique proyectado corroborando su estabilidad. Después se realizó el cálculo de los gaviones y el predimensionamiento del muro, tomando como caudal de diseño el que se va a llevar al modelo hidráulico con tiempo de retorno (TR 25 años); así mismo, se realizan las comprobaciones de estabilidad, empuje, deslizamiento y volteo del muro de gaviones. Después se realiza la estabilidad de los gaviones tipo caja ya que serán colocados de manera vertical cumpliendo con la altura de la defensa. Asimismo, se determinó el tipo de grava de canto rodado y tamaño de este, para poder así dimensionar el cocado del gavión metálico de zinc de 2.5 mm de diámetro. Finalmente, con el diseño de muro de gaviones se procedió a realizar el modelamiento hidráulico del dique y ver el nuevo comportamiento de la quebrada frente a un caudal de máximas avenidas. También, se realizó la evaluación económica de la propuesta mediante la elaboración del presupuesto y el análisis de precios unitarios del dique de muro de gaviones proyectado.

A continuación, se muestra el diseño del dique de muro de gaviones.

PROPUESTA DE DIQUE LATERAL

DISEÑO DE DIQUE LATERAL

CÁLCULO HIDRÁULICO

CÁLCULO DEL ANCHO ESTABLE (B)

Qd	40.29 m ³ /s	TR	50 años
Pendiente	0.021 m/m		
Ubicación	Quebrada El Pueblo		
Tramo	1+640 - 1+320		

Qd (m ³ /s)	Pendiente (m/m)	Método de SIMONS Y ALBERTSON (HENDERSON)	
40.29	0.021	$B = 0.9 K_1 Q^{0.512}$	
		Condiciones de fondo del río (K1)	B (m)
		Fondo de arena y orillas cohesivas	23.65
		Método de ALTUNIN - MANNING	
		$B = (Q^{1/2} S^{1/5}) (n K^{5/3})^{3/(3+5m)}$	
		Rugosidad de Manning (n)	B(m)
		Cauces naturales con irregularidades	3.62
		Coefficiente de Matrial de Cauce (K)	K
		Valor Práctico	10
		Coefficiente del tipo de cauce (m)	m
		Para cauces aluviales	0.7
		Método de BLENCH	
		$B = 1.81 (Q F_b / F_s)^{1/2}$	
		Factor de Fondo (Fb)	B(m)
		Material Fino	32.50
Factor de Fondo (Fs)	Fs		
Material poco cohesivo	0.1		
Método de LACEY			
$B = 4.831 Q^{1/2}$			
	B		
	30.66		
Método de PETTIS			
$B = 4.44 Q^{1/2}$			
	B		
	28.18		
RESUMEN			
MÉTODO			
SIMONS Y ALBERTSON (HENDERSON)		23.65	
ALTUNIN - MANNING		3.62	
BLENCH		32.50	
LACEY		30.66	
PETTIS		28.18	
PROMEDIO B		23.72	
SE ADOPTA B		5.00	

Se elige este ancho estable por adaptarse mejor a la zona de estudio

TIRANTE (y)

ECUACIÓN DE MANNING - STRICKLER

$$y = ((Q/K_s * B * S^{1/2})^{2/3})^{3/5}$$

Qd (m ³ /s)	Valor para Ks para cauces Naturales	Ks	y(m)
40.29	Cauces naturales con irregularidades	30	1.45
Pendiente (m/m)			
0.021			
Ancho Estab (Bm)			
5.00			

VELOCIDAD MEDIA (V)

ECUACIÓN DE MANNING

$$V = (R^{2/3} * S^{1/2}) / n$$

Talud (Z)	Rugosidad de Manning (n)	n	V(m/s)
2	Cauces naturales con irregularidades	0.034	4.28
Área Hidráulica(m ²)			
10.87			
Perímetro Mojado (m)			
10.79			
Radio Hidráulico (m)			
1.01			

Número de Froude : F= V/(g*y)^{1/2}

Velocidad Media de Corriente (m/s)	V	4.28
Aceleración de la Gravedad (m/s ²)	g	9.81
Profundidad Hidráulica Media = A/B	y	2.17
Froude (F)	F	0.93

FLUJO SUBCRITICO

Cálculo de la Altura del Dique

Bordo Libre						
Caudal máximo m ³ /s	α	β	He= v ² /2g	BL	H _D	H _M
3000 - 4000	2	1.10	0.94	1.03	Altura del Muro H _m = y + BL	Amayorar Por Seguridad 1.95
2000 - 3000	1.7					
1000 - 2000	1.4					
500 - 1000	1.2					
100 - 500	1.1					
					1.95	

Recomend. Prácticas	
m ³ /s	BL
> 200	0.5
200 a 500	0.8
500 a 2000	1

Ajustado	
H _M	4.20
y	1.45
BL	0.50

CARACTERÍSTICAS GEOMÉTRICAS DEL DIQUE LATERAL PROYECTADO SON:

Altura Promedio de Dique (m)	=	4.20
Altura de Muro de Gaviones (m)	=	4.20
Base Promedio de Dique (m)	=	3.00
Talud Seco :	(V) : (H)	
Cara Húmeda	1.00 :	0.714
Área (m ²)	=	7.35

0.50	0.00
0.50	4.20
1.00	4.20
3.50	0.00
0.50	0.00

SECCION TÍPICA DE DIQUE:



CÁLCULO ESTRUCTURAL

ESTABILIDAD DEL TERRAPLEN		
Fuerza Resistente (Kg/m)	$R=W*\text{Tan}\phi$	ANÁLISIS DE ESTABILIDAD R>P Sí cumple el dique es estable a la presión del agua
Peso del Terraplen		
Área Dique (m ²)	7.35	
Peso Especifico (Kg/m ³) (Según Calicatas de EMS)	1840	
W	13524	
Ángulo de Fricción interna en grados	30.7	
Tan ϕ	0.59	
R (Kg/m)	8029.96	ES ESTABLE
Presión del Agua (Kg/m ²)	$P=P_w*T^2/2$	
P _w (Kg/m ³)	1000	
Tirante	1.45	
P (Kg/m²)	1048.49	

DISEÑO DE GAVIÓN ENROCADO

Ubicación: Quebrada El Pueblo - Distrito de Santa Cruz de Suchabamba - Provincia Santa Cruz - Cajamarca
 Tramos: 1+640 - 1+320

DATOS INICIALES:

SUELO

$\sigma_s = 1.74 \text{ Kg/cm}^2$
 $\phi_s = 29.9^\circ$

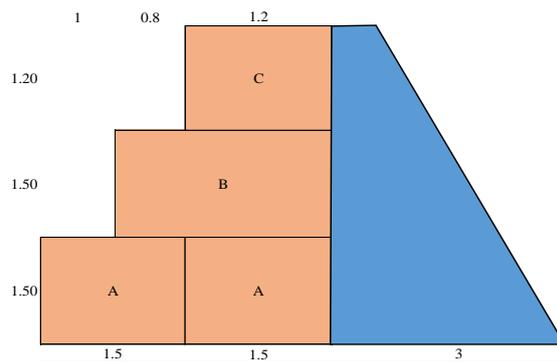
RELLENO DIQUE

$\beta = 0^\circ$
 $\phi_r = 29.9^\circ$
 $\gamma_r = 1.84 \text{ Tn/m}^3$

MURO

$\gamma_m = 2.70 \text{ Tn/m}^3$

DIMENSIONAMIENTO



Altura de bloque A, B	h_B	1.50
Altura de bloque C		
Ancho de bloque A	b_B	1.50
Ancho de bloque B	b_B	2.00
Ancho de bloque C	b_B	1.20

Altura total del muro $H_T = 4.20$

Predimensionamiento de la base

$$B = \frac{1}{2}(1 + H_T)$$

Dimensión de la base

$$\frac{A_B}{B} = \frac{2.6}{3.00}$$

Adoptamos una base

$$\frac{B}{B} = \frac{3.00}{3.00}$$

CÁLCULO DE EMPUJE ACTIVO

EMPUJE ACTIVO

Coefficiente de empuje activo

$$K_a = \cos\beta \left(\frac{\cos\beta - \sqrt{\cos\beta^2 - \cos\phi^2}}{\cos\beta + \sqrt{\cos\beta^2 - \cos\phi^2}} \right)$$

$K_a = 0.3347$

Cálculo del Empuje Activo

$$E_A = \frac{1}{2} * K_a * \gamma_s * H_T^2$$

$E_A = 5.4314 \text{ Tn}$

Altura de aplicación del empuje activo:

$$Y = \frac{H_T}{3} \quad Y = 1.4$$

ANÁLISIS DE ESTABILIDAD**CÁLCULO DEL PESO TOTAL Y MOMENTO RESISTENTE**

FIG	TIPO	ÁREA (m ²)	P. UNIT	P. PARCIAL	BRAZO X (m)	MOMENTO (Tn-m)
I	Gavión	2.25	2.70	6.08	0.75	4.56
II	Gavión	2.25	2.70	6.08	2.25	13.67
III	Gavión	3.00	2.70	8.10	2.00	16.20
IV	Gavión	1.44	2.70	3.89	2.40	9.33
			Σ	24.14	Σ	43.76

P=	24.14 Tn	Mr=	43.76 Tn-m
----	----------	-----	------------

CÁLCULO DE LAS FUERZAS ACTUANTES EN EL MURO DE CONTENCIÓN

Momento producido por el empuje activo: $M_A = E_a * Y$

$$M_A = 7.60 \text{ Tn-m}$$

VERIFICACIÓN POR DESLIZAMIENTO FSD 1.50

$$\frac{f * P}{E_A} \geq FSD \quad \text{donde:} \quad f = tg\phi \leq 0.60$$

$$f = 0.5750$$

FSD = 2.56 > 1.50 **CUMPLE**

VERIFICACIÓN POR VOLTEO FSV 2.00

$$\frac{M_r}{M_A} \geq FSV$$

FSV = 5.75 > 2.00 **CUMPLE**

VERIFICACIÓN DE PRESIONES SOBRE EL TERRENO

Punto de aplicación de la fuerza resultante

$$X_0 = \frac{M_r - M_A}{P}$$

$$X_0 = 1.498 \text{ m}$$

Excentricidad de la fuerza resultante

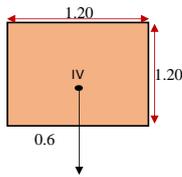
$$e = \frac{B}{2} - X_0 \quad e = 0.0023 \text{ m}$$

Se debe obedecer que: $e < \frac{B}{6}$ $e = 0.50 \text{ m}$ **OK: Cae dentro del tercio central**

Verificación de la presiones de contacto entre el suelo y el muro

$$\sigma = \frac{P}{B} \left[1 \pm \frac{6 * e}{B} \right]$$

$\sigma_1 = 0.808254 \text{ kg/cm}^2 < \sigma_s = 1.74 \text{ kg/cm}^2$ **CONFORME**
 $\sigma_2 = 0.800946 \text{ kg/cm}^2 < \sigma_s = 1.74 \text{ kg/cm}^2$ **CONFORME**

VERIFICACIÓN ENTRE BLOQUE Y BLOQUE**PRIMER BLOQUE***Fuerzas estabilizantes:*

$$\text{Peso(IV)} = 3.89 \text{ Tn}$$

$$\text{Momento(IV)} = 2.33 \text{ Tn-m}$$

Fuerzas desestabilizantes:

$$\text{Empuje} = E_A = \frac{1}{2} * K_a * \gamma_S * H_T^2 = 0.44 \text{ Tn}$$

$$\text{Momento(IV)} = M_A = E_a * Y = 0.18 \text{ tn-m}$$

$$\text{Verificación por deslizamiento : FSD} = 1.50$$

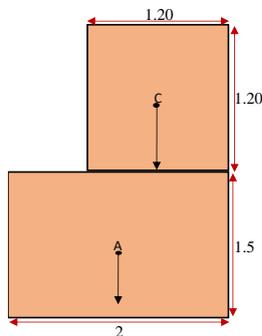
$$\frac{f * P}{E_A} \geq FSD \quad f = 0.5750$$

$$\text{FSD} = 5.04 > 1.50 \quad \text{CUMPLE}$$

$$\text{Verificación por volteo : FSV} = 2.00$$

$$\frac{M_r}{M_A} \geq FSV$$

$$\text{FSV} = 13.15 > 2.00 \quad \text{CUMPLE}$$

SEGUNDO BLOQUE*Fuerzas estabilizantes:*

$$\text{Peso(IV)} = 3.89 \text{ Tn}$$

$$\text{Peso(III)} = 8.10 \text{ Tn}$$

$$\Sigma = 11.99 \text{ Tn}$$

$$\text{Momento(IV)} = 5.44 \text{ Tn-m}$$

$$\text{Momento(III)} = 8.10 \text{ Tn-m}$$

$$\Sigma = 13.54 \text{ Tn-m}$$

Fuerzas desestabilizantes:

$$\text{Empuje} = E_A = \frac{1}{2} * K_a * \gamma_S * H_T^2 = 2.24 \text{ Tn}$$

$$\text{Momento(IV)} = M_A = E_a * Y = 2.02 \text{ tn-m}$$

$$\text{Verificación por deslizamiento : FSD} = 1.50$$

$$\frac{f * P}{E_A} \geq FSD \quad f = 0.5750$$

$$\text{FSD} = 3.07 > 1.50 \quad \text{CUMPLE}$$

$$\text{Verificación por volteo : FSV} = 2.00$$

$$\frac{M_r}{M_A} \geq FSV$$

$$\text{FSV} = 6.70 > 2.00 \quad \text{CUMPLE}$$

PREDIMENSIONAMIENTO DE COCLHÓN DE GAVIÓN

$$\text{Longitud del Colchón} \quad L_{\text{colchón}} = 1.5 * H_s$$

$$\text{Altura de socavación} \quad H_s = 0.59 \text{ m}$$

$$L_{\text{colchón}} = 0.885 \text{ m}$$

$$L_{\text{colchón}} = 1.00 \text{ m}$$

CONDICIÓN ESTRUCTURAL DEL ALAMBRE DE GAVIÓN

-La estructura de los gaviones será tipo caja de tejido de triple torsión de alambre de acero con diámetro de 2.5 mm con una composición recubierta por 270 gramos de zinc; sin embargo, resulta ideal el uso de alambre para reforzar sus caras, dicha práctica resulta favorable para la interacción con el medio ambiente y el cuidado de este.

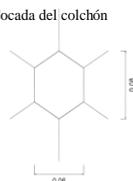
-Estos gaviones estarán compuestos por: alambres, mallas, las unidades de gaviones y las uniones entre gaviones.

-La malla será hexagonal o de torsión y su calibre de 8 y 10 centímetros para los gaviones y para los colchones de 6 y 8 centímetros

Cocada de los Gaviones



Cocada del colchón



-Con una resistencia a la tensión de 50 kg/mm^2

-Material de relleno del gavión deberá de ser de cantera en este caso grava de canto rodado y el tamaño deberá de ser mayor al cocado de la malla previamente predimensionada. Se recomienda utilizar tamaño de gravas entre 6 y 10 pulgadas. Se podrá permitir como máximo el 5% del volumen de celda del gavión con gravas del tamaño menor al indicado.

La permeabilidad estará ensamblada luego de la conformación del dique proyectado. Dicha permeabilidad la brindará el GEOTEXTIL no tejido agujado, producido con fibras de polipropileno y térmicamente consolidado, irá colocado (Ver Plano) entre el dique y el paquete de gaviones, además del colchón antisocavación. Es importante resaltar que este GEOTEXTIL también servirá para el que el material de relleno del dique no se mezcle con los gaviones, así como también impedir la erosión del gavión y drenar permitiendo de esta manera la evacuación de agua y aire del suelo.

Fig. 80: Modelamiento hidráulico de Dique Lateral-Muro de Gaviones Diseñado. Controlando Desborde.



Fig. 81: Plano de detalle de Gavión de Protección – Sección Típica.

