

UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA ACADÉMICA PROFESIONAL DE INGENIERÍA HIDRÁULICA



**“IDENTIFICACIÓN DE ÁREAS INUNDABLES MEDIANTE MODELAMIENTO
HIDRÁULICO DE LA QUEBRADA CHINCHINMARCA – SECTOR 24 (VILLA
HUACARIZ) – CAJAMARCA”**

**TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:
INGENIERO HIDRÁULICO**

PRESENTADO POR EL BACHILLER:

MANTILLA BRIONES, Freddy Alexander

ASESOR:

Dr. Ing. HUAMAN VIDAURRE, José Francisco

CAJAMARCA – PERÚ

2019

AGRADECIMIENTO

En Primer lugar, a Dios por mantenerme bien de salud y así haber concluido con esta investigación, a mis padres por su incansable aliento y apoyo constante para seguir adelante, a mis hermanos por su apoyo incondicional.

Al Dr. Ing. José Francisco Huamán Vidaurre; asesor de esta investigación, por sus consejos y apoyo incondicional en el desarrollo del presente trabajo.

Al Dr. Ing. Gaspar Méndez Cruz; al Dr. Ing. Luis Vásquez Ramírez; al M.Sc. Ing. Marco Antonio Silva Silva jurados de mi tesis, por su aporte y comentarios que ayudaron a mejorar y concluir mi trabajo de investigación.

Gracias a mis familiares, amigos y personas que de una u otra manera contribuyeron hacer realidad el presente trabajo de investigación.

DEDICATORIA

A Dios, por ser mi fortaleza, por darme la vida, salud y guiarme por el buen camino y alcázar mis objetivos trazados.

A mis padres: Nemecio Mantilla Palacios y María Natividad Briones Saldaña por su amor, apoyo y sacrificio a lo largo de mi vida, gracias a ustedes he logrado llegar hasta aquí, por enseñarme que con esfuerzo y sacrificio se pueden alcanzar los objetivos.

A mis hermanos: July Paola y Hernan; por su aliento y apoyo incondicional para lograr está investigación.

A mi abuelita Lucia (Q.E.P.D) a mis tíos y tías y familiares que contribuyeron en mi desarrollo personal, por sus sabios consejos para afrontar el camino de la vida y nunca rendirse.

ÍNDICE DE CONTENIDO

AGRADECIMIENTO	ii
DEDICATORIA	iii
ÍNDICE DE CONTENIDO	iv
ÍNDICE DE TABLAS	vii
ÍNDICE DE FIGURAS	ix
RESUMEN	xi
ABSTRACT	xii
CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN	1
CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO	3
2.1. ANTECEDENTES TEÓRICOS DE LA INVESTIGACIÓN.....	3
2.2. BASES TEÓRICAS.....	4
2.2.1. TOPOGRAFIA.....	4
2.2.2. CARTOGRAFÍA	4
2.2.3. ESTUDIO HIDROLÓGICO	5
2.2.3.1. CUENCA HIDROGRÁFICA	5
2.2.3.2. PARÁMETROS GEOMORFOLÓGICOS DE LA CUENCA HIDROGRÁFICA.....	5
2.2.3.3. PARÁMETROS DE FORMA.....	6
2.2.3.4. PARÁMETROS DE RELIEVE.....	9
2.2.3.5. PARÁMETROS RELATIVOS A LA RED HIDROGRÁFICA.....	12
2.2.3.6. ANÁLISIS DE CONSISTENCIA.....	14
2.2.3.7. PERÍODO DE RETORNO	14
2.2.3.8. ANÁLISIS DE FRECUENCIA	15
2.2.3.9. PRUEBA DE BONDAD DE AJUSTE	17
2.2.3.10. TORMENTA DE DISEÑO	18
2.2.3.11. COEFICIENTE DE ESCORRENTÍA.....	20
2.2.3.12. ECUACIONES O FUNCIONES DE TRANSFERENCIA DE INFORMACIÓN.....	21
2.2.3.13. CAUDALES MÁXIMOS.....	23