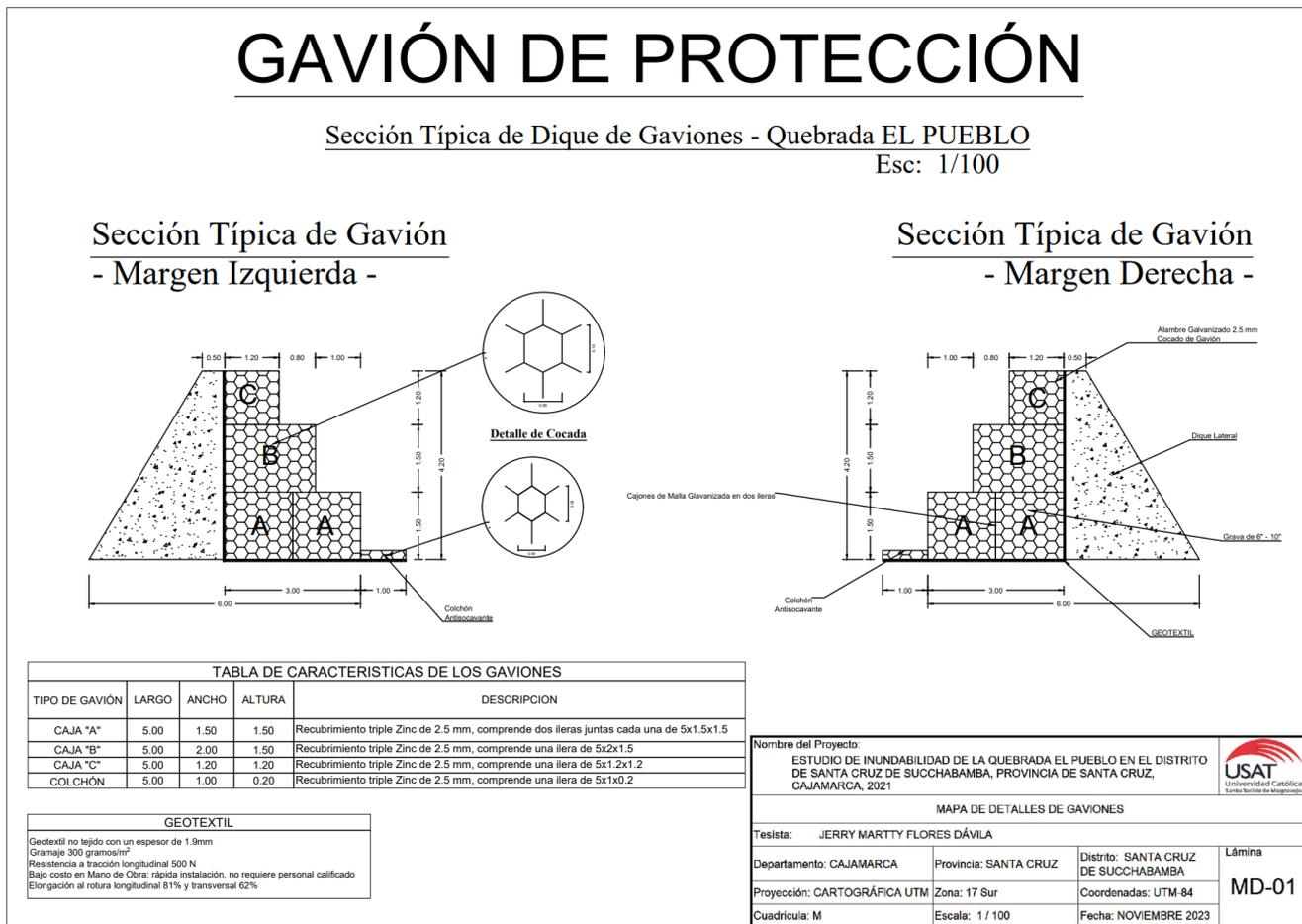


Fig. 82: Resumen de Metrados – Planilla de Metrados de gaviones proyectados

RESUMEN DE METRADOS			
ESTUDIO DE INUNDABILIDAD DE LA QUEBRADA EL PUEBLO EN EL DISTRITO DE SANTA CRUZ DE SUCCHABAMBA, PROVINCIA SANTA CRUZ, DEPARTAMENTO CAJAMARCA, 2021			
UBICACIÓN: SANTA CRUZ DE SUCCHABAMBA - PROVINCIA DE SANTA CRUZ - DEPARTAMENTO CAJAMARCA			
TESISTA: JERRY MARTTY FLORES DAVILA			
FECHA : NOVIEMBRE 2023			
Ítem	Descripción	Und	Metrado
01.01	OBRAS PROVISIONALES		
01.01.01	CARTEL DE IDENTIFICACION DE LA OBRA 3.60 X 4.80 m	Und	1.00
01.01.02	MOVILIZACION Y DESMOVILIZACION MAQUINARIA PESADA	Glb	2.00
01.02	TRABAJOS PRELIMINARES		
01.02.01	TRAZO Y REPLANTEO	km	0.32
01.02.01	CONTROL TOPOGRAFICO	km	0.32
01.03	MOVIMIENTO DE TIERRAS		
01.03.01	LIMPIEZA Y DESCOLMATACION DE CAUCE	m3	1120.00
01.03.02	CONFORMACION DE DIQUE SECO C/MAQUINARIA	m3	4704.00
01.03.03	EXCAVACION PARA CIMIENTO EN LECHO DE RIVERA	m3	288.00
01.04	PROTECCION CON GAVIONES Y COLCHON ANTISOCAVANTE		
01.04.01	EXPLOTACION, SELECCIÓN Y APILE DE GRAVA EN CANTERA	m3	5849.60
01.04.02	CARGUIO Y TRANSPORTE DE GRAVA	m3	5849.60
01.04.03	SUMINISTRO DE GAVION COLCHON (0.20 X 1.00 X 5.00)	Und	128.00
01.04.04	SUMINISTRO DE GAVIONES TIPO "A" (1.50 X 1.50 X 5.00)	Und	256.00
01.04.05	SUMINISTRO DE GAVIONES TIPO "B" (1.50 X 2.00 X 5.00)	Und	128.00
01.04.06	SUMINISTRO DE GAVIONES TIPO "C" (1.20 X 1.20 X 5.00)	Und	128.00
01.04.07	HABILITACION DE GAVION COLCHON (0.20 X 1.00 X 5.00)	Und	128.00
01.04.08	HABILITACION DE GAVIONES TIPO "A" (1.50 X 1.50 X 5.00)	Und	256.00
01.04.09	HABILITACION DE GAVIONES TIPO "B" (1.50 X 2.00 X 5.00)	Und	128.00
01.04.10	HABILITACION DE GAVIONES TIPO "C" (1.20 X 1.20 X 5.00)	Und	128.00
01.04.11	LLENADO DE GAVION COLCHON (0.20 X 1.00 X 5.00)	Und	128.00
01.04.12	LLENADO DE GAVIONES TIPO "A" (1.50 X 1.50 X 5.00)	Und	256.00
01.04.13	LLENADO DE GAVIONES TIPO "B" (1.50 X 2.00 X 5.00)	Und	128.00
01.04.14	LLENADO DE GAVIONES TIPO "C" (1.20 X 1.20 X 5.00)	Und	128.00
01.04.15	AMARRADO DE GAVION COLCHON (0.20 X 1.00 X 5.00)	Und	128.00
01.04.16	AMARRADO DE GAVIONES TIPO "A" (1.50 X 1.50 X 5.00)	Und	256.00
01.04.17	AMARRADO DE GAVIONES TIPO "B" (1.50 X 2.00 X 5.00)	Und	128.00
01.04.18	AMARRADO DE GAVIONES TIPO "C" (1.20 X 1.20 X 5.00)	Und	128.00
01.04.19	GEOTEXTIL NO TEJIDO DE 300 GR/M2 INCLUYE SUMINISTRO E INSTALACION	m2	5248.00
01.05	REFORESTACION		
01.05.01	HABILITACION Y SUMINISTRO DE PLANTONES	Und	90.00
01.05.02	EXCAVACION DE HOYOS Y PLANTACION	Und	90.00
01.05.03	RIEGO Y MANTENIMIENTO	Und	90.00
01.06	SEGURIDAD Y SALUD EN OBRA		
01.06.01	SEGURIDAD EN OBRA	Glb	1.00
01.07	FLETE TERRESTRE		
01.07.01	FLETE TERRESTRE	Glb	1.00

PLANTILLA GENERAL DE METRADOS								
ESTUDIO DE INUNDABILIDAD DE LA QUEBRADA EL PUEBLO EN EL DISTRITO DE SANTA CRUZ DE SUCHABAMBA, PROVINCIA SANTA CRUZ, DEPARTAMENTO CAJAMARCA, 2021								
UBICACION: SANTA CRUZ DE SUCHABAMBA - PROVINCIA DE SANTA CRUZ - DEPARTAMENTO CAJAMARCA								
TESISTA: JERRY MARTTY FLORES DAVILA								
FECHA : NOVIEMBRE 2023								
Ítem	Descripción	Und.	N° Veces	Dimensiones			Parcial	Total
				Largo	Ancho	Altura		
1.00	TRAMO 1+640 - 1+320 DE LA QUEBRADA EL PUEBLO							
01.01	OBRAS PROVISIONALES							
01.01.01	CARTEL DE IDENTIFICACION DE LA OBRA 3.60 X 4.80 m Cartel de identificación de la Obra	Und	1.00				1.00	1.00
01.01.02	MOVILIZACION Y DESMOVILIZACION MAQUINARIA PESADA Movilización de maquinaria pesada	Glb	2.00				2.00	2.00
01.02	TRABAJOS PRELIMINARES							
01.02.01	TRAZO Y REPLANTEO Limpieza y Descolmatación	km		0.32			0.32	0.32
01.02.01	CONTROL TOPOGRAFICO Limpieza y Descolmatación	km		0.32			0.32	0.32
01.03	MOVIMIENTO DE TIERRAS							
01.03.01	LIMPIEZA Y DESCOLMATAACION DE CAUCE Cauce estable de quebrada	m3		320.00	5.00	0.70	1120.00	1120.00
01.03.02	CONFORMACION DE DIQUE SECO C/MAQUINARIA Conformación de Dique	m3	2.00	320.00	7.35		4704.00	4704.00
01.03.03	EXCAVACION PARA CIMIENTO EN LECHO DE RIVERA Gaviones caja y Colchon antisocavante	m3	1.00	320.00	3.00	0.30	288.00	288.00
01.04	PROTECCION CON GAVIONES Y COLCHON ANTISOCAVANTE							
01.04.01	EXPLOTACION, SELECCION Y APILE DE GRAVA EN CANTERA Gavión tipo colchon (5.0 x 1.0 x 0.20) Gavión tipo caja "A" (5.0 x 1.50 x 1.50) Gavión tipo caja "B" (5.0 x 2.0 x 1.50) Gavión tipo caja "C" (5.0 x 1.2 x 1.20)	m3	2.00	320.00	0.20	1.00	128.00	5849.60
			4.00	320.00	1.50	1.50	2880.00	
			2.00	320.00	2.00	1.50	1920.00	
			2.00	320.00	1.20	1.20	921.60	
01.04.02	CARGUIO Y TRANSPORTE DE GRAVA Carguio y transporte de piedra	m3		5849.60			5849.60	5849.60
01.04.03	SUMINISTRO DE GAVION COLCHON (0.20 X 1.00 X 5.00) Suministro y armado de gavión tipo colchón	Und	2.00	320.00			128.00	128.00
01.04.04	SUMINISTRO DE GAVIONES TIPO "A" (1.50 X 1.50 X 5.00) Suministro y armado de gavión tipo caja	Und	4.00	320.00			256.00	256.00
01.04.05	SUMINISTRO DE GAVIONES TIPO "B" (1.50 X 2.00 X 5.00) Suministro y armado de gavión tipo caja	Und	2.00	320.00			128.00	128.00
01.04.06	SUMINISTRO DE GAVIONES TIPO "C" (1.20 X 1.20 X 5.00) Suministro y armado de gavión tipo caja	Und	2.00	320.00			128.00	128.00
01.04.07	HABILITACION DE GAVION COLCHON (0.20 X 1.00 X 5.00) Instalación de gavión tipo colchón	Und	2.00	320.00			128.00	128.00
01.04.08	HABILITACION DE GAVIONES TIPO "A" (1.50 X 1.50 X 5.00) Instalación de gavión tipo caja	Und	4.00	320.00			256.00	256.00
01.04.09	HABILITACION DE GAVIONES TIPO "B" (1.50 X 2.00 X 5.00) Instalación de gavión tipo caja	Und	2.00	320.00			128.00	128.00
01.04.10	HABILITACION DE GAVIONES TIPO "C" (1.20 X 1.20 X 5.00) Instalación de gavión tipo caja	Und	2.00	320.00			128.00	128.00
01.04.11	LLENADO DE GAVION COLCHON (0.20 X 1.00 X 5.00) Llenado de gavión tipo colchón	Und	2.00	320.00			128.00	128.00
01.04.12	LLENADO DE GAVIONES TIPO "A" (1.50 X 1.50 X 5.00) Llenado de gavión tipo caja	Und	4.00	320.00			256.00	256.00
01.04.13	LLENADO DE GAVIONES TIPO "B" (1.50 X 2.00 X 5.00) Llenado de gavión tipo caja	Und	2.00	320.00			128.00	128.00
01.04.14	LLENADO DE GAVIONES TIPO "C" (1.20 X 1.20 X 5.00) Llenado de gavión tipo caja	Und	2.00	320.00			128.00	128.00
01.04.15	AMARRADO DE GAVION COLCHON (0.20 X 1.00 X 5.00) Tapado de gavión tipo colchón	Und	2.00	320.00			128.00	128.00
01.04.16	AMARRADO DE GAVIONES TIPO "A" (1.50 X 1.50 X 5.00) Tapado de gavión tipo caja	Und	4.00	320.00			256.00	256.00
01.04.17	AMARRADO DE GAVIONES TIPO "B" (1.50 X 2.00 X 5.00) Tapado de gavión tipo caja	Und	2.00	320.00			128.00	128.00
01.04.18	AMARRADO DE GAVIONES TIPO "C" (1.20 X 1.20 X 5.00) Tapado de gavión tipo caja	Und	2.00	320.00			128.00	128.00
01.04.19	GEOTEXTIL NO TEJIDO DE 300 GR/M2 INCLUYE SUMINISTRO E INSTALACION	m2	2.00	320.00	8.20		5248.00	5248.00
01.05	REFORESTACION							
01.05.01	HABILITACION Y SUMINISTRO DE PLANTONES Habilitación y suministro de plántones	Und	2.00	45.00			90.00	90.00
01.05.02	EXCAVACION DE HOYOS Y PLANTACION Excavación de hoyos y plantación	Und	2.00	45.00			90.00	90.00
01.05.03	RIEGO Y MANTENIMIENTO Riego y mantenimiento	Und	2.00	45.00			90.00	90.00
01.06	SEGURIDAD Y SALUD EN OBRA							
01.06.01	SEGURIDAD EN OBRA	Glb	1.00				1.00	1.00
01.07	FLETE TERRESTRE							
01.07.01	FLETE TERRESTRE	Glb	1.00				1.00	1.00

Fig. 83: Presupuesto de gaviones proyectados

S10

Página 1

Presupuesto

Presupuesto **0401002 CONSTRUCCION DEL DIQUE ENROCADO**
 Subpresupuesto **001 ESTUDIO DE INUNDABILIDAD DE LA QUEBRADA EL PUEBLO EN EL DISTRITO DE SANTA CRUZ DE SUCCHABAMBA, PROVINCIA SANTA CRUZ, CAJAMARCA, 2021**
 Cliente **JERRY MARTTY FLORES DAVILA** Costo al **10/12/2022**
 Lugar **CAJAMARCA - SANTA CRUZ - SANTA CRUZ**

Item	Código	Descripción	Und.	Metrado	Precio S/.	Parcial S/.
01		OBRAS PROVISIONALES				18,343.71
01.01	010301090106-0401002-01	CARTEL DE IDENTIFICACION DE LA OBRA 3.60X4.80M C/GIGANTOGRAFIA	und	1.00	1,214.60	1,214.60
01.02	010301030103-0401002-01	MOVILIZACION Y DESMOVILIZACION DE EQUIPO PESADO	glb	2.00	8,148.30	16,296.60
01.03	010301050104-0401002-01	HABILITACION DE CAMINO DE ACCESO	km	0.15	5,550.08	832.51
02		TRABAJOS PRELIMINARES				540.64
02.01	010701030002-0401002-01	TRAZO Y REPLANTEO	km	0.32	942.27	301.53
02.02	010301050105-0401002-01	CONTROL TOPOGRAFICO	km	0.32	747.23	239.11
03		MOVIMIENTO DE TIERRAS				27,656.64
03.01	010111040206-0401002-01	LIMPIEZA Y DESCOLMATACION DE CAUCE	m3	3,840.00	3.17	12,172.80
03.02	010703020307-0401002-01	CONFORMACION DE DIQUE SECO C/MAQUINARIA	m3	3,072.00	3.14	9,646.08
03.03	010303010508-0401002-02	EXCAVACION PARA CIMIENTO EN LECHO DE RIVERA	m3	288.00	20.27	5,837.76
04		PROTECCION CON GAVIONES Y COLCHON ANTISOCAVANTE				531,060.78
04.01	010303030402-0401002-01	EXPLOTACION, SELECCION Y APILE DE PIEDRA EN CANTERA	m3	5,849.00	32.51	190,150.99
04.02	010122020145-0401002-01	CARGUIO Y TRANSP. DE PIEDRA	m3	5,849.00	15.63	91,419.87
04.03	010313030401-0401002-02	SUMINISTRO DE GAVION COLCHON (0.2x1.0x5.0)	und	128.00	156.80	20,070.40
04.04	010313030402-0401002-01	SUMINISTRO DE GAVIONES TIPO "A" (1.5x1.5x5.0)	und	256.00	178.30	45,644.80
04.05	010313030403-0401002-01	SUMINISTRO DE GAVIONES TIPO "B" (1.5x2.0x5.0)	und	128.00	203.70	26,073.60
04.06	010313030404-0401002-01	SUMINISTRO DE GAVIONES TIPO "C" (1.2x1.2x5.0)	und	128.00	165.25	21,152.00
04.07	010313030408-0401002-01	HABILITACION DE GAVION COLCHON (0.2x1.0x5.0)	und	128.00	15.66	2,004.48
04.08	010313030407-0401002-01	HABILITACION DE GAVIONES TIPO "A" (1.5x1.5x5.0)	und	256.00	17.80	4,556.80
04.09	010313030406-0401002-01	HABILITACION DE GAVIONES TIPO "B" (1.5x2.0x5.0)	und	128.00	19.57	2,504.96
04.10	010313030405-0401002-01	HABILITACION DE GAVIONES TIPO "C" (1.2x1.2x5.0)	und	128.00	15.66	2,004.48
04.11	010313030409-0401002-01	LLENADO DE GAVION COLCHON (0.2x1.0x5.0)	und	128.00	30.90	3,955.20
04.12	010313030410-0401002-01	LLENADO DE GAVIONES TIPO "A" (1.5x1.5x5.0)	und	256.00	35.32	9,041.92
04.13	010313030411-0401002-01	LLENADO DE GAVIONES TIPO "B" (1.5x2.0x5.0)	und	128.00	44.94	5,752.32
04.14	010313030412-0401002-01	LLENADO DE GAVIONES TIPO "C" (1.2x1.2x5.0)	und	128.00	34.42	4,405.76
04.15	010313030416-0401002-01	AMARRADO DE GAVION COLCHON (0.2x1.0x5.0)	und	128.00	47.36	6,062.08
04.16	010313030415-0401002-01	AMARRADO DE GAVIONES TIPO "A" (1.5x1.5x5.0)	und	256.00	52.31	13,391.36
04.17	010313030414-0401002-01	AMARRADO DE GAVIONES TIPO "B" (1.5x2.0x5.0)	und	128.00	56.00	7,168.00
04.18	010313030413-0401002-01	AMARRADO DE GAVIONES TIPO "C" (1.2x1.2x5.0)	und	128.00	49.81	6,375.68
04.19	010313110105-0401002-01	GEOTEXTIL NO TEJIDO DE 300 gr/m2 INCLUYE SUMINISTRO E INSTALACION	m2	5,248.00	13.21	69,326.08
05		REFORESTACION				655.20
05.02	010101010128-0401002-02	HABILITACION Y SUMINISTRO DE PLANTONES	und	90.00	5.16	464.40
05.01	010101010129-0401002-02	EXCAVACION DE HOYOS Y PLANTACION	und	90.00	0.84	75.60
06.01	010101010130-0401002-02	RIEGO Y MANTENIMIENTO	und	90.00	1.28	115.20
06		SEGURIDAD Y SALUD EN EL TRABAJO				2,135.00
06.02	010501020110-0401002-01	SEGURIDAD EN OBRA	glb	1.00	2,135.00	2,135.00
07		FLETE				35,000.00
07.01	010102030102-0401002-01	FLETE TERRESTRE	glb	1.00	35,000.00	35,000.00
		Costo Directo				615,391.97
		GASTOS GENERALES (8%)				49,231.36
		UTILIDAD (10%)				46,154.40
		SUB TOTAL				710,777.73
		IGV (18%)				127,939.99
		PRESUPUESTO DE EJECUCION DE OBRA				838,717.72
		SUPERVISION (3% C.D.)				18,461.76
		EXPEDIENTE TECNICO				20,000.00
		PRESUPUESTO TOTAL (S/)				877,179.48