2.2.4. HIDRÁULICA FLUVIAL	24
2.2.4.1. CARACTERIZACIÓN MORFOLÓGICA DE UN RÍO	24
2.2.4.2. INUNDACIÓN	27
2.2.5. MODELO HIDRÁULICO.....	31
2.2.5.1. MODELO HIDRÁULIO IBER	31
2.2.6. MODELO NUMÉRICO	32
2.3. DEFINICIÓN DE TÉRMINOS BÁSICOS.....	38
CAPÍTULO III. MATERIALES Y MÉTODOS	39
3.1. UBICACIÓN.....	39
3.2. SITUACIÓN ACTUAL DE LA ZONA DE ESTUDIO	40
3.3. MATERIALES	41
3.3.1. INFORMACIÓN CARTOGRÁFICA Y TOPOGRÁFICA	41
3.3.2. EQUIPOS Y SOFTWARES	41
3.4. PROCEDIMIENTO.....	42
3.4.1. TOPOGRAFÍA.....	42
3.4.2. CARACTERÍSTICAS DE LA CUENCA DE ESTUDIO	43
3.4.3. MODELAMIENTO HIDROLÓGICO.....	43
3.4.4. MODELAMIENTO HIDRÁULICO	50
3.4.5. ZONIFICACIÓN DE ÁREAS DE INUNDACIÓN	50
CAPITULO IV. ANALISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS	51
4.1. DESCRIPCIÓN Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS:.....	51
4.1.1. CARTOGRAFÍA Y TOPOGRAFÍA.....	51
4.1.2. INTENSIDADES MÁXIMAS	51
4.2. MODELAMIENTO HIDROLÓGICO	51
4.3. MODELAMIENTO HIDRÁULICO.....	53
4.4. IDENTIFICACIÓN DE LAS ÁREAS INUNDABLES Y NIVELES DE INTENSIDAD EN EL SECTOR 24 VILLA HUACARIZ – CAJAMARCA OCASIONADO POR LA QUEBRADA CHINCHINMARCA.....	54
CAPÍTULO V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	56
5.1. CONCLUSIONES	56

5.2. RECOMENDACIONES.....	57
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	58
APÉNDICES	62
APÉNDICE I. Proceso para la delimitación de la Microcuenca Chinchinmarca....	62
APÉNDICE II. Proceso para el modelamiento hidráulico.....	64
APÉNDICE III. Parámetros Geomorfológico y Otros de la Microcuenca.	70
APÉNDICE IV. Caudales Máximos en función del riesgo de falla, vida útil y tiempo de retorno.	74
APÉNDICE V. Coeficiente de Escorrentía de la Microcuenca.....	75
APÉNDICE VI. Curvas IDF de los escenarios trabajados.	81
ANEXOS	87
ANEXO I: Levantamiento Topográfico.....	87
ANEXO II. Panel Fotográfico	99
ANEXO III. Planos	102

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla N° 1: Clasificación de Cuencas por su superficie	6
Tabla N° 2: Formas de la cuenca en relación al coeficiente de compacidad	8
Tabla N° 3: Valores Interpretativos del factor de forma.....	8
Tabla N° 4: Clasificación de la cuenca por pendiente	11
Tabla N° 5: Clases de valores de masividad.....	12
Tabla N° 6: Valores para el tiempo de retorno T (años).....	14
Tabla N° 7: Valores máximos recomendados de riesgo admisible de obras de drenaje	15
Tabla N° 8: Valores críticos de Δ_0 del estadístico Smirnov – Kolmogorov Δ , para varios valores de N y niveles de significación α	18
Tabla N° 9: Ecuaciones comunes para determinar el tiempo de concentración	20
Tabla N° 10: Coeficiente de escorrentia método racional	21
Tabla N° 11: Variables principales del fenómeno físico	22
Tabla N° 12: Rangos para nivel de intensidad o magnitud para inundaciones.	31
Tabla N° 13: Tabla de valores de Rugosidad “n”.	35
Tabla N° 14: Tabla de Intensidades transpuestas a la cuenca de estudio	44
Tabla N° 15: Tabla de parámetros para modelo de distribución gumbel.....	46
Tabla N° 16: Tabla de Prueba de bondad de ajuste Smirnov – Kolmogorov	47
Tabla N° 17: Intensidades máximas de precipitación para diferentes tiempos de retorno (Tr) asociados a la n y R.....	48
Tabla N° 18. Tabla de caudales máximos en función al riesgo de falla, vida útil y tiempo de retorno (Tr)	49
Tabla N° 19: Tabla de Caudales a Modelar.	49
Tabla N° 20: Parametros Geomorfológicos de la microcuenca.....	52
Tabla N° 21: Áreas inundables asociadas al nivel de intensidad y riesgos de falla (R) por eventos de máximas avenidas en el sector 24 – Villa Huacariz – Cajamarca ...	55
Tabla N° 22. Tabla de cuantificación de áreas inundables	57
Tabla N° 23: Parámetros geomorfológicos.....	70
Tabla N° 24: Longitud en Km de cada curva de nivel de la Microcuenca	71
Tabla N° 25: Porcentaje total de la Microcuenca.	71
Tabla N° 26: Área parcial de la Microcuenca	72
Tabla N° 27: Número de Orden de la microcuenca.....	72

Tabla N° 28: Caudales maximos en función del riesgo de falla, vida útil y tiempo de retorno.....	74
Tabla N° 29: Coeficiente de Escorrentía	75
Tabla N° 30: Levantamiento Topográfico.....	87