SON : OCHOCIENTOS SETENTISIETE MIL CIENTO SETENTINUEVE Y 48/100 NUEVOS SOLES

Fig. 84: Análisis de Precio Unitarios de gaviones proyectados

S10

Página : 1

Análisis de precios unitarios

Presupuesto **0401002 CONSTRUCCION DEL DIQUE ENROCADO**
 Subpresupuesto **001 ESTUDIO DE INUNDABILIDAD DE LA QUEBRADA EL PUEBLO EN EL DISTRITO DE SANTA CRUZ DE SUCCHABAMBA, PROVINCIA SANTA CRUZ, CAJAMARCA, 2021** Fecha presupuesto **10/12/2022**

Partida **01.01 CARTEL DE IDENTIFICACION DE LA OBRA 3.60X4.80M C/GIGANTOGRAFIA**

Rendimiento **und/DIA MO. 1.0000 EQ. 1.0000** Costo unitario directo por : und **1,214.60**

Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.
Mano de Obra						
0101010003	OPERARIO	hh	1.0000	8.0000	12.50	100.00
0101010005	PEON	hh	2.0000	16.0000	8.75	140.00
240.00						
Materiales						
0207030001	HORMIGON	m3		0.4800	20.00	9.60
0213010001	CEMENTO PORTLAND TIPO I (42.5 kg)	bol		1.2000	31.50	37.80
0231010001	MADERA TORNILLO	p2		70.0000	6.00	420.00
0291020020	GIGANTOGRAFIA 3.6 X 2.4 M	und		1.0000	500.00	500.00
967.40						
Equipos						
0301010006	HERRAMIENTAS MANUALES	%mo		3.0000	240.00	7.20
7.20						

Partida **01.02 MOVILIZACION Y DESMOVILIZACION DE EQUIPO PESADO**

Rendimiento **glb/DIA MO. 1.0000 EQ. 1.0000** Costo unitario directo por : glb **8,148.30**

Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.
Mano de Obra						
0101010005	PEON	hh	4.0000	32.0000	8.75	280.00
01010100060001	OPERADOR DE EQUIPO PESADO	hh	3.0000	24.0000	13.75	330.00
610.00						
Equipos						
0301010006	HERRAMIENTAS MANUALES	%mo		3.0000	610.00	18.30
03012200010002	CAMION PLATAFORMA 4 x 2 122 HP 8 Ton	hm	2.0000	16.0000	120.00	1,920.00
03012200010003	CAMION SEMITRAYLER 6 x 4 330 HP 35 Ton	hm	2.0000	16.0000	200.00	3,200.00
03012200010004	CAMION VOLQUETE 4 x 2 210-2280 HP 8 m3	hm	2.0000	16.0000	150.00	2,400.00
7,538.30						

Partida **01.03 HABILITACION DE CAMINO DE ACCESO**

Rendimiento **km/DIA MO. 1.1500 EQ. 1.1500** Costo unitario directo por : km **5,550.08**

Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.
Mano de Obra						
0101010004	OFICIAL	hh	1.0000	6.9565	14.50	100.87
0101010005	PEON	hh	1.0000	6.9565	8.75	60.87
161.74						
Materiales						
0207040001	MATERIAL GRANULAR	m3		140.0000	15.00	2,100.00
2,100.00						
Equipos						
0301010006	HERRAMIENTAS MANUALES	%mo		3.0000	161.74	4.85
03011000060001	RODILLO LISO VIBRATORIO AUTOPROPULSADO 1.8 ton	hm	0.1000	0.6957	150.00	104.36
03011800020002	TRACTOR DE ORUGAS DE 300-330 HP	hm	1.0000	6.9565	300.00	2,086.95
0301200002	MOTONIVELADORA DE 125 HP	hm	0.1000	0.6957	220.00	153.05
0301220005	CAMION CISTERNA	hm	0.7500	5.2174	180.00	939.13
3,288.34						

Análisis de precios unitarios

Presupuesto **0401002 CONSTRUCCION DEL DIQUE ENROCADO**
 Subpresupuesto **001 ESTUDIO DE INUNDABILIDAD DE LA QUEBRADA EL PUEBLO EN EL DISTRITO DE SANTA CRUZ DE SUCCHABAMBA, PROVINCIA SANTA CRUZ, CAJAMARCA, 2021** Fecha presupuesto **10/12/2022**

Partida **02.01 TRAZO Y REPLANTEO**

Rendimiento **km/DIA** MO. **1.0000** EQ. **1.0000** Costo unitario directo por : km **942.27**

Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.
Mano de Obra						
0101010003	OPERARIO	hh	1.0000	8.0000	12.50	100.00
0101010004	OFICIAL	hh	1.0000	8.0000	14.50	116.00
0101010005	PEON	hh	2.0000	16.0000	8.75	140.00
0101030000	TOPOGRAFO	hh	1.0000	8.0000	20.00	160.00
516.00						
Materiales						
02040300010001	ACERO CORRUGADO fy = 4200 kg/cm2 GRADO 60 DE 3/8" X 9 m	var		0.5000	22.08	11.04
0213010001	CEMENTO PORTLAND TIPO I (42.5 kg)	bol		2.0000	31.50	63.00
02130300010001	YESO BOLSA 28 kg	bol		3.0000	10.00	30.00
0231040001	ESTACAS DE MADERA	und		25.0000	2.00	50.00
0240020001	PINTURA ESMALTE	gal		0.3500	25.00	8.75
162.79						
Equipos						
03010000020002	NIVEL TOPOGRAFICO	hm	1.0000	8.0000	10.00	80.00
03010000020003	ESTACION TOTAL INC. ACCESORIOS	hm	1.0000	8.0000	20.00	160.00
0301000014	MIRAS	día	1.0000	1.0000	8.00	8.00
0301010006	HERRAMIENTAS MANUALES	%mo		3.0000	516.00	15.48
263.48						

Partida **02.02 CONTROL TOPOGRAFICO**

Rendimiento **km/DIA** MO. **1.0000** EQ. **1.0000** Costo unitario directo por : km **747.23**

Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.
Mano de Obra						
0101010004	OFICIAL	hh	1.0000	8.0000	14.50	116.00
0101010005	PEON	hh	2.0000	16.0000	8.75	140.00
0101030000	TOPOGRAFO	hh	1.0000	8.0000	20.00	160.00
416.00						
Materiales						
02130300010001	YESO BOLSA 28 kg	bol		2.0000	10.00	20.00
0231040001	ESTACAS DE MADERA	und		25.0000	2.00	50.00
0240020001	PINTURA ESMALTE	gal		0.3500	25.00	8.75
78.75						
Equipos						
03010000020002	NIVEL TOPOGRAFICO	hm	1.0000	8.0000	10.00	80.00
03010000020003	ESTACION TOTAL INC. ACCESORIOS	hm	1.0000	8.0000	20.00	160.00
0301010006	HERRAMIENTAS MANUALES	%mo		3.0000	416.00	12.48
252.48						

Partida **03.01 LIMPIEZA Y DESCOLMATACION DE CAUCE**

Rendimiento **m3/DIA** MO. **850.0000** EQ. **850.0000** Costo unitario directo por : m3 **3.17**

Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.
Mano de Obra						
0101010003	OPERARIO	hh	1.0000	0.0094	12.50	0.12
0101010004	OFICIAL	hh	1.0000	0.0094	14.50	0.14
0101010005	PEON	hh	1.0000	0.0094	8.75	0.08
0.34						
Equipos						
0301010006	HERRAMIENTAS MANUALES	%mo		3.0000	0.34	0.01
03011800020002	TRACTOR DE ORUGAS DE 300-330 HP	hm	1.0000	0.0094	300.00	2.82
2.83						

Análisis de precios unitarios

Presupuesto **0401002 CONSTRUCCION DEL DIQUE ENROCADO**
 Subpresupuesto **001 ESTUDIO DE INUNDABILIDAD DE LA QUEBRADA EL PUEBLO EN EL DISTRITO DE SANTA CRUZ DE SUCCHABAMBA, PROVINCIA SANTA CRUZ, CAJAMARCA, 2021** Fecha presupuesto **10/12/2022**

Partida	04.03	SUMINISTRO DE GAVION COLCHON (0.2x1.0x5.0)						
Rendimiento	und/DIA	MO. 1.0000	EQ. 1.0000	Costo unitario directo por : und			156.80	
Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.		
	Materiales							
02043000010005	GAVION TIPO COLCHON DE 5.0 x 0.2 x 1.0 m (2.5 mm)	und		1.0000	156.80	156.80	156.80	
Partida	04.04	SUMINISTRO DE GAVIONES TIPO "A" (1.5x1.5x5.0)						
Rendimiento	und/DIA	MO. 1.0000	EQ. 1.0000	Costo unitario directo por : und			178.30	
Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.		
	Materiales							
02043000010004	GAVION TIPO CAJA DE 5.0 x 1.5 x 1.5 m (2.5 mm)	und		1.0000	178.30	178.30	178.30	
Partida	04.05	SUMINISTRO DE GAVIONES TIPO "B" (1.5x2.0x5.0)						
Rendimiento	und/DIA	MO. 1.0000	EQ. 1.0000	Costo unitario directo por : und			203.70	
Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.		
	Materiales							
02043000010006	GAVION TIPO CAJA DE 5.0 x 2.0 x 1.5 m (2.5 mm)	und		1.0000	203.70	203.70	203.70	
Partida	04.06	SUMINISTRO DE GAVIONES TIPO "C" (1.2x1.2x5.0)						
Rendimiento	und/DIA	MO. 1.0000	EQ. 1.0000	Costo unitario directo por : und			165.25	
Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.		
	Materiales							
02043000010007	GAVION TIPO CAJA DE 5.0 x 1.2 x 1.2 m (2.5 mm)	und		1.0000	165.25	165.25	165.25	
Partida	04.07	HABILITACION DE GAVION COLCHON (0.2x1.0x5.0)						
Rendimiento	und/DIA	MO. 25.0000	EQ. 25.0000	Costo unitario directo por : und			15.66	
Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.		
	Mano de Obra							
0101010003	OPERARIO	hh	1.0000	0.3200	12.50	4.00		
0101010005	PEON	hh	4.0000	1.2800	8.75	11.20	15.20	
	Equipos							
0301010006	HERRAMIENTAS MANUALES	%mo		3.0000	15.20	0.46	0.46	
Partida	04.08	HABILITACION DE GAVIONES TIPO "A" (1.5x1.5x5.0)						
Rendimiento	und/DIA	MO. 22.0000	EQ. 22.0000	Costo unitario directo por : und			17.80	
Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.		
	Mano de Obra							
0101010003	OPERARIO	hh	1.0000	0.3636	12.50	4.55		
0101010005	PEON	hh	4.0000	1.4545	8.75	12.73	17.28	
	Equipos							
0301010006	HERRAMIENTAS MANUALES	%mo		3.0000	17.28	0.52	0.52	

Análisis de precios unitarios

Presupuesto	0401002	CONSTRUCCION DEL DIQUE ENROCADO		Fecha presupuesto	10/12/2022		
Subpresupuesto	001	ESTUDIO DE INUNDABILIDAD DE LA QUEBRADA EL PUEBLO EN EL DISTRITO DE SANTA CRUZ DE SUCCHABAMBA, PROVINCIA SANTA CRUZ, CAJAMARCA, 2021					
Partida	04.09	HABILITACION DE GAVIONES TIPO "B" (1.5x2.0x5.0)					
Rendimiento	und/DIA	MO. 20.0000	EQ. 20.0000	Costo unitario directo por : und			19.57
Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.	
	Mano de Obra						
0101010003	OPERARIO	hh	1.0000	0.4000	12.50	5.00	
0101010005	PEON	hh	4.0000	1.6000	8.75	14.00	
						19.00	
	Equipos						
0301010006	HERRAMIENTAS MANUALES	%mo		3.0000	19.00	0.57	
						0.57	
Partida	04.10	HABILITACION DE GAVIONES TIPO "C" (1.2x1.2x5.0)					
Rendimiento	und/DIA	MO. 25.0000	EQ. 25.0000	Costo unitario directo por : und			15.66
Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.	
	Mano de Obra						
0101010003	OPERARIO	hh	1.0000	0.3200	12.50	4.00	
0101010005	PEON	hh	4.0000	1.2800	8.75	11.20	
						15.20	
	Equipos						
0301010006	HERRAMIENTAS MANUALES	%mo		3.0000	15.20	0.46	
						0.46	
Partida	04.11	LLENADO DE GAVION COLCHON (0.2x1.0x5.0)					
Rendimiento	und/DIA	MO. 32.0000	EQ. 32.0000	Costo unitario directo por : und			30.90
Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.	
	Mano de Obra						
0101010003	OPERARIO	hh	4.0000	1.0000	12.50	12.50	
0101010005	PEON	hh	8.0000	2.0000	8.75	17.50	
						30.00	
	Equipos						
0301010006	HERRAMIENTAS MANUALES	%mo		3.0000	30.00	0.90	
						0.90	
Partida	04.12	LLENADO DE GAVIONES TIPO "A" (1.5x1.5x5.0)					
Rendimiento	und/DIA	MO. 28.0000	EQ. 28.0000	Costo unitario directo por : und			35.32
Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.	
	Mano de Obra						
0101010003	OPERARIO	hh	4.0000	1.1429	12.50	14.29	
0101010005	PEON	hh	8.0000	2.2857	8.75	20.00	
						34.29	
	Equipos						
0301010006	HERRAMIENTAS MANUALES	%mo		3.0000	34.29	1.03	
						1.03	

Análisis de precios unitarios

Presupuesto **0401002 CONSTRUCCION DEL DIQUE ENROCADO**
 Subpresupuesto **001 ESTUDIO DE INUNDABILIDAD DE LA QUEBRADA EL PUEBLO EN EL DISTRITO DE SANTA CRUZ DE SUCCHABAMBA, PROVINCIA SANTA CRUZ, CAJAMARCA, 2021** Fecha presupuesto **10/12/2022**

Partida **04.13 LLENADO DE GAVIONES TIPO "B" (1.5x2.0x5.0)**

Rendimiento **und/DIA MO. 22.0000 EQ. 22.0000** Costo unitario directo por : und **44.94**

Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.
Mano de Obra						
0101010003	OPERARIO	hh	4.0000	1.4545	12.50	18.18
0101010005	PEON	hh	8.0000	2.9091	8.75	25.45
43.63						
Equipos						
0301010006	HERRAMIENTAS MANUALES	%mo		3.0000	43.63	1.31
1.31						

Partida **04.14 LLENADO DE GAVIONES TIPO "C" (1.2x1.2x5.0)**

Rendimiento **und/DIA MO. 29.0000 EQ. 29.0000** Costo unitario directo por : und **34.42**

Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.
Mano de Obra						
0101010003	OPERARIO	hh	4.0000	1.1034	12.50	13.79
0101010005	PEON	hh	8.0000	2.2069	8.75	19.31
33.10						
Equipos						
0301010006	HERRAMIENTAS MANUALES	%mo		4.0000	33.10	1.32
1.32						

Partida **04.15 AMARRADO DE GAVION COLCHON (0.2x1.0x5.0)**

Rendimiento **und/DIA MO. 20.0000 EQ. 20.0000** Costo unitario directo por : und **47.36**

Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.
Mano de Obra						
0101010005	PEON	hh	1.0000	0.4000	8.75	3.50
3.50						
Materiales						
0271050148	ALAMBRE DE AMARRE CON RECUBRIMIENTO DE PVC+GALFAN DE 2.20 MM	kg		3.5000	12.50	43.75
43.75						
Equipos						
0301010006	HERRAMIENTAS MANUALES	%mo		3.0000	3.50	0.11
0.11						

Partida **04.16 AMARRADO DE GAVIONES TIPO "A" (1.5x1.5x5.0)**

Rendimiento **und/DIA MO. 15.0000 EQ. 15.0000** Costo unitario directo por : und **52.31**

Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.
Mano de Obra						
0101010005	PEON	hh	1.0000	0.5333	8.75	4.67
4.67						
Materiales						
0271050148	ALAMBRE DE AMARRE CON RECUBRIMIENTO DE PVC+GALFAN DE 2.20 MM	kg		3.8000	12.50	47.50
47.50						
Equipos						
0301010006	HERRAMIENTAS MANUALES	%mo		3.0000	4.67	0.14
0.14						

Análisis de precios unitarios

Presupuesto	0401002	CONSTRUCCION DEL DIQUE ENROCADO		Fecha presupuesto	10/12/2022	
Subpresupuesto	001	ESTUDIO DE INUNDABILIDAD DE LA QUEBRADA EL PUEBLO EN EL DISTRITO DE SANTA CRUZ DE SUCCHABAMBA, PROVINCIA SANTA CRUZ, CAJAMARCA, 2021				
Partida	04.17	AMARRADO DE GAVIONES TIPO "B" (1.5x2.0x5.0)				
Rendimiento	und/DIA	MO. 12.0000	EQ. 12.0000	Costo unitario directo por : und		56.00
Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.
	Mano de Obra					
0101010005	PEON	hh	1.0000	0.6667	8.75	5.83
						5.83
	Materiales					
0271050148	ALAMBRE DE AMARRE CON RECUBRIMIENTO DE PVC+GALFAN DE 2.20 MM	kg		4.0000	12.50	50.00
						50.00
	Equipos					
0301010006	HERRAMIENTAS MANUALES	%mo		3.0000	5.83	0.17
						0.17
Partida	04.18	AMARRADO DE GAVIONES TIPO "C" (1.2x1.2x5.0)				
Rendimiento	und/DIA	MO. 15.0000	EQ. 15.0000	Costo unitario directo por : und		49.81
Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.
	Mano de Obra					
0101010005	PEON	hh	1.0000	0.5333	8.75	4.67
						4.67
	Materiales					
0271050148	ALAMBRE DE AMARRE CON RECUBRIMIENTO DE PVC+GALFAN DE 2.20 MM	kg		3.6000	12.50	45.00
						45.00
	Equipos					
0301010006	HERRAMIENTAS MANUALES	%mo		3.0000	4.67	0.14
						0.14
Partida	04.19	GEOTEXTIL NO TEJIDO DE 300 gr/m2 INCLUYE SUMINISTRO E INSTALACION				
Rendimiento	m2/DIA	MO. 240.0000	EQ. 240.0000	Costo unitario directo por : m2		13.21
Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.
	Mano de Obra					
0101010003	OPERARIO	hh	1.0000	0.0333	12.50	0.42
0101010005	PEON	hh	1.0000	0.0333	8.75	0.29
						0.71
	Materiales					
0210020004	GEOTEXTIL NO TEJIDO 300 GR/M2	m2		1.0000	12.50	12.50
						12.50
Partida	05.01	EXCAVACION DE HOYOS Y PLANTACION				
Rendimiento	und/DIA	MO. 100.0000	EQ. 100.0000	Costo unitario directo por : und		0.84
Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.
	Mano de Obra					
0101010004	OFICIAL	hh	0.1000	0.0080	14.50	0.12
0101010005	PEON	hh	1.0000	0.0800	8.75	0.70
						0.82
	Equipos					
0301010006	HERRAMIENTAS MANUALES	%mo		3.0000	0.82	0.02
						0.02

Análisis de precios unitarios

Presupuesto	0401002	CONSTRUCCION DEL DIQUE ENROCADO		Fecha presupuesto	10/12/2022		
Subpresupuesto	001	ESTUDIO DE INUNDABILIDAD DE LA QUEBRADA EL PUEBLO EN EL DISTRITO DE SANTA CRUZ DE SUCCHABAMBA, PROVINCIA SANTA CRUZ, CAJAMARCA, 2021					
Partida	05.02	HABILITACION Y SUMINISTRO DE PLANTONES					
Rendimiento	und/DIA	MO. 600.0000	EQ. 600.0000	Costo unitario directo por : und			5.16
Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.	
	Mano de Obra						
0101010003	OPERARIO	hh	0.5000	0.0067	12.50	0.08	
0101010004	OFICIAL	hh	1.0000	0.0133	14.50	0.19	
						0.27	
	Materiales						
0201010045	PLANTONES DE LA ZONA	und		1.0000	2.50	2.50	
						2.50	
	Equipos						
03012200040001	CAMION VOLQUETE DE 15 m3	hm	1.0000	0.0133	180.00	2.39	
						2.39	
Partida	06.01	RIEGO Y MANTENIMIENTO					
Rendimiento	und/DIA	MO. 200.0000	EQ. 200.0000	Costo unitario directo por : und			1.28
Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.	
	Mano de Obra						
0101010004	OFICIAL	hh	1.0000	0.0400	14.50	0.58	
0101010005	PEON	hh	2.0000	0.0800	8.75	0.70	
						1.28	
Partida	06.02	SEGURIDAD EN OBRA					
Rendimiento	glb/DIA	MO.	EQ.	Costo unitario directo por : glb			2,135.00
Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.	
	Materiales						
0292010007	SEGURIDAD EN OBRA	glb		1.0000	2,135.00	2,135.00	
						2,135.00	
Partida	07.01	FLETE TERRESTRE					
Rendimiento	glb/DIA	MO.	EQ.	Costo unitario directo por : glb			35,000.00
Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.	
	Materiales						
0203020008	FLETE TERRESTRE - DISTRITO SANTA CRUZ DE SUCCHABAMBA	glb		1.0000	35,000.00	35,000.00	
						35,000.00	

- Con el objetivo de modelar con los softwares: Hec-Ras y Hec-HMS, debido a que estos programas han sido desarrollados en Estados Unidos y trabajan con la fecha y zona horaria de tal país, es que se recomienda en el ordenador establecer la zona horaria (UTC-05:00 EE.UU. y Canadá. Hora del este) para no tener problemas con la computación de algoritmos, de resultados o cierres inesperados. Asimismo, en el software Hec-Ras se recomienda agenciarse del archivo 31717.prj; obtenido del servidor online Spatial Reference, para poder proyectar y georreferenciar el ráster de la zona de estudio y la imagen satelital.
- Se recomienda utilizar esta investigación con el propósito de concretizar estudios de prefactibilidad, o como un antecedente para anteproyecto; además, proporcionar y compartir los estudios e información realizados con las diferentes entidades como la Municipalidad Provincial de Santa Cruz, INDECI las cuales son las encargadas de promover los planes y acciones de contingencia frente al riesgo inminente de inundaciones.

VII. REFERENCIAS

- [1] P. LYSAGHT, «5 Realidades sobre el agua y el cambio climático,» 21 Marzo 2016. [En línea]. Available: <https://blogs.unicef.org/es/blog/author/plysaght/>.
- [2] (. SISTEMA NACIONAL DE GESTIÓN DE RIESGO DE DESASTRES, *LEY N° 29664. -DECRETO SUPREMO QUE APRUEBA LA NORMA COMPLEMENTARIA SOBRE LA DECLARATORIA DE ESTADO DE EMERGENCIA POR DESASTRE O PELIGRO INMINENTE*, Lima, Lima, 2014.
- [3] O. D. D. NACIONAL y G. R. CAJAMARCA, *LA GESTIÓN DEL RIESGO DE DESASTRES Y SU NORMATIVA*, CAJAMARCA, CAJAMARCA, 2013.
- [4] G. GOBIERNO REGIONAL DE CAJAMARCA, «ZONIFICACIÓN ECOLÓGICA Y ECONÓMICA BASE PARA EL ORDENAMIENTO TERRITORIAL DEL DEPARTAMENTO DE CAJAMARCA,» CAJAMARCA, 2011.
- [5] C. Luna Loayza, M. Almanza Ascue y R. Nina Mamani, «Peligro de inundación del río Vilcanota en el centro poblado de Písac, Cusco 2018,» *SciELO*, vol. vol. 41, n° no. 2, pp. 1-13, 01 marzo 2020.
- [6] G. M. G. OLIVARES CASTILLO, «DETERMINACIÓN DE ZONAS INUNDABLES MEDIANTE SIMULACIÓN HIDRÁULICA BIDIMENSIONAL APLICANDO HEC – RAS 5.0 EN UN TRAMO DEL RÍO HUANCABAMBA, DESDE LA QUEBRADA CHULA (KM 2.42) HASTA LA QUEBRADA LUNGULO (KM 5.51), PROVINCIA DE HUANCABAMBA, DEPARTAMENTO DE PIURA,» PIURA, 2018.
- [7] E. J. Pérez Ramírez, «ANÁLISIS DE RIESGOS NATURALES: RIESGOS DE INUNDACIÓN EN LA CUENCA DEL RÍO HUERVA,» Zaragoza, España, 2018.
- [8] M. P. HERRÁN ÁLVAREZ, «ESTUDIO PARA LA DETERMINACIÓN DE LA FRANJA INUNDABLE DE LA SUBCUENCA QUEBRADA CHIGUAZA PERTENECIENTE A LA CUENCA DEL RÍO TINJUELO,» BOGOTÁ, 2017.
- [9] C. D. Ramon Vega , «Generación de mapas de riesgo a inundaciones en la zona urbana del canal el Macho de la ciudad de Machala,» Machala, 2019.
- [10] W. R. Sandoval Erazo y E. P. Aguilera Ortiz, «DETERMINACIÓN DE CAUDALES EN CUENCAS CON POCO INFORMACIÓN HIDROLÓGICA,» *Revista Ciencia UNEMI*, n° N°2, pp. 100-110, diciembre 2014.

- [11] G. F. Alvarez Montero y C. A. Moreno Cueva, «Modelamiento hidráulico para el control y prevención de inundaciones mediante el uso de Hec-Ras 2d en la zona urbana del río Piura,» LIMA, 2021.
- [12] A. AUTORIDAD NACIONAL DEL AGUA, *LEY 29338° DE RECURSOS HÍDRICOS*, LIMA, 2009.
- [13] M. MINISTERIO DE TRANSPORTES Y COMUNICACIONES, «MANUAL DE HIDROLOGÍA, HIDRÁULICA Y DRENAJE,» Lima, 2018.
- [14] A. Rocha Felices, «Introducción a la Hidráulica de las Obras Viales,» Fondo Editorial ICG, Lima, 3era Edición 2013.
- [15] I. INSTITUTO NACIONAL DE DEFENSA CIVIL, «MANUAL BÁSICO PARA LA ESTIMACION DEL RIESGO,» Lima, 2006.
- [16] M. VILLÓN BÉJAR, «CÁLCULO HIDROLÓGICOS E HIDRÁULICOS EN CUENCAS HIDROGRÁFICAS,» Editorial Villón, San José, 2008.
- [17] F. A. Mantilla Briones, «Identificación de áreas inundables mediante modelamiento hidráulico de la quebrada Chinchinmarca - Sector 24 (Villa Huacariz) - Cajamarca,» Cajamarca, 2019.
- [18] F. J. Aparicio Mijares, *Fundamentos de Hidrología de Superficie*, C. G. N. Editores, Ed., México: LIMUSA S.A., 1992, pp. 19-26.
- [19] J. J. Ordoñez Gálvez, *Cartilla Técnica: Aguas Subterráneas - Acuíferos*, Primera ed., Z. i. N. Goicochea, Ed., Lima, Lima: Sociedad Geográfica de Lima, 2011, p. 43.
- [20] W. Chereque Morán, *HIDROLOGIA para estudiantes de Ingeniería Civil*, Segunda ed., Lima, Lima, 1989.
- [21] A. Campos Cedeño, E. Konstantinovich Sinichenko y I. Igorevich Gritsuk, *HIDRÁULICA E HIDROLOGÍA PARA INGENIERÍA*, vol. I, Moscú, Moscú: Кампус А. Ф, Синиченко Е.К, 2016.
- [22] . R. Domínguez Mora, . M. L. Arganis Juárez, H. Guzmán García, E. Carrizosa Elizondo, G. Esquivel Garduño y G. E. Fuentes Mariles, «Modelos regionales de escurrimientos máximos instantáneos en la república mexicana,» *Tecnología y Ciencias del Agua*, vol. VII, nº 5, pp. 15-32, 09 Setiembre 2015.
- [23] S. Fattorelli y P. C. Fernández, *DISEÑO HIDROLÓGICO*, 2º Edición en español ed., París, 2011, p. 602.

- [24] F. Sarmiento, Diccionario de Ecología, Paisaje, conservación y desarrollo sustentable para Latinoamérica, J. Juncosa, Ed., Quito: Editorial Abya Yala, 2000, pp. 262-263.
- [25] J. A. Cconislla Quispe, «Protección contra inundaciones en el sector del centro poblado de Gorgor, distrito de Gorgor provincia de Cajatambo, Lima,» Lima, 2017.
- [26] R. E. Orellana Cabello, «MODELAMIENTO HIDROLÓGICO E HIDRÁULICO PARA EL ANÁLISIS DE INUNDACIONES EN LA CIUDAD DE PIURA UTILIZANDO HEC-HMS Y HEC-RAS,» Lima, 2021.
- [27] M. Ministerio de Transportes y Comunicaciones, *MANUAL DE ENSAYO DE MATERIALES*, Lima, 2016, pp. 13-391.
- [28] A. G. Mostacero Plasencia, «NIVEL DE RIESGO POR INUNDACIÓN DEL ÁREA URBANA DEL DISTRITO DE CHILETE - PROVINCIA DE CONTUMAZÁ - REGIÓN CAJAMARCA,» Cajamarca, 2020.
- [29] J. L. López S., «Estrategias de mitigación y control de inundaciones y aludes torrenciales en el Estado Vargas y en el Valle de Caracas: situación actual y perspectivas futuras,» *Rev. Fac. Ing. UCV*, vol. 20, n° 4, pp. 61-73, octubre 2005.
- [30] W. K. Rojas Portocarrero, B. Hidalgo Egocheaga, C. A. Moya Durand, F. Castro Pérez y M. Barboza Palomino, «Percepción de riesgo ante inundaciones en personas que habitan en zonas vulnerables de Lima, Perú,» *Revista Cubana de Salud Pública*, vol. 2, 2019.
- [31] G. G. R. D. CAJAMARCA, «ESTUDIO DE EVALUACIÓN DEL RIESGO DE DESASTRES Y VULNERABILIDAD AL CAMBIO CLIMÁTICO,» CAJAMARCA, 2014.
- [32] M. Villón Béjar, *HIDROLOGÍA*, Lima, Lima: Villón, 2002.
- [33] V. TE CHOW, D. R. MAIDMENT y L. W. MAYS, *HIDROLOGÍA APLICADA*, SANTAFÉ DE BOGOTÁ, BOGOTÁ: EDITORIAL NOMOS S.A., 2004.

VIII. ANEXOS

ANEXO N°01: ELEMENTOS EXPUESTOS

Los elementos expuestos en el ámbito de la zona de evaluación, han sido identificados con el apoyo del “Sistema de Información para la Gestión del Riesgo de Desastres” (SIGRID) administrado por el Centro de Nacional de Estimación, Prevención y Reducción de Riesgos de Desastres (CENEPRED); y datos censales del distrito referenciados por el Instituto Nacional de Estadística e Informática (INEI). Los datos sirvieron para realizar la evaluación de la vulnerabilidad, ya que está vincula directamente con los elementos de la zona.

Datos Estadísticos Censales del distrito de Santa Cruz de Suchabamba. (INEI).

Tipo de material predominante de paredes de las viviendas

Tipo de material predominante de paredes	Cantidad	%
Ladrillo o bloque de cemento	317	10.92
Adobe	2489	85.77
Madera (pona, tornillo, etc)	4	0.14
Quincha (caña con barro)	61	2.10
Triplay/calamina/estera	13	0.45
Piedra con barro	10	0.34
Piedra o sillar con cal o cemento	1	0.03
Tapia	7	0.24
Otro material	0	0.00
TOTAL	2902	100.00



Tipo de material predominante de paredes. INEI.

Tipo de material predominante de pisos en viviendas

Tipo de material predominante en pisos	Cantidad	%
Tierra	1786	61.54
Cemento	859	29.60
Losetas, terrazos, cerpamicos o simil	82	2.83
Parquet	4	0.14
Madera (pona, tornillo, etc)	171	5.89
Láminas asfálticas, vinílicos o simil	0	0.00
Otro matrial	0	0.00
TOTAL	2902	100.00



Tipo de material predominante en pisos. INEI.

Población en el distrito de Santa Cruz de Succhabamba

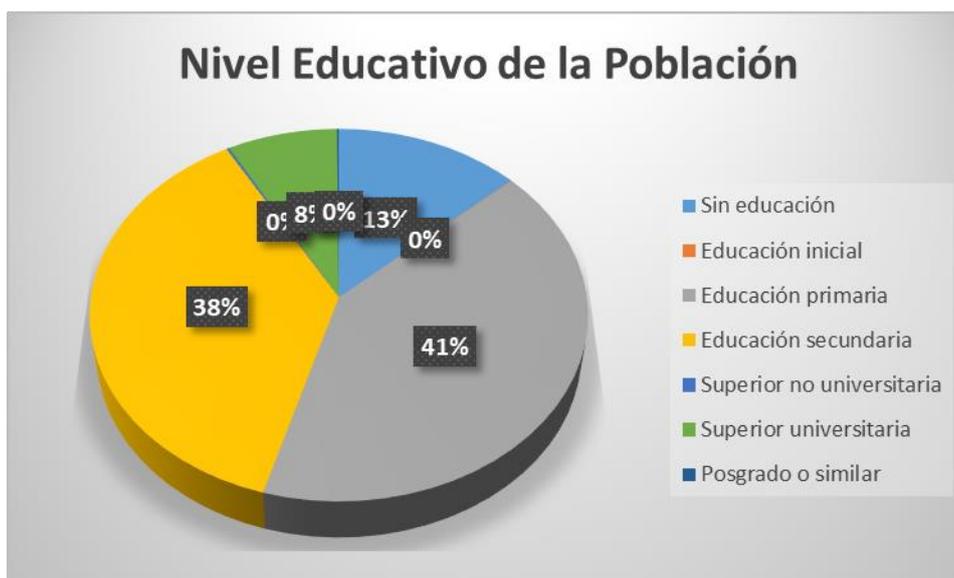
Población censada	Cantidad	%
Hombres	2 460	47.53
Mujeres	2 716	52.47
TOTAL	5176.00	100.00



Población Censada, distrito Santa Cruz de Succhabamba. INEI

Población según nivel educativo

Nivel Educativo de la Población	Cantidad	%
Sin educación	685	13.23
Educación inicial	2	0.04
Educación primaria	2133	41.21
Educación secundaria	1933	37.35
Superior no universitaria	11	0.21
Superior universitaria	405	7.82
Posgrado o similar	7	0.14
TOTAL	5176	100.00



Nivel Educativo de la Población. INEI.

POBLACIÓN EXPUESTA

Población expuesta

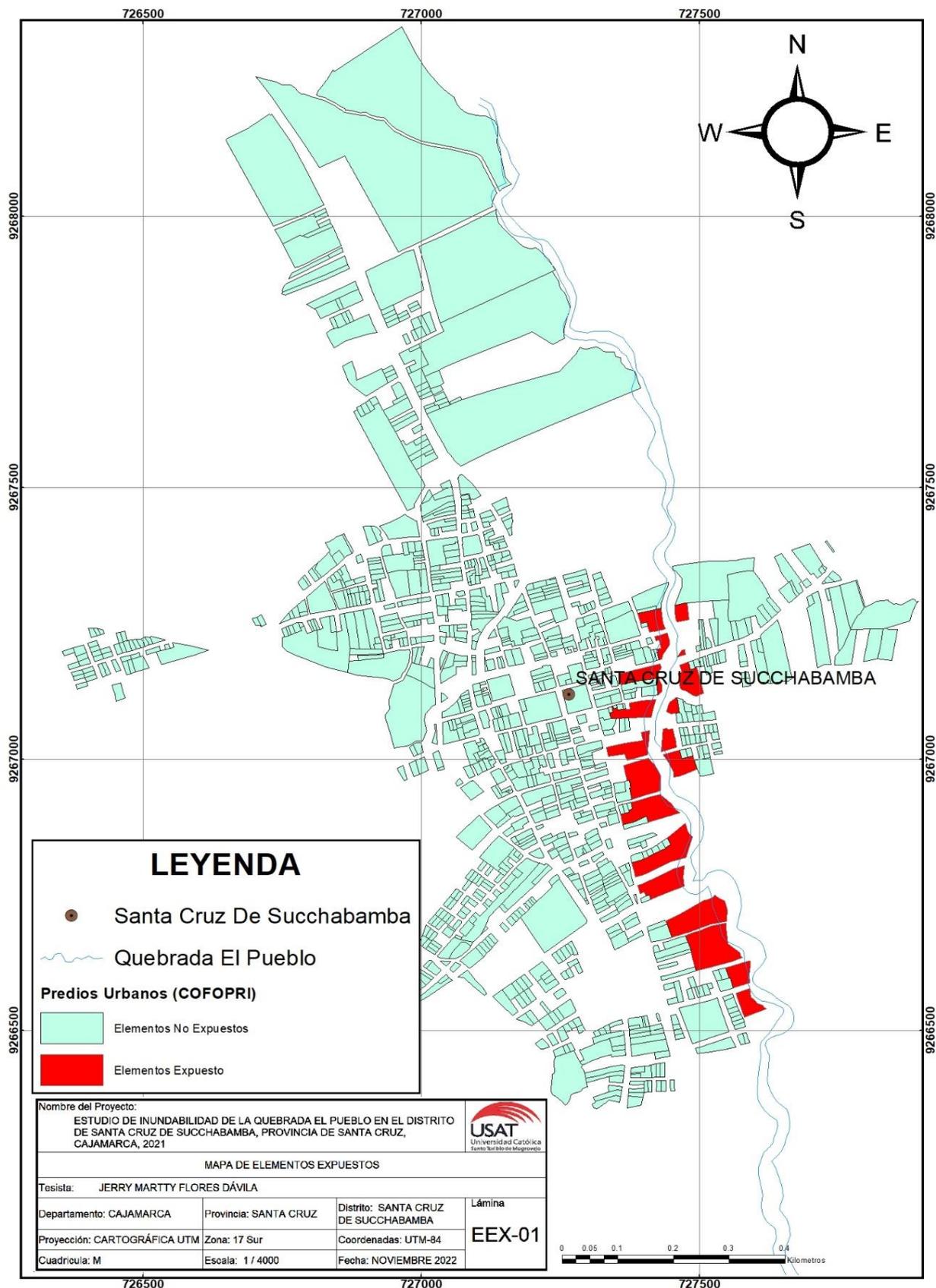
Elemento expuesto	Cantidad	Unidad de medida
Población	309	habitantes

VIVIENDAS EXPUESTAS

Viviendas expuestas

Elemento expuesto	Cantidad	Unidad de medida
Viviendas	207	unidades

MAPA DE ELEMENTOS EXPUESTO



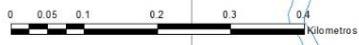
LEYENDA

- Santa Cruz De Succhabamba
- ~ Quebrada El Pueblo

Predios Urbanos (COFOPRI)

- Elementos No Expuestos
- Elementos Expuesto

Nombre del Proyecto: ESTUDIO DE INUNDABILIDAD DE LA QUEBRADA EL PUEBLO EN EL DISTRITO DE SANTA CRUZ DE SUCCHABAMBA, PROVINCIA DE SANTA CRUZ, CAJAMARCA, 2021				
MAPA DE ELEMENTOS EXPUESTOS				
Tesisista: JERRY MARTTY FLORES DÁVILA				Lámina EEX-01
Departamento: CAJAMARCA	Provincia: SANTA CRUZ	Distrito: SANTA CRUZ DE SUCCHABAMBA		
Proyección: CARTOGRÁFICA UTM	Zona: 17 Sur	Coordenadas: UTM-84		
Cuadrícula: M	Escala: 1 / 4000	Fecha: NOVIEMBRE 2022		

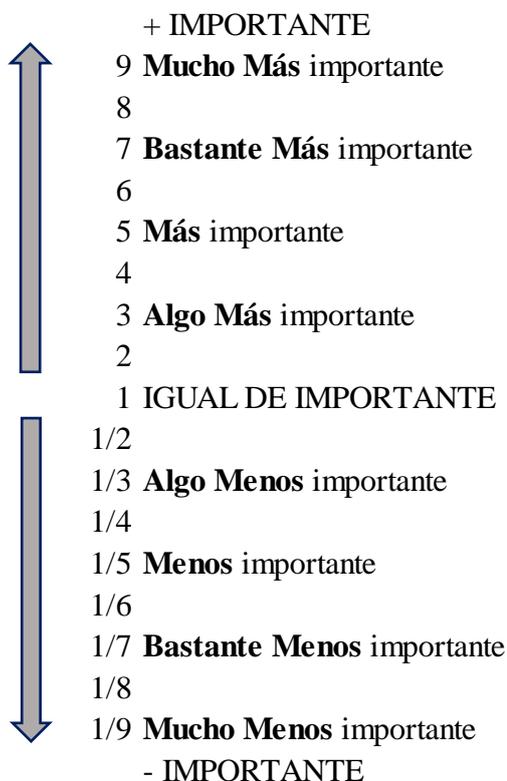


ANEXO N°02: EVALUACIÓN DE RIESGO

El factor que desencadena una inundación principalmente es la excesiva precipitación en un tiempo reducido lo cual genera escorrentía y en consecuencia el incremento del caudal del cauce; asimismo, la pendiente, la geomorfología y la composición de la geología de la zona son parámetros a tomar en cuenta para realizar una evaluación de peligrosidad por dicho fenómeno; también es importante identificar el nivel de vulnerabilidad que existe en determinadas zonas ya que se evaluará la exposición del entorno de elementos frente a la ocurrencia de un determinado peligro natural o antrópico con una magnitud dada; por ello, es importante cuantificar ambas variables para poder estimar el riesgo a inundaciones ya que este está en función del peligro y la vulnerabilidad en las zonas cercanas al dominio de la quebrada El Pueblo.

Empleando la metodología de la matriz de Saaty, que se asigna valores de acuerdo al nivel de importancia en la matriz de comparación de pares. Con dicha matriz se evalúa la peligrosidad para poder plasmarla en un plano y ponderar con los valores priorizados de cada parámetro en el software ArcGis.

Escala de SAATY



En el esquema anterior se puede visualizar con un mejor panorama la evaluación que estipula los niveles de importancia, desde el más importante con numero enteros hasta el menos importante con la inversa de los números enteros.

En la evaluación por niveles de importancia de la matriz de Saaty también se requiere una escala de índices que muestran la consistencia aleatoria versus el número de elementos que se comparan para poder determinar el Índice Aleatorio (IA) y con ello determinar si la evaluación es consiste o se tiene que reevaluar los parámetros.

Número de elementos que se comparan (n)	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Índice de Consistencia Aleatorio (IA)	0	0.525	0.882	1.115	1.252	1.341	1.404	1.452	1.484

Valores de índice Aleatorio para "n" factores condicionantes. CENEPRED

Zona de estudio por inundación de la quebrada El Pueblo.



Situación topográfica del distrito de Santa Cruz de Succhabamba. Google Satellite

EVALUACIÓN DEL PELIGRO DEL DISTRITO DE SANTA CRUZ DE SUCCHABAMBA

Parámetro de Evaluación

Matriz de Comparación de pares del Parámetro de Evaluación

Tiempo de Retorno	(500 años)	(100 años)	(50 años)	(25 años)	(10 años)
500 años	1.00	3.00	4.00	5.00	7.00
100 años	0.33	1.00	3.00	4.00	5.00
50 años	0.25	0.33	1.00	3.00	4.00
25 años	0.20	0.25	0.33	1.00	3.00
10 años	0.14	0.20	0.25	0.33	1.00
SUMA	1.93	4.78	8.58	13.33	20.00
1/SUMA	0.52	0.21	0.12	0.08	0.05

Matriz de Normalización de pares del Parámetro de Evaluación

Tiempo de Retorno	(500 años)	(100 años)	(50 años)	(25 años)	(10 años)	Valor Priorizado	%
500 años	0.52	0.63	0.47	0.38	0.35	0.467	46.7%
100 años	0.17	0.21	0.35	0.30	0.25	0.256	25.6%
50 años	0.13	0.07	0.12	0.23	0.20	0.148	14.8%
25 años	0.10	0.05	0.04	0.08	0.15	0.084	8.4%
10 años	0.07	0.04	0.03	0.03	0.05	0.044	4.4%
						1.00	100%

Índice y Relación de Consistencia

2.557		0.467		5.471
1.413		0.256		5.512
0.779	/	0.148	=	5.253
0.423		0.084		5.037
0.227		0.044		5.159

LamdaMáx	$\lambda_{\text{máx}}$	5.2863
Índice de Inconsisten	CI	0.072
Ratio de Consistenci	CR	0.064
	CR<0.10	Consistente

5 # elementos que se comparan

Ponderación de Parámetros

La ponderación de parámetros seleccionados para evaluar de acuerdo al peso asignado entre los factores condicionantes; para la zona de estudio se consideró los siguientes factores: pendiente, geomorfología y geología.

Matriz de Comparación de pares de los Factores Condicionantes

Factores Condicionantes	Pendiente	Geomorfología	Geología
Pendiente	1.00	2.00	3.00
Geomorfología	0.50	1.00	2.00
Geología	0.33	0.50	1.00
SUMA	1.83	3.50	6.00
1/SUMA	0.55	0.29	0.17

Matriz de Normalización de pares de los Factores Condicionantes

Factores Condicionantes	Pendiente	Geomorfología	Geología	Valor Priorizado	%
Pendiente	0.55	0.57	0.50	0.539	53.9%
Geomorfología	0.27	0.29	0.33	0.297	29.7%
Geología	0.18	0.14	0.17	0.164	16.4%
				1.00	100%

Índice y Relación de Consistencia

1.625	/	0.539	=	3.015
0.894		0.297		3.008
0.492		0.164		3.004

LamdaMáx

Índice de Inconsistencia

Ratio de Consistencia

$\lambda_{\text{máx}}$	3.0092
CI	0.005
CR	0.009
CR<0.10	Consistente

3

elementos que se comparan

MATRIZ DE PONDERACIÓN PARA CADA FACTOR CONDICIONANTE:

Pendiente

Matriz de Comparación de pares del parámetro Pendiente

Pendiente	(0-3%)	(3-5%)	(5-10%)	(10-15%)	(> 15%)
Muy Baja(0-3%)	1.00	3.00	5.00	7.00	9.00
Baja(3-5%)	0.33	1.00	3.00	5.00	7.00
Moderada(5-10%)	0.20	0.33	1.00	3.00	5.00
Alta(10-15%)	0.14	0.20	0.33	1.00	3.00
Muy Alta(>15%)	0.11	0.14	0.20	0.33	1.00
SUMA	1.79	4.68	9.53	16.33	25.00
1/SUMA	0.56	0.21	0.10	0.06	0.04

Matriz de Normalización de pares del parámetro Pendiente

Pendiente	(0-3%)	(3-5%)	(5-10%)	(10-15%)	(> 15%)	Valor Priorizado	%
Muy Baja(0-3%)	0.56	0.64	0.52	0.43	0.36	0.503	50.3%
Baja(3-5%)	0.19	0.21	0.31	0.31	0.28	0.260	26.0%
Moderada(5-10%)	0.11	0.07	0.10	0.18	0.20	0.134	13.4%
Alta(10-15%)	0.08	0.04	0.03	0.06	0.12	0.068	6.8%
Muy Alta(>15%)	0.06	0.03	0.02	0.02	0.04	0.035	3.5%
						1.00	100%

Índice y Relación de Consistencia

2.743	/	0.503	=	5.455
1.414		0.260		5.432
0.699		0.134		5.204
0.341		0.068		5.030
0.177		0.035		5.093

LamdaMáx

Índice de Inconsistencia

Ratio de Consistencia

$\lambda_{\text{máx}}$	5.2426
CI	0.061
CR	0.054
CR<0.10	Consistente

5

elementos que se comparan

Geomorfología

Matriz de Comparación de pares del parámetro Geomorfología

Geomorfología	(L-i)	(P-al)	(L-rs)	(V-at)	(M-rv)
Llanura de inundación (L-i)	1.00	3.00	5.00	6.00	9.00
Planicie aluvial (P-al)	0.33	1.00	3.00	5.00	6.00
Lomada en roca sedimentaria (L-rs)	0.20	0.33	1.00	3.00	5.00
Vertiente o piedemonte aluvio-torrencial (V-at)	0.17	0.20	0.33	1.00	3.00
Montaña en roca volcánica (M-rv)	0.11	0.17	0.20	0.33	1.00
SUMA	1.81	4.70	9.53	15.33	24.00
1/SUMA	0.55	0.21	0.10	0.07	0.04

Matriz de Normalización de pares del parámetro Geomorfología

Geomorfología	(L-i)	(P-al)	(L-rs)	(V-at)	(M-rv)	Valor Priorizado	%
Llanura de inundación (L-i)	0.55	0.64	0.52	0.39	0.38	0.496	49.6%
Planicie aluvial (P-al)	0.18	0.21	0.31	0.33	0.25	0.258	25.8%
Lomada en roca sedimentaria (L-rs)	0.11	0.07	0.10	0.20	0.21	0.138	13.8%
Vertiente o piedemonte aluvio-torrencial (V-at)	0.09	0.04	0.03	0.07	0.13	0.072	7.2%
Montaña en roca volcánica (M-rv)	0.06	0.04	0.02	0.02	0.04	0.036	3.6%
						1.00	100%

Índice y Relación de Consistencia

2.717	/	0.496	=	5.475
1.414		0.258		5.492
0.720		0.138		5.217
0.361		0.072		5.016
0.186		0.036		5.130

LambdaMáx	$\lambda_{\text{máx}}$	5.2658	
Índice de Inconsistencia	CI	0.066	5 # elementos que se comparan
Ratio de Consistencia	CR	0.060	
	CR<0.10	Consistente	

Geología

Matriz de Comparación de pares del parámetro Geología

Geología	(DII-a)	(CL)	(ML)	(SC)	(Nm-vh)
Depósito lluvio aluvial (DII-a)	1.00	3.00	5.00	7.00	9.00
Arcillas, arenas de baja plasticidad (CL)	0.33	1.00	3.00	5.00	7.00
Limos, arenas de baja plasticidad (ML)	0.20	0.33	1.00	3.00	5.00
Arenas, arcillas de baja plasticidad (SC)	0.14	0.20	0.33	1.00	3.00
Volcánico Huambos (Nm-vh)	0.11	0.14	0.20	0.33	1.00
SUMA	1.79	4.68	9.53	16.33	25.00
1/SUMA	0.56	0.21	0.10	0.06	0.04

Matriz de Normalización de pares del parámetro Geología

Geología	(DII-a)	(CL)	(ML)	(SC)	(Nm-vh)	Valor Priorizado	%
Depósito lluvio aluvial (DII-a)	0.56	0.64	0.52	0.43	0.36	0.503	50.3%
Arcillas, arenas de baja plasticidad (CL)	0.19	0.21	0.31	0.31	0.28	0.260	26.0%
Limos, arenas de baja plasticidad (ML)	0.11	0.07	0.10	0.18	0.20	0.134	13.4%
Arenas, arcillas de baja plasticidad (SC)	0.08	0.04	0.03	0.06	0.12	0.068	6.8%
Volcánico Huambos (Nm-vh)	0.06	0.03	0.02	0.02	0.04	0.035	3.5%
						1.00	100.0%

Índice y Relación de Consistencia

2.743	/	0.503	=	5.455
1.414		0.260		5.432
0.699		0.134		5.204
0.341		0.068		5.030
0.177		0.035		5.093

LambdaMáx	$\lambda_{\text{máx}}$	5.2426	
Índice de Inconsistencia	CI	0.061	5 # elementos que se comparan
Ratio de Consistencia	CR	0.054	
	CR<0.10	Consistente	

MATRIZ DE PONDERACIÓN PARA EL FACTOR DESENCADENANTE

El factor que se ha identificado como el desencadenante es la excesiva precipitación en tiempos cortos y seguidos, por lo que es el que produce la crecida en el caudal de la quebrada El Pueblo.

Matriz de Comparación de pares del factor desencadenante Precipitación

Precipitación	(> 15 mm)	(15 - 10 mm)	(10 - 5mm)	(5 - 3 mm)	(< 3 mm)
Precipitación (> 15 mm)	1.00	3.00	4.00	5.00	7.00
Precipitación (15 - 10 mm)	0.33	1.00	3.00	4.00	5.00
Precipitación (10 - 5mm)	0.25	0.33	1.00	3.00	4.00
Precipitación (5 - 3 mm)	0.20	0.25	0.33	1.00	3.00
Precipitación (< 3 mm)	0.14	0.20	0.25	0.33	1.00
SUMA	1.93	4.78	8.58	13.33	20.00
1/SUMA	0.52	0.21	0.12	0.08	0.05

Matriz de Normalización de pares del parámetro desencadenante Precipitación

Precipitación	(> 15 mm)	(15 - 10 mm)	(10 - 5mm)	(5 - 3 mm)	(< 3 mm)	Valor Priorizado	%
Precipitación (> 15 mm)	0.52	0.63	0.47	0.38	0.35	0.467	46.7%
Precipitación (15 - 10 mm)	0.17	0.21	0.35	0.30	0.25	0.256	25.6%
Precipitación (10 - 5mm)	0.13	0.07	0.12	0.23	0.20	0.148	14.8%
Precipitación (5 - 3 mm)	0.10	0.05	0.04	0.08	0.15	0.084	8.4%
Precipitación (< 3 mm)	0.07	0.04	0.03	0.03	0.05	0.044	4.4%
						1.00	100%

Índice y Relación de Consistencia

2.557	/	0.467	=	5.471
1.413		0.256		5.512
0.779		0.148		5.253
0.423		0.084		5.037
0.227		0.044		5.159

LambdaMáx

$\lambda_{\text{máx}}$	5.2863
Índice de Inconsistencia	CI 0.072
Ratio de Consistencia	CR 0.064
	CR<0.10 Consistente

5 # elementos que se comparan

Resultados de Pesos Ponderados de los factores condicionantes y desencadenantes. Distrito Santa Cruz de Succhabamba.

NOMBRE	PESO	FACTOR		PARÁMETRO		CLASIFICACIÓN		Ppar x Pjer
		NOMBRE	PESO	NOMBRE	PESO	JERARQUIZACIÓN	PESO	
SUSCEPTIBILIDAD DE MOVIMIENTOS EN MASA	90%	Condicionante	70%	Pendiente	0.539	Muy Baja(0-3%)	0.503	0.271
						Baja(3-5%)	0.260	0.140
						Moderada(5-10%)	0.134	0.072
						Alta(10-15%)	0.068	0.037
						Muy Alta(>15%)	0.035	0.019
				Geomorfología	0.297	Llanura de inundación (L-i)	0.496	0.148
						Planicie aluvial (P-al)	0.258	0.077
						Lomada en roca sedimentaria (L-rs)	0.138	0.041
						Vertiente o piedemonte aluvio-torrencial (V-at)	0.072	0.021
						Montaña en roca volcánica (M-rv)	0.036	0.011
		Geología	0.164	Depósito lluvio aluvial (DII-a)	0.503	0.082		
				Arcillas, arenas de baja plasticidad(CL)	0.260	0.043		
				Limos, arenas de baja plasticidad (ML)	0.134	0.022		
				Arenas, arcillas de baja plasticidad (SC)	0.068	0.011		
				Volcánico Huambos (Nm-vh)	0.035	0.006		
				Precipitación (> 15 mm)	0.467	0.467		
				Precipitación (15 - 10 mm)	0.256	0.256		
Desencadenante	30%	Precipitación Anómala	1.000	Precipitación (10 - 5mm)	0.148	0.148		
				Precipitación (5 - 3 mm)	0.084	0.084		
				Precipitación (< 3 mm)	0.044	0.044		
				500 años	0.467	0.467		
				100 años	0.256	0.256		
PARÁMETRO DE EVALUACIÓN	10%	Tiempo de Retorno	1.000	50 años	0.148	0.148		
				25 años	0.084	0.084		
				10 años	0.044	0.044		

Determinación del nivel de susceptibilidad y nivel de peligrosidad para el distrito de Santa Cruz de Succhabamba.

	CONDICIONANTE			DESENCADENANTE			SUSCEPTIBILIDAD		PARÁMETRO DE EVALUACIÓN		PELIGROSIDAD	RANGOS	NIVEL
	$\sum P_{par} \times P_{jerC}$	Peso Cond	Valor Cond	$\sum P_{par} \times P_{jerD}$	Peso Des	Valor Des	Valor Sus	Peso Sus	Valor ParEva	Peso ParEva			
1	0.501	70%	0.351	0.467	30%	0.140	0.491	90%	0.467	10%	0.489	0.489 - 0.336	Muy Alto
2	0.259		0.182	0.467		0.140	0.322		0.467				
3	0.135		0.095	0.467		0.140	0.235		0.467				
4	0.069		0.048	0.467		0.140	0.189		0.467				
5	0.035		0.025	0.467		0.140	0.165		0.467				

Niveles de peligrosidad del Distrito de Santa Cruz de Suchabamba

Nivel de Peligro	Rango
Peligro Muy Alto	0.336 ≤ P ≤ 0.489
Peligro Alto	0.258 ≤ P < 0.336
Peligro Medio	0.216 ≤ P < 0.258
Peligro Bajo	0.195 ≤ P < 0.216

ESTRATIFICACIÓN DEL NIVEL DE PELIGROSIDAD PARA EL DISTRITO DE SANTA CRUZ DE SUCCHABAMBA

Estratificación del Nivel de Peligro para el distrito de Santa Cruz de Suchabamba.

Nivel de Peligro	Descripción	Rango
Peligro muy alto	Precipitación mayor a 15 mm, con pendientes muy bajas en el orden de 0 - 3 %, asociados a geomorfología de llanura de inundación y áreas de geología depósitos lluvio aluvial. Con periodo de retorno de 500 años.	0.336 ≤ P ≤ 0.489
Peligro alto	Precipitación entre 15 a 10 mm, con pendientes bajas en el orden de 3 - 5 %, asociados a geomorfología de planicie aluvial y áreas de geología o composición de suelo de arcillas arenosas de baja plasticidad. Con periodo de retorno de 100 años.	0.258 ≤ P < 0.336
Peligro medio	Precipitación entre 10 a 5 mm, con pendientes moderadas en el orden de 5 - 10 %, asociados a geomorfología de lomada en roca sedimentaria y áreas de geología o composición de suelo de limos arenosos de baja plasticidad. Con periodo de retorno de 25 años.	0.216 ≤ P < 0.258
Peligro bajo	Precipitación menores a 5 mm, con pendientes muy altas mayores a 15 %, asociados a geomorfología de vertiente o piedemonte aluvio-torrencial y áreas de geología volcánico huambos y composición de suelo de arenas arcillosas de baja plasticidad. Con periodo de retorno de 10 años.	0.195 ≤ P < 0.216

EVALUACIÓN DE LA VULNERABILIDAD DEL DISTRITO DE SANTA CRUZ DE SUCCHABAMBA

Vulnerabilidad Física

Vulnerabilidad física según la cercanía al cauce

Indicadores	Rango	Grado de Vulnerabilidad
Muy cercana 0.2 - 0 Km	$0.75 < V \leq 1$	Muy Alta
Cercana 0.2 - 1 Km	$0.5 < V \leq 0.75$	Alta
Mediamente cercana 1 - 5 Km	$0.25 < V \leq 0.50$	Media
Muy alejada > 5 Km	$0 < V \leq 0.25$	Baja

Vulnerabilidad física según el material de construcción de viviendas

Indicadores	Rango	Grado de Vulnerabilidad
Estructura de adobe, caña y otros de menor resistencia, en estado precario	$0.75 < V \leq 1$	Muy Alta
Estructuras de adobe, piedra o madera, sin refuerzos estructurales	$0.5 < V \leq 0.75$	Alta
Estructuras de concreto, acero o madera, sin adecuada técnica constructiva	$0.25 < V \leq 0.50$	Media
Estructura sísmoresistente con adecuada técnica constructiva (concreto o acero)	$0 < V \leq 0.25$	Baja

Vulnerabilidad física según el uso de la normativa

Indicadores	Rango	Grado de Vulnerabilidad
Desconocimiento e incumplimiento de la normativa	$0.75 < V \leq 1$	Muy Alta
Con normativa vigente sin cumplimiento	$0.5 < V \leq 0.75$	Alta
Con normativa vigente mediamente cumplidas	$0.25 < V \leq 0.50$	Media
Con normativa vigente estrictamente cumplidas	$0 < V \leq 0.25$	Baja

Obtención de Rangos de la vulnerabilidad física

Rango de la vulnerabilidad	Grado
$0.75 < V \leq 1$	Muy Alta
$0.5 < V \leq 0.75$	Alta
$0.25 < V \leq 0.50$	Media
$0 < V \leq 0.25$	Baja

Vulnerabilidad Ambiental – Ecológica

Vulnerabilidad ambiental y ecológica según condiciones atmosféricas

Indicadores	Rango	Grado de Vulnerabilidad
Niveles de temperatura superiores estables al promedio normal	$0.75 < V \leq 1$	Muy Alta
Niveles de temperatura superiores al promedio normal	$0.5 < V \leq 0.75$	Alta
Niveles de temperatura ligeramente superior al promedio normal	$0.25 < V \leq 0.50$	Media
Niveles de temperatura al promedio normales	$0 < V \leq 0.25$	Baja

Vulnerabilidad ambiental y ecológica según la composición y calidad del aire y el agua

Indicadores	Rango	Grado de Vulnerabilidad
Nivel de contaminación no apto	$0.75 < V \leq 1$	Muy Alta
Alto grado de contaminación	$0.5 < V \leq 0.75$	Alta
Con un nivel moderado de contaminación	$0.25 < V \leq 0.50$	Media
Sin ningún grado de contaminación	$0 < V \leq 0.25$	Baja

Obtención de Rangos de la vulnerabilidad ambiental y ecológica

Rango de la vulnerabilidad	Grado
$0.75 < V \leq 1$	Muy Alta
$0.5 < V \leq 0.75$	Alta
$0.25 < V \leq 0.50$	Media
$0 < V \leq 0.25$	Baja

Vulnerabilidad Económica

Vulnerabilidad económica según el acceso al mercado laboral

Indicadores	Rango	Grado de Vulnerabilidad
No hay oferta laboral	$0.75 < V \leq 1$	Muy Alta
Oferta laboral < Demanda	$0.5 < V \leq 0.75$	Alta
Oferta laboral = Demanda	$0.25 < V \leq 0.50$	Media
Oferta laboral > Demanda	$0 < V \leq 0.25$	Baja

Vulnerabilidad económica según la actividad económica

Indicadores	Rango	Grado de Vulnerabilidad
Sin productividad y nula distribución de recursos	$0.75 < V \leq 1$	Muy Alta
Escasamente productiva y distribución deficiente de los recursos. Productos para el auto consumo	$0.5 < V \leq 0.75$	Alta
Mediamente productiva y distribución regular de los recursos. Productos para el comercio interior a nivel local	$0.25 < V \leq 0.50$	Media
Alta productividad y recursos bien distribuidos. Productos para el comercio exterior o fuera de la localidad	$0 < V \leq 0.25$	Baja

Vulnerabilidad económica según el nivel de ingresos

Indicadores	Rango	Grado de Vulnerabilidad
Ingresos inferiores para cubrir necesidades básicas	$0.75 < V \leq 1$	Muy Alta
Nivel de ingresos que cubre necesidades básicas	$0.5 < V \leq 0.75$	Alta
Suficiente nivel de ingresos	$0.25 < V \leq 0.50$	Media
Alto nivel de ingresos	$0 < V \leq 0.25$	Baja

Obtención de Rangos de la vulnerabilidad económica

Rango de la vulnerabilidad	Grado
$0.75 < V \leq 1$	Muy Alta
$0.5 < V \leq 0.75$	Alta
$0.25 < V \leq 0.50$	Media
$0 < V \leq 0.25$	Baja

Vulnerabilidad Social

Vulnerabilidad social según el nivel de organización

Indicadores	Rango	Grado de Vulnerabilidad
Población no organizada	$0.75 < V \leq 1$	Muy Alta
Población escasamente organizada	$0.5 < V \leq 0.75$	Alta
Población organizada	$0.25 < V \leq 0.50$	Media
Población totalmente organizada	$0 < V \leq 0.25$	Baja

Vulnerabilidad social según la participación de la población en los trabajos comunales

Indicadores	Rango	Grado de Vulnerabilidad
Nula participación	$0.75 < V \leq 1$	Muy Alta
Mínima participación	$0.5 < V \leq 0.75$	Alta
Participación de la mayoría	$0.25 < V \leq 0.50$	Media
Participación total	$0 < V \leq 0.25$	Baja

Obtención de Rangos de la vulnerabilidad social

Rango de la vulnerabilidad	Grado
$0.75 < V \leq 1$	Muy Alta
$0.5 < V \leq 0.75$	Alta
$0.25 < V \leq 0.50$	Media
$0 < V \leq 0.25$	Baja

Vulnerabilidad Cultural e Ideológica

Vulnerabilidad cultural e ideológica según el conocimiento sobre la ocurrencia de desastres

Indicadores	Rango	Grado de Vulnerabilidad
Desconocimiento total de la población sobre las causas y consecuencias de los desastres	$0.75 < V \leq 1$	Muy Alta
Escaso conocimiento de la población sobre las causas y consecuencias de los desastres	$0.5 < V \leq 0.75$	Alta
La mayoría de la población tiene conocimientos sobre las causas y consecuencias de los desastres	$0.25 < V \leq 0.50$	Media
Conocimiento total de la población sobre las causas y consecuencias de los desastres	$0 < V \leq 0.25$	Baja

Vulnerabilidad cultural e ideológica según la actitud frente a la ocurrencia de desastres

Indicadores	Rango	Grado de Vulnerabilidad
Actitud fatalista, conformista y con desidia	$0.75 < V \leq 1$	Muy Alta
Actitud escasamente previsor	$0.5 < V \leq 0.75$	Alta
Actitud parcialmente previsor	$0.25 < V \leq 0.50$	Media
Actitud altamente previsor	$0 < V \leq 0.25$	Baja

Obtención de Rangos de la vulnerabilidad cultural e ideológica

Rango de la vulnerabilidad	Grado
$0.75 < V \leq 1$	Muy Alta
$0.5 < V \leq 0.75$	Alta
$0.25 < V \leq 0.50$	Media
$0 < V \leq 0.25$	Baja

Vulnerabilidad Científico Tecnológica

Vulnerabilidad científico tecnológica según la existencia de trabajos de investigación sobre

Indicadores	Rango	Grado de Vulnerabilidad
No existen estudios de ningún tipo de los peligros	$0.75 < V \leq 1$	Muy Alta
Existen pocos estudios de los peligros naturales	$0.5 < V \leq 0.75$	Alta
La mayoría de los peligros naturales fueron estudiados	$0.25 < V \leq 0.50$	Media
La totalidad de los peligros naturales fueron estudiados	$0 < V \leq 0.25$	Baja

Vulnerabilidad científico tecnológica según la existencia de instrumentos para medición (se)

Indicadores	Rango	Grado de Vulnerabilidad
Población sin instrumentos	$0.75 < V \leq 1$	Muy Alta
Población con escasos instrumentos	$0.5 < V \leq 0.75$	Alta
Población parcialmente instrumentada	$0.25 < V \leq 0.50$	Media
Población totalmente instrumentada	$0 < V \leq 0.25$	Baja

Obtención de Rangos de la vulnerabilidad científico tecnológica

Rango de la vulnerabilidad	Grado
$0.75 < V \leq 1$	Muy Alta
$0.5 < V \leq 0.75$	Alta
$0.25 < V \leq 0.50$	Media
$0 < V \leq 0.25$	Baja

ESTRATIFICACIÓN DEL NIVEL DE LA VULNERABILIDAD DEL DISTRITO DE SANTA CRUZ DE SUCCHABAMBA

Estratificación del Nivel de Vulnerabilidad del Distrito de Santa Cruz de Succhabamba.

Nivel de Vulnerabilidad	Descripción	Rango
Vulnerabilidad Muy Alta (VMA)	Viviendas muy cercanas al cauce, con material de adobe, caña y otros de menor resistencia, en estado precario, con desconocimiento e incumplimiento de la normativa vigente. Con niveles de temperatura superiores estables al promedio normal, con nivel de contaminación no apto. Donde no existe oferta laboral, sin productividad y nula distribución de recursos, con ingresos inferiores para cubrir necesidades básicas. Con población no organizada, con nula participación. Con población con desconocimiento total sobre las causas y consecuencias de los desastres, con actitud fatalista, conformista y con desidia. Con inexistencia de estudios de ningún tipo de los peligros y población sin instrumentos (sensores de medición).	$0.75 < V \leq 1$
Vulnerabilidad Alta (VA)	Viviendas cercanas al cauce, con material de adobe, piedra o madera, sin refuerzos estructurales, con normativa vigente sin cumplimiento. Con niveles de temperatura superiores al promedio normal, con alto grado de contaminación. Donde la oferta laboral es menor a la demanda, con escasez productiva y distribución de los recursos para el auto consumo, con nivel de ingresos que cubre necesidades básicas. Con población escasamente organizada con mínima participación. Con población con escaso conocimiento sobre las causas y consecuencias de los desastres, con actitud escasamente previsoras. Con existencia de pocos estudios de los peligros naturales y población con escasos instrumentos (sensores de medición).	$0.5 < V \leq 0.75$
Vulnerabilidad Media (VM)	Viviendas mediamente cercanas al cauce, con material de concreto, acero o madera, sin adecuada técnica constructiva, con normativa vigente mediamente cumplidas. Con niveles de temperatura ligeramente superior al promedio normal, con nivel moderado de contaminación. Donde la oferta laboral es igual a la demanda, mediamente productiva y distribución regular de los recursos, productos para el comercio interior a nivel local, con suficiente nivel de ingresos. Con población organizada, con participación de la mayoría. Con población con conocimiento de la mayoría sobre las causas y consecuencias de los desastres, con actitud parcialmente previsoras. Con la mayoría de los peligros fueron estudiados y población parcialmente instrumentada (sensores de medición).	$0.25 < V \leq 0.50$
Vulnerabilidad Baja (VB)	Viviendas muy alejadas al cauce, con material de concreto y acero con adecuada técnica constructiva sismoresistente, con normativa vigente estrictamente cumplidas. Con niveles de temperatura al promedio normales, sin ningún grado de contaminación. Donde la oferta laboral es mayor a la demanda, con alta productividad y recursos bien distribuidos, productos para el comercio exterior o fuera de la localidad, con alto nivel de ingresos. Con población totalmente organizada, con participación total. Con población con conocimiento total sobre las causas y consecuencias de los desastres, con actitud altamente previsoras. Con la totalidad de los peligros estudiados y población totalmente instrumentada (sensores de medición).	$0 < V \leq 0.25$

ESTIMACIÓN DEL NIVEL DEL RIESGO DEL DISTRITO DE SANTA CRUZ DE SUCCHABAMBA

Para determinar el nivel de riesgo se realizó el método simplificado de matriz de riesgo, el cual permite combinar valores de los niveles de riesgo entre los niveles de peligrosidad y vulnerabilidad evaluados previamente.

Matriz de Riesgo del Distrito de Santa Cruz de Succhabamba.

P E L I G R O S I D A D	Muy Alto	0.489	0.122	0.245	0.367	0.489
	Alto	0.336	0.084	0.168	0.252	0.336
	Medio	0.258	0.065	0.129	0.194	0.258
	Bajo	0.216	0.054	0.108	0.162	0.216
			0.25	0.5	0.75	1
			Bajo	Medio	Alto	Muy Alto
			VULNERABILIDAD			

Niveles de Riesgo.

Nivel de Riesgo	Rango			
Riesgo Muy Alto	0.252	≤	R	< 0.489
Riesgo Alto	0.129	≤	R	< 0.252
Riesgo Medio	0.054	≤	R	< 0.129
Riesgo Bajo	0.001	≤	R	< 0.054

ESTRATIFICACIÓN DEL NIVEL DE RIESGO DEL DISTRITO DE SANTA CRUZ DE SUCCHABAMBA

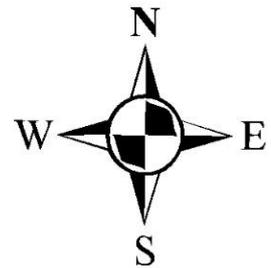
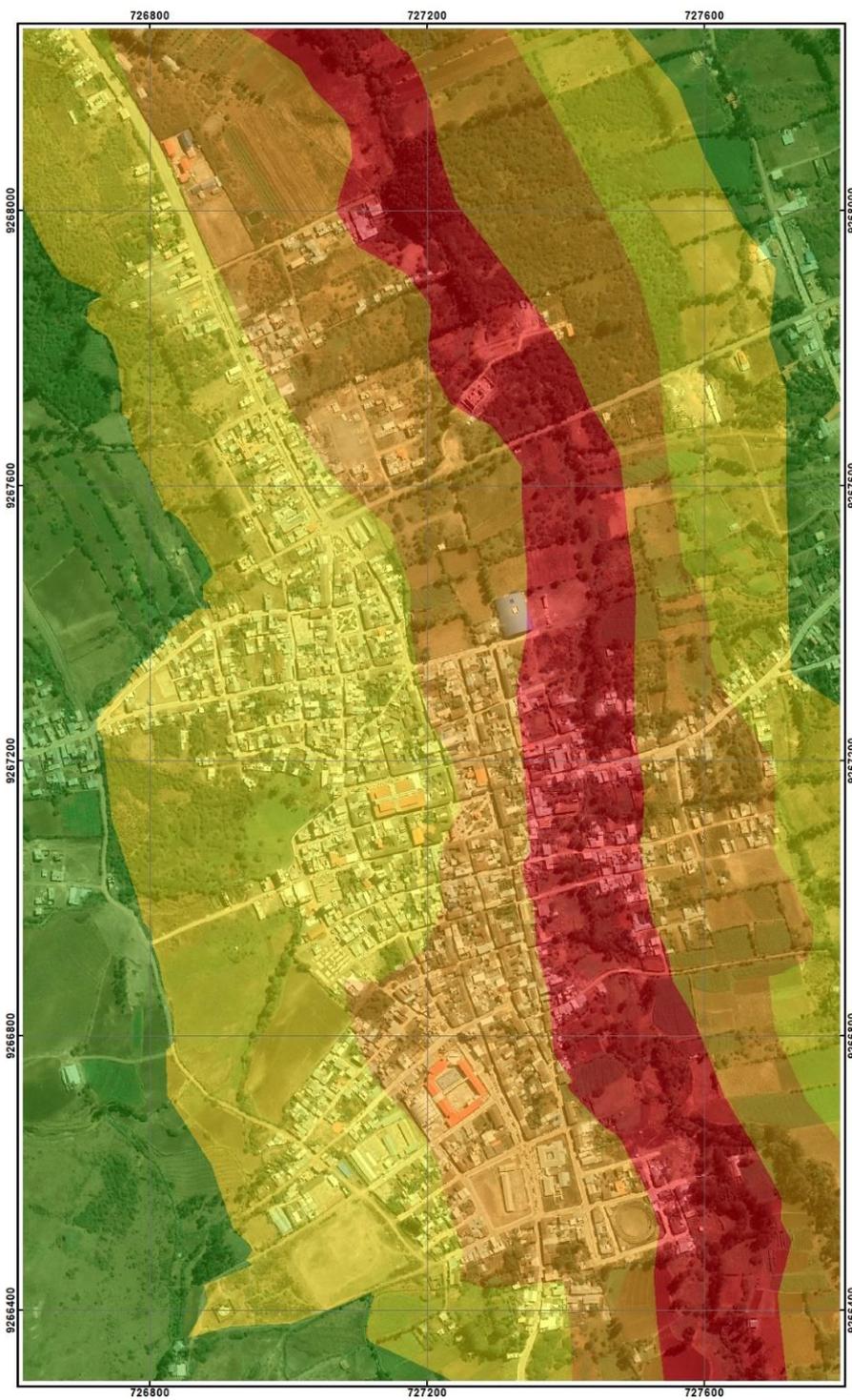
Estratificación del Nivel de Riesgo del Distrito de Santa Cruz de Suchabamba.

Nivel de Riesgo	Descripción	Rango
Riesgo Muy Alto	Precipitación mayor a 15 mm, con pendientes muy bajas en el orden de 0 - 3 %, asociados a geomorfología de llanura de inundación y áreas de geología depósitos lluvio aluvial. Con periodo de retorno de 500 años. Viviendas muy cercanas al cauce, con material de adobe, caña y otros de menor resistencia, en estado precario, con desconocimiento e incumplimiento de la normativa vigente. Con niveles de temperatura superiores estables al promedio normal, con nivel de contaminación no apto. Donde no existe oferta laboral, sin productividad y nula distribución de recursos, con ingresos inferiores para cubrir necesidades básicas. Con población no organizada, con nula participación. Con población con desconocimiento total sobre las causas y consecuencias de los desastres, con actitud fatalista, conformista y con desidia. Con inexistencia de estudios de ningún tipo de los peligros y población sin instrumentos (sensores de medición).	$0.252 \leq R < 0.489$
Riesgo Alto	Precipitación entre 15 a 10 mm, con pendientes bajas en el orden de 3 - 5 %, asociados a geomorfología de planicie aluvial y áreas de geología o composición de suelo de arcillas arenosas de baja plasticidad. Con periodo de retorno de 100 años. Viviendas cercanas al cauce, con material de adobe, piedra o madera, sin refuerzos estructurales, con normativa vigente sin cumplimiento. Con niveles de temperatura superiores al promedio normal, con alto grado de contaminación. Donde la oferta laboral es menor a la demanda, con escasez productiva y distribución de los recursos para el auto consumo, con nivel de ingresos que cubre necesidades básicas. Con población escasamente organizada con mínima participación. Con población con escaso conocimiento sobre las causas y consecuencias de los desastres, con actitud escasamente previsor. Con existencia de pocos estudios de los peligros naturales y población con escasos instrumentos (sensores de medición).	$0.129 \leq R < 0.252$
Riesgo Medio	Precipitación entre 10 a 5 mm, con pendientes moderadas en el orden de 5 - 10 %, asociados a geomorfología de lomada en roca sedimentaria y áreas de geología o composición de suelo de limos arenosos de baja plasticidad. Con periodo de retorno de 25 años. Viviendas medianamente cercanas al cauce, con material de concreto, acero o madera, sin adecuada técnica constructiva, con normativa vigente medianamente cumplidas. Con niveles de temperatura ligeramente superior al promedio normal, con nivel moderado de contaminación. Donde la oferta laboral es igual a la demanda, medianamente productiva y distribución regular de los recursos, productos para el comercio interior a nivel local, con suficiente nivel de ingresos. Con población organizada, con participación de la mayoría. Con población con conocimiento de la mayoría sobre las causas y consecuencias de los desastres, con actitud parcialmente previsor. Con la mayoría de los peligros fueron estudiados y población parcialmente instrumentada (sensores de medición).	$0.054 \leq R < 0.129$
Riesgo Bajo	Precipitación menores a 5 mm, con pendientes muy altas mayores a 15 %, asociados a geomorfología de vertiente o piedemonte aluvio-torrencial y áreas de geología volcánico huambos y composición de suelo de arenas arcillosas de baja plasticidad. Con periodo de retorno de 10 años. Viviendas muy alejadas al cauce, con material de concreto y acero con adecuada técnica constructiva sismorresistente, con normativa vigente estrictamente cumplidas. Con niveles de temperatura al promedio normales, sin ningún grado de contaminación. Donde la oferta laboral es mayor a la demanda, con alta productividad y recursos bien distribuidos, productos para el comercio exterior o fuera de la localidad, con alto nivel de ingresos. Con población totalmente organizada, con participación total. Con población con conocimiento total sobre las causas y consecuencias de los desastres, con actitud altamente previsor. Con la totalidad de los peligros estudiados y población totalmente instrumentada (sensores de medición).	$0.001 \leq R < 0.054$

Porcesamiento del nivel de peligro en software ArcGis, con los distintos parámetros de evaluación.

FID	Shape	Parametro	Pe_Pen	Parametr_1	Peso_G	Parametr_2	Pe_Geo	VFC	VFD	Susceptibi	Par_Evalua	Peligrosid	N_Peligro
0	Polygon	0-3%	0.503	Lanura de Inundación	0.496	Depósito lluvio aluvial	0.503	0.500921	0.467	0.490745	0.467	0.48837	MUY ALTO
1	Polygon	0-3%	0.503	Lomada en roca sedimentaria	0.138	Depósito lluvio aluvial	0.503	0.394595	0.467	0.416316	0.467	0.421385	MUY ALTO
2	Polygon	0-3%	0.503	Lomada en roca sedimentaria	0.138	Limos, arenas de BP	0.134	0.334079	0.467	0.373955	0.467	0.38326	MUY ALTO
3	Polygon	0-3%	0.503	Lomada en roca sedimentaria	0.138	Arenas, arcillas de BP	0.068	0.323255	0.467	0.366379	0.467	0.376441	MUY ALTO
4	Polygon	0-3%	0.503	Lomada en roca sedimentaria	0.138	Arcillas, arenas de BP	0.26	0.354743	0.467	0.38842	0.467	0.396278	MUY ALTO
5	Polygon	0-3%	0.503	Plancie Aluvial	0.258	Depósito lluvio aluvial	0.503	0.430235	0.467	0.441265	0.467	0.443838	MUY ALTO
6	Polygon	0-3%	0.503	Vertiente aluvio-torrencial	0.072	Depósito lluvio aluvial	0.503	0.374993	0.467	0.402595	0.467	0.409036	MUY ALTO
7	Polygon	0-3%	0.503	Vertiente aluvio-torrencial	0.072	Arenas, arcillas de BP	0.068	0.303653	0.467	0.352657	0.467	0.364091	MUY ALTO
8	Polygon	0-3%	0.503	Vertiente aluvio-torrencial	0.072	Arcillas, arenas de BP	0.26	0.335141	0.467	0.374699	0.467	0.383929	MUY ALTO
9	Polygon	> 15%	0.035	Montaña en roca volcánica	0.036	Arenas, arcillas de BP	0.068	0.040709	0.467	0.168596	0.467	0.198437	BAJO
10	Polygon	> 15%	0.035	Montaña en roca volcánica	0.036	Volcánico Huambos	0.035	0.035297	0.467	0.164808	0.467	0.195027	BAJO
11	Polygon	> 15%	0.035	Montaña en roca volcánica	0.036	Arcillas, arenas de BP	0.26	0.072197	0.467	0.190638	0.467	0.216274	MEDIO
12	Polygon	> 15%	0.035	Vertiente aluvio-torrencial	0.072	Limos, arenas de BP	0.134	0.062225	0.467	0.183658	0.467	0.211992	BAJO
13	Polygon	> 15%	0.035	Vertiente aluvio-torrencial	0.072	Arenas, arcillas de BP	0.068	0.051401	0.467	0.176081	0.467	0.205173	BAJO
14	Polygon	> 15%	0.035	Vertiente aluvio-torrencial	0.072	Volcánico Huambos	0.035	0.045899	0.467	0.172292	0.467	0.201763	BAJO
15	Polygon	> 15%	0.035	Vertiente aluvio-torrencial	0.072	Arcillas, arenas de BP	0.26	0.082889	0.467	0.198122	0.467	0.22501	MEDIO
16	Polygon	3-5%	0.26	Lomada en roca sedimentaria	0.138	Depósito lluvio aluvial	0.503	0.263618	0.467	0.324633	0.467	0.338869	MUY ALTO
17	Polygon	3-5%	0.26	Lomada en roca sedimentaria	0.138	Limos, arenas de BP	0.134	0.203102	0.467	0.282271	0.467	0.300744	ALTO
18	Polygon	3-5%	0.26	Lomada en roca sedimentaria	0.138	Arenas, arcillas de BP	0.068	0.192278	0.467	0.274695	0.467	0.293925	ALTO
19	Polygon	3-5%	0.26	Lomada en roca sedimentaria	0.138	Arcillas, arenas de BP	0.26	0.223766	0.467	0.296736	0.467	0.313763	ALTO
20	Polygon	3-5%	0.26	Montaña en roca volcánica	0.036	Arenas, arcillas de BP	0.068	0.161984	0.467	0.253489	0.467	0.27484	ALTO
21	Polygon	3-5%	0.26	Montaña en roca volcánica	0.036	Volcánico Huambos	0.035	0.158572	0.467	0.2497	0.467	0.27143	ALTO
22	Polygon	3-5%	0.26	Plancie Aluvial	0.258	Depósito lluvio aluvial	0.503	0.299258	0.467	0.349581	0.467	0.361323	MUY ALTO
23	Polygon	3-5%	0.26	Plancie Aluvial	0.258	Limos, arenas de BP	0.134	0.238742	0.467	0.307219	0.467	0.323197	ALTO
24	Polygon	3-5%	0.26	Vertiente aluvio-torrencial	0.072	Depósito lluvio aluvial	0.503	0.244016	0.467	0.310911	0.467	0.32652	ALTO
25	Polygon	3-5%	0.26	Vertiente aluvio-torrencial	0.072	Limos, arenas de BP	0.134	0.1835	0.467	0.26855	0.467	0.288395	ALTO
26	Polygon	3-5%	0.26	Vertiente aluvio-torrencial	0.072	Arenas, arcillas de BP	0.068	0.172676	0.467	0.260973	0.467	0.281576	ALTO
27	Polygon	3-5%	0.26	Vertiente aluvio-torrencial	0.072	Volcánico Huambos	0.035	0.053084	0.467	0.257185	0.467	0.276166	ALTO
28	Polygon	3-5%	0.26	Vertiente aluvio-torrencial	0.072	Arcillas, arenas de BP	0.26	0.204164	0.467	0.283015	0.467	0.301413	ALTO
29	Polygon	5-10%	0.134	Lomada en roca sedimentaria	0.138	Limos, arenas de BP	0.134	0.135188	0.467	0.234732	0.467	0.257958	MEDIO
30	Polygon	5-10%	0.134	Lomada en roca sedimentaria	0.138	Arenas, arcillas de BP	0.068	0.124364	0.467	0.227155	0.467	0.251139	MEDIO
31	Polygon	5-10%	0.134	Lomada en roca sedimentaria	0.138	Arcillas, arenas de BP	0.26	0.155852	0.467	0.249196	0.467	0.270977	ALTO
32	Polygon	5-10%	0.134	Montaña en roca volcánica	0.036	Limos, arenas de BP	0.134	0.104894	0.467	0.213526	0.467	0.238873	MEDIO
33	Polygon	5-10%	0.134	Vertiente aluvio-torrencial	0.072	Limos, arenas de BP	0.134	0.115586	0.467	0.22101	0.467	0.245609	MEDIO
34	Polygon	5-10%	0.134	Vertiente aluvio-torrencial	0.072	Arenas, arcillas de BP	0.068	0.104762	0.467	0.213433	0.467	0.23879	MEDIO
35	Polygon	5-10%	0.134	Vertiente aluvio-torrencial	0.072	Arcillas, arenas de BP	0.26	0.13625	0.467	0.235475	0.467	0.256628	ALTO
36	Polygon	10-15%	0.068	Montaña en roca volcánica	0.036	Limos, arenas de BP	0.134	0.069932	0.467	0.186624	0.467	0.216462	MEDIO
37	Polygon	10-15%	0.068	Montaña en roca volcánica	0.036	Arenas, arcillas de BP	0.068	0.058496	0.467	0.181047	0.467	0.209642	BAJO
38	Polygon	10-15%	0.068	Montaña en roca volcánica	0.036	Volcánico Huambos	0.035	0.053084	0.467	0.177259	0.467	0.206233	BAJO
39	Polygon	10-15%	0.068	Montaña en roca volcánica	0.036	Arcillas, arenas de BP	0.26	0.089984	0.467	0.203089	0.467	0.22948	MEDIO
40	Polygon	10-15%	0.068	Vertiente aluvio-torrencial	0.072	Limos, arenas de BP	0.134	0.080012	0.467	0.196108	0.467	0.223198	MEDIO
41	Polygon	10-15%	0.068	Vertiente aluvio-torrencial	0.072	Arenas, arcillas de BP	0.068	0.069188	0.467	0.188532	0.467	0.216378	MEDIO
42	Polygon	10-15%	0.068	Vertiente aluvio-torrencial	0.072	Volcánico Huambos	0.035	0.063776	0.467	0.184743	0.467	0.212969	BAJO
43	Polygon	10-15%	0.068	Vertiente aluvio-torrencial	0.072	Arcillas, arenas de BP	0.26	0.100676	0.467	0.210573	0.467	0.236216	MEDIO
44	Polygon	0-3%	0.503	Lomada en roca sedimentaria	0.138	Depósito lluvio aluvial	0.503	0.394595	0.467	0.416316	0.467	0.421385	MUY ALTO
45	Polygon	3-5%	0.26	Lomada en roca sedimentaria	0.138	Depósito lluvio aluvial	0.503	0.263618	0.467	0.324633	0.467	0.338869	MUY ALTO
46	Polygon	0-3%	0.503	Lomada en roca sedimentaria	0.138	Arcillas, arenas de BP	0.26	0.354743	0.467	0.38842	0.467	0.396278	MUY ALTO
47	Polygon	0-3%	0.503	Lomada en roca sedimentaria	0.138	Arcillas, arenas de BP	0.26	0.223766	0.467	0.296736	0.467	0.313763	ALTO
48	Polygon	0-3%	0.503	Lanura de Inundación	0.496	Depósito lluvio aluvial	0.503	0.500921	0.467	0.490745	0.467	0.48837	MUY ALTO
49	Polygon	0-3%	0.503	Plancie Aluvial	0.258	Depósito lluvio aluvial	0.503	0.430235	0.467	0.441265	0.467	0.443838	MUY ALTO
50	Polygon	0-3%	0.503	Lomada en roca sedimentaria	0.138	Depósito lluvio aluvial	0.503	0.394595	0.467	0.416316	0.467	0.421385	MUY ALTO
51	Polygon	0-3%	0.503	Plancie Aluvial	0.258	Depósito lluvio aluvial	0.503	0.430235	0.467	0.441265	0.467	0.443838	MUY ALTO
52	Polygon	0-3%	0.503	Lomada en roca sedimentaria	0.138	Depósito lluvio aluvial	0.503	0.394595	0.467	0.416316	0.467	0.421385	MUY ALTO
53	Polygon	0-3%	0.503	Vertiente aluvio-torrencial	0.072	Depósito lluvio aluvial	0.503	0.374993	0.467	0.402595	0.467	0.409036	MUY ALTO
54	Polygon	0-3%	0.503	Lomada en roca sedimentaria	0.138	Arenas, arcillas de BP	0.068	0.323255	0.467	0.366379	0.467	0.376441	MUY ALTO
55	Polygon	0-3%	0.503	Vertiente aluvio-torrencial	0.072	Arenas, arcillas de BP	0.068	0.303653	0.467	0.352657	0.467	0.364091	MUY ALTO
56	Polygon	0-3%	0.503	Lomada en roca sedimentaria	0.138	Arcillas, arenas de BP	0.26	0.354743	0.467	0.38842	0.467	0.396278	MUY ALTO
57	Polygon	0-3%	0.503	Vertiente aluvio-torrencial	0.072	Arcillas, arenas de BP	0.26	0.335141	0.467	0.374699	0.467	0.383929	MUY ALTO
58	Polygon	> 15%	0.035	Montaña en roca volcánica	0.036	Arenas, arcillas de BP	0.068	0.040709	0.467	0.168596	0.467	0.198437	BAJO
59	Polygon	> 15%	0.035	Vertiente aluvio-torrencial	0.072	Arenas, arcillas de BP	0.068	0.051401	0.467	0.176081	0.467	0.205173	BAJO
60	Polygon	> 15%	0.035	Montaña en roca volcánica	0.036	Volcánico Huambos	0.035	0.035297	0.467	0.164808	0.467	0.195027	BAJO
61	Polygon	> 15%	0.035	Vertiente aluvio-torrencial	0.072	Volcánico Huambos	0.035	0.045899	0.467	0.172292	0.467	0.201763	BAJO
62	Polygon	> 15%	0.035	Montaña en roca volcánica	0.036	Arcillas, arenas de BP	0.26	0.072197	0.467	0.190638	0.467	0.216274	MEDIO
63	Polygon	> 15%	0.035	Vertiente aluvio-torrencial	0.072	Arcillas, arenas de BP	0.26	0.082889	0.467	0.198122	0.467	0.22501	MEDIO
64	Polygon	3-5%	0.26	Lomada en roca sedimentaria	0.138	Limos, arenas de BP	0.134	0.203102	0.467	0.282271	0.467	0.300744	ALTO
65	Polygon	3-5%	0.26	Plancie Aluvial	0.258	Limos, arenas de BP	0.134	0.238742	0.467	0.307219	0.467	0.323197	ALTO
66	Polygon	3-5%	0.26	Lomada en roca sedimentaria	0.138	Depósito lluvio aluvial	0.503	0.263618	0.467	0.324633	0.467	0.338869	MUY ALTO
67	Polygon	3-5%	0.26	Vertiente aluvio-torrencial	0.072	Depósito lluvio aluvial	0.503	0.244016	0.467	0.310911	0.467	0.32652	ALTO
68	Polygon	3-5%	0.26	Lomada en roca sedimentaria	0.138	Limos, arenas de BP	0.134	0.203102	0.467	0.282271	0.467	0.300744	ALTO
69	Polygon	3-5%	0.26	Vertiente aluvio-torrencial	0.072	Limos, arenas de BP	0.134	0.1835	0.467	0.26855	0.467	0.288395	ALTO
70	Polygon	3-5%	0.26	Lomada en roca sedimentaria	0.138	Arenas, arcillas de BP	0.068	0.192278	0.467	0.274695	0.467	0.293925	ALTO
71	Polygon	3-5%	0.26	Vertiente aluvio-torrencial	0.072	Arenas, arcillas de BP	0.068	0.172676	0.467	0.260973	0.467	0.281576	ALTO
72	Polygon	3-5%	0.26	Lomada en roca sedimentaria	0.138	Arcillas, arenas de BP	0.26	0.223766	0.467	0.296736	0.467	0.313763	ALTO
73	Polygon	3-5%	0.26	Vertiente aluvio-torrencial	0.072	Arcillas, arenas de BP	0.26	0.204164	0.467	0.283015	0.467	0.301413	ALTO
74	Polygon	3-5%	0.26	Montaña en roca volcánica	0.036	Arenas, arcillas de BP	0.068	0.161984	0.467	0.253489	0.467	0.27484	ALTO
75	Polygon	3-5%	0.26	Vertiente aluvio-torrencial	0.072	Arenas, arcillas de BP	0.068	0.172676	0.467	0.260973	0.467	0.281576	ALTO
76	Polygon	3-5%	0.26	Montaña en roca volcánica	0.036	Volcánico Huambos	0.035	0.158572	0.467	0.2497	0.467	0.27143	ALTO
77	Polygon	3-5%	0.26	Vertiente aluvio-torrencial	0.072	Volcánico Huambos	0.035	0.167264	0.467	0.257185	0.467	0.278166	ALTO
78	Polygon	3-5%	0.26	Plancie Aluvial	0.258	Limos, arenas de BP	0.134	0.238742	0.467	0.307219	0.467	0.323197	ALTO
79	Polygon	3-5%	0.26	Vertiente aluvio-torrencial	0.072	Limos, arenas de BP	0.134	0.1835	0.467	0.26855	0.467	0.288395	ALTO
80	Polygon	5-10%	0.134	Vertiente aluvio-torrencial	0.072	Limos, arenas de BP	0.134	0.115586	0.467	0.22101	0.467	0.245609	MEDIO
81	Polygon	10-15%	0.068	Vertiente aluvio-torrencial	0.072	Limos, arenas de BP	0.134	0.080012	0.467	0.196108	0.467	0.223198	MEDIO
82	Polygon	5-10%	0.134	Lomada en roca sedimentaria	0.138	Limos, arenas de BP	0.134	0.135188	0.467	0.234732	0.467	0.2	

MAPA DE PELIGRO

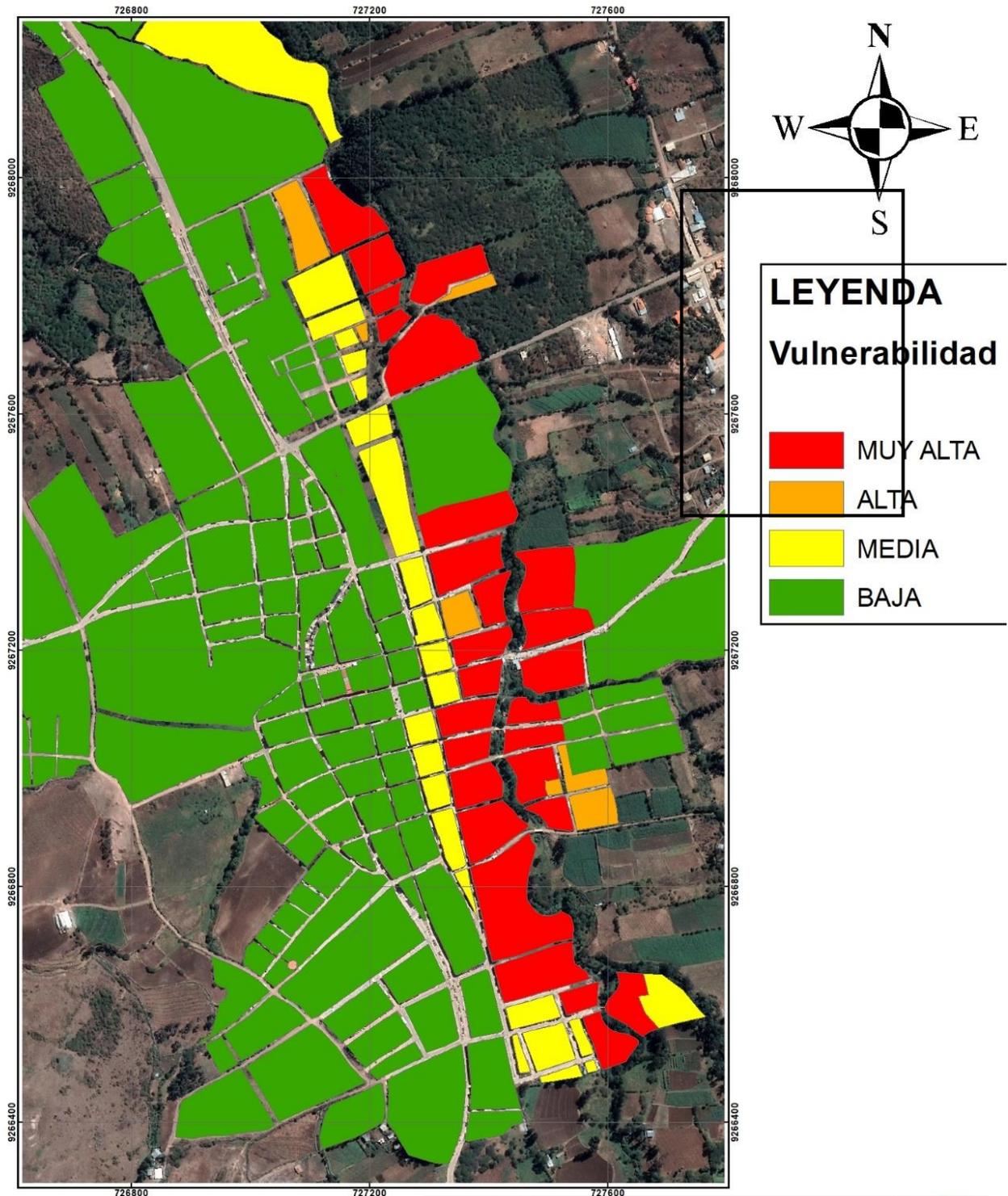


LEYENDA
Nivel de Peligro

- MUY ALTO
- ALTO
- MEDIO
- BAJO

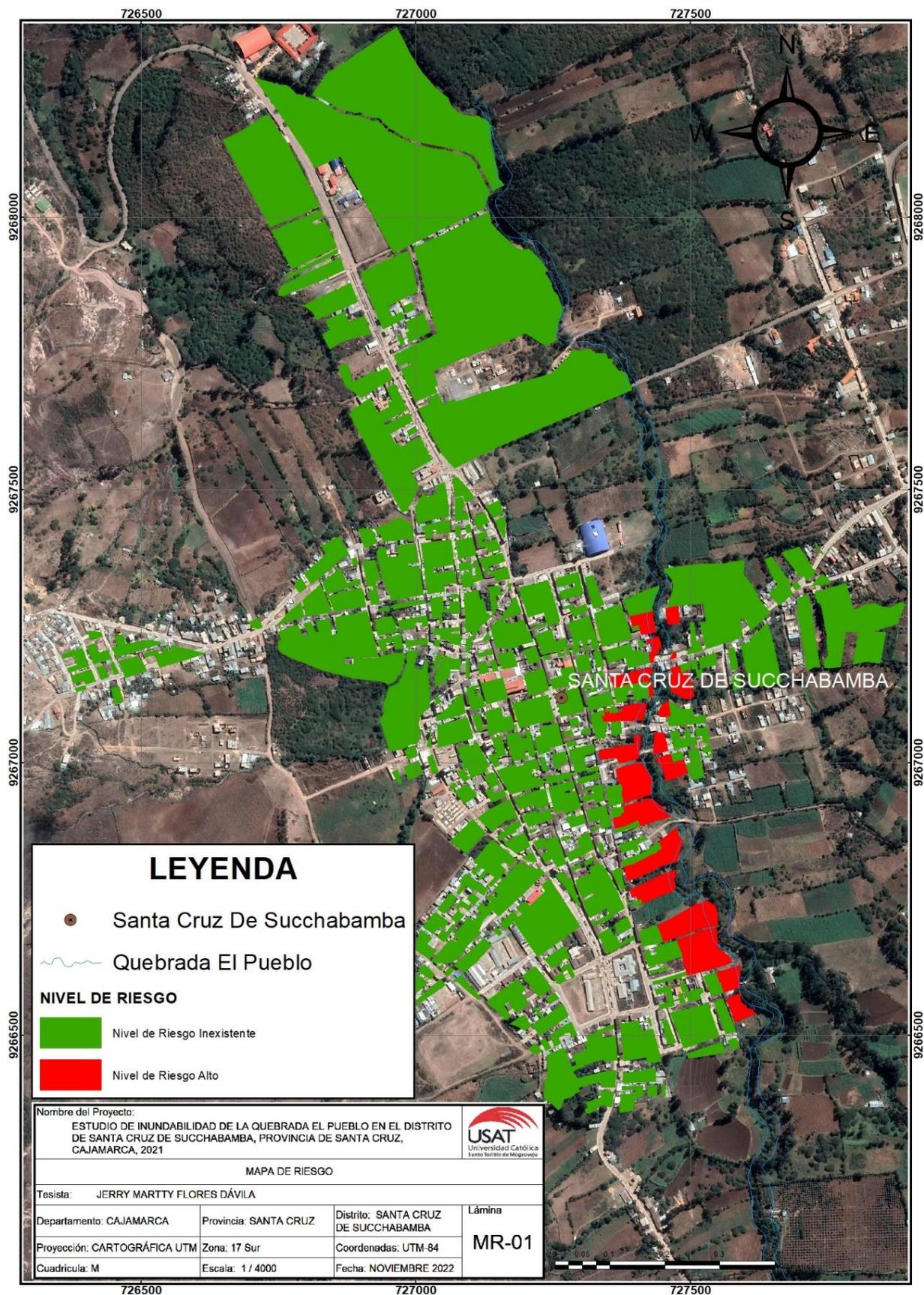
Nombre del Proyecto: ESTUDIO DE INUNDABILIDAD DE LA QUEBRADA EL PUEBLO EN EL DISTRITO DE SANTA CRUZ DE SUCCHABAMBA, PROVINCIA DE SANTA CRUZ, CAJAMARCA, 2021			
MAPA DE PELIGROSIDAD			
Tesista: JERRY MARTTY FLORES DÁVILA			
Departamento: CAJAMARCA	Provincia: SANTA CRUZ	Distrito: SANTA CRUZ DE SUCCHABAMBA	Lámina MP-01
Proyección: CARTOGRÁFICA UTM	Zona: 17 Sur	Coordenadas: UTM-84	
Cuadrícula: M	Escala: 1 / 4000	Fecha: NOVIEMBRE 2022	

MAPA DE VULNERABILIDAD



Nombre del Proyecto: ESTUDIO DE INUNDABILIDAD DE LA QUEBRADA EL PUEBLO EN EL DISTRITO DE SANTA CRUZ DE SUCCHABAMBA, PROVINCIA DE SANTA CRUZ, CAJAMARCA, 2021			
MAPA DE VULNERABILIDAD			
Tesista: JERRY MARTTY FLORES DÁVILA			
Departamento: CAJAMARCA	Provincia: SANTA CRUZ	Distrito: SANTA CRUZ DE SUCCHABAMBA	Lámina MV-01
Proyección: CARTOGRÁFICA UTM	Zona: 17 Sur	Coordenadas: UTM-84	
Cuadrícula: M	Escala: 1 / 4000	Fecha: NOVIEMBRE 2022	

MAPA DE RIESGO



ANEXO N°03: PANEL FOTOGRÁFICO**Situación Problemática**

Foto 01. Cauce Natural de la quebrada El Pueblo.

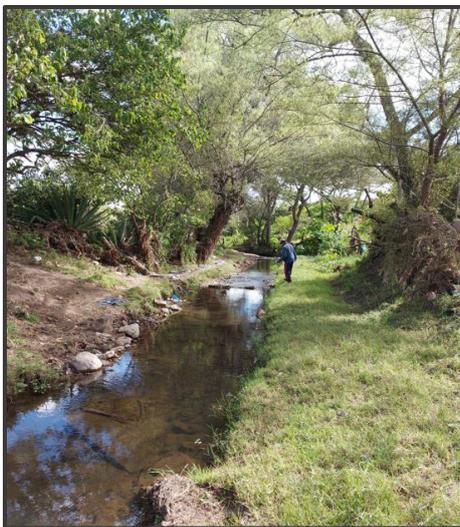


Foto 02. Puente Atahualpa. Km1+640.

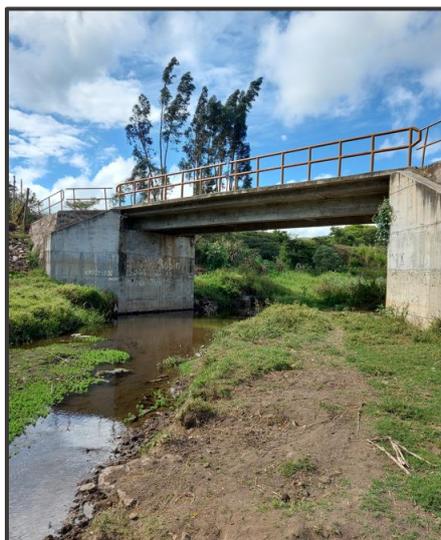


Foto 03. Tramo Crítico aguas abajo del Puente Atahualpa. Vacuno fallecido a causa del desbordamiento de la quebrada El Pueblo.



Foto 04. Tramo Inundables en el sector del Puente Atahualpa.



Foto 05. Zona inundada en el sector de la progresiva 1+360.



Foto 06. Zona Inundada en el sector de la progresiva 1+440.



Foto 07. Zona inundable en el sector de la progresiva 1+480.



Foto 08. Zonas inundables del Puente Colón, progresiva 1+280.



Foto 09. Desbordamiento de la quebrada El Pueblo. Llanura de inundación.



Foto 10. Rebalse del puente Colón a causa de la crecida de la quebrada El Pueblo.



Levantamiento Topográfico

Foto 11. Estacionamiento de equipo topográfico en la zona del estudio topográfico.



Foto 12. Realización del levantamiento topográfico en el dominio de la quebrada El Pueblo.



Foto 13. Registro de puntos con prisma para tener un mejor detalle de la topografía de la zona de estudio.



Foto 14. Cauce natural definido de la quebrada.



Estudio de Mecánica de Suelos

Foto 15. Acotamiento y rayado de calicatas de 1m².



Foto 16. Rayado y profundidad de la calicata realizada a 1.5m.



Foto 17. Calicata N°01.



Foto 18. Calicata N°02.



Foto 19. Calicata N°03.



Foto 20. Calicata N°04.



Foto 21. Calicata N°05.



Foto 22. Calicata N°06.



Foto 23. Calicata N°07.



Foto 24. Calicata N°08.

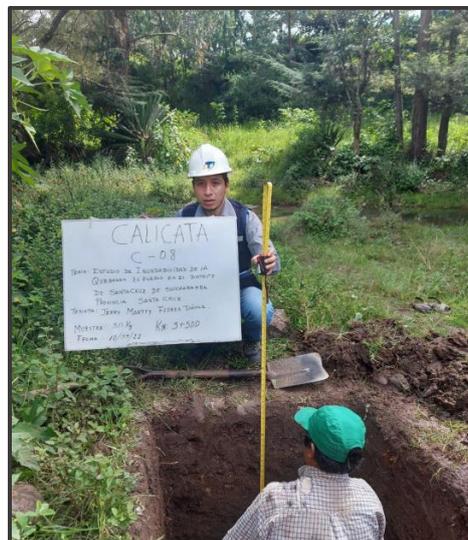


Foto 25. Calicata N°09.



Foto 26. Calicata N°10.



Foto 27. Calicata N°11.



Foto 28. Traslado de material extraído de cada una de las calicatas (30kg) hacia el laboratorio de suelos en la ciudad de Lambayeque.



Foto 29. Trabajo sistematizado de laboratorio de suelos.



Foto 30. Saturación del material y Tamices reglamentados para realizar el análisis granulométrico.



Foto 31. Secado del material en horno y apisonado en molde de CBR.



Estudio Hidráulico

Evaluación Pendiente Sección

Foto 32. Señalización del tramo a evaluar por el método de pendiente sección.



Foto 33. Batimetría requerida para la evaluación del método directo de pendiente sección.



Viviendas aledañas a la rivera del cauce de la quebrada El Pueblo.

Foto 34. Vivienda inundada cercana a la rivera de la quebrada El Pueblo.



Foto 35. Vivienda de construcción precaria cercana al cauce de la quebrada El Pueblo.



Foto 36. Viviendas cercanas al cauce de la quebrada El Pueblo.



Foto 37. Vivienda inhabitada a causa del desbordamiento de la quebrada El Pueblo.



Foto 38. Cauce de la quebrada después de una fuerte precipitación.



Foto 39. Quebrada El Pueblo. Sector carretera a la provincia de Chota.



Foto 40. Toma aérea de la zona del cauce de la quebrada El Pueblo.



Foto 41. Desborde de la quebrada El Pueblo- abril 2023.



Foto 42. Zona crítica de inundación de la quebrada El Pueblo, abril 2023.



Foto 43. Puente Colón, abril 2023.



Foto 44. Zona crítica de desbordamiento, abril 2023.



Foto 45. Desborde en la carretera a la provincia de Chota, abril 2023.



Foto 46. Zona baja, alcantarilla colmatada, abril 2023.