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura N° 1: Curvas Hipsométricas, características del ciclo erosivo y tipo de cuenca	10
Figura N° 2: Hidrograma de avenida máxima.	24
Figura N° 3: Clasificación morfológica de los ríos.	26
Figura N° 4: Hidrogramas de entrada y salida en cuencas con diferente respuesta hidroógica.....	30
Figura N° 5: Malla de cálculo formada por una red irregular de triangulos rectángulos (RTIN)	34
Figura N° 6: Ubicación Del Departamento, Provincia Y Distrito De Cajamarca.	39
Figura N° 7: Ubicación de la zona de estudio.	40
Figura N° 8: Identificación de zonas inundables asociadas a la Intensidad de Peligro según el INDECI en Arcgis 10.3.....	54
Figura N° 9: DEM de la zona de estudio.	62
Figura N° 10: Uso de la Herramienta Fill.....	62
Figura N° 11: Uso de la Herramienta Flow Direction	63
Figura N° 12: Uso de la Herramienta Flow Accumulation	63
Figura N° 13: Delimitación de la cuenca.	64
Figura N° 14: Imagen de Generación de Malla	65
Figura N° 15: Asignación de Rugosidad.....	65
Figura N° 16: Proceso o cálculo Iber.....	66
Figura N° 17: Tirantes de agua para un $Q = 71.11 \text{ m}^3/\text{s}$	67
Figura N° 18. Secciones y Perfil del escenario N°01	68
Figura N° 19: Tirantes de agua para un $Q = 66.09 \text{ m}^3/\text{s}$	69
Figura N° 20: Tirantes de agua para un $Q = 63.24 \text{ m}^3/\text{s}$	69
Figura N° 21: Curva Hipsométrica de la Microcuenca	73
Figura N° 22: Frecuencia de Altitudes de la Microcuenca.....	73
Figura N° 23: Curva IDF para $Tr = 975.29$ años, $R = 5\%$ y $n = 25$ años.	81
Figura N° 24: Curva IDF para $Tr = 475.06$ años, $R = 10\%$ y $n = 50$ años.	82
Figura N° 25: Curva IDF para $Tr = 308.16$ años, $R = 15\%$ y $n = 25$ años.	82
Figura N° 26: Delimitación de la Microcuenca.....	83
Figura N° 27: Cobertura de la Microcuenca	84
Figura N° 28: Pendientes de la Microcuenca	85
Figura N° 29: Tipo de Suelo de la Microcuenca	86

Figura N° 30: Fotografía de tramo de la Quebrada Chinchinmanrca.	99
Figura N° 31: Fotografía del primer puente que se encuentra en la zona de estudio. También indica hasta donde llega el nivel del agua.	99
Figura N° 32: Fotografía del segundo puente en la zona de estudio.	100
Figura N° 33: Fotografía de expansión urbana en la lotización 2010.	100
Figura N° 34: Fotografía de expansión urbana en la Lotización Civil Las Begonias	100
Figura N°35 y N° 36: Fotografías de levantamiento topográfico y toma de puntos de la sección de la Quebrada.....	101
Figura N°37 y N° 38: Fotografías de las secciones de la quebrada donde se realizó el levantamiento topográfico.	101

RESUMEN

La presente investigación tiene como objetivo principal identificar las áreas inundables en el sector 24 (Villa Huacariz) – Cajamarca, para generar mapas de riesgos de inundación utilizando la metodología del INDECI (niveles de intensidad), utilizando eventos con diferentes tiempos de retorno, y estableciendo la base para la gestión de riesgo por inundaciones que ayuden a la prevención, planeación territorial y minimice el efecto de las inundaciones en la región. Se analizó y pronosticó la información de lluvia mediante herramientas estadísticas para distintos periodos de retorno “Tr” (308.16, 475.06 y 975.29 años) asociados a la vida útil “n” de 50 años y riesgo de falla “R” del 5%; 10% y 15%. Esta información pluviométrica obtenida de la estación meteorológica Weberbauer – Cajamarca; fue procesada de modo que se obtuvieron curvas IDF al transponer las intensidades a la microcuenca en estudio y así con dicha información mediante el Método Racional se obtuvieron los caudales máximos. Con la información de caudales se realizó la simulación de la escorrentía superficial para el sector 24 “Villa Huacariz” – Cajamarca, obteniendo los caudales para tres escenarios posibles: 71.11 m³/s, 66.09 m³/s y 63.24 m³/s; entonces estos caudales fueron modelados con la ayuda del software Iber V2.4.3, obteniendo los tirantes y velocidades, para luego elaborar los mapas de riesgos con ayuda del software Arcgis 10.3 que nos muestran los niveles de intensidades: baja, media y/o alta según la clasificación del INDECI, frente a una avenida máxima de la Quebrada Chinchinmarca. Obteniendo así también las áreas inundables de cada riesgo de falla (R), 5% = 165894.00 m², 10% = 158086.00 m² y 15% = 150278.00 m².

Palabras clave: Inundación, Modelo Hidráulico, Periodo de Retorno, Vida útil, Riesgo de Falla, Caudal Máximo.

ABSTRACT

The present investigation has as main objective to identify the flood areas in sector 24 (Villa Huacariz) - Cajamarca, to generate flood risk maps using the INDECI methodology (intensity levels), using events with different return times, and establishing the basis for flood risk management that helps prevention, territorial planning and minimizes the effect of floods in the region. Rain information was analyzed and by predicted using statistical tools for different "Tr" return periods (308.16, 475.06 and 975.29 years) associated with the "n" lifespan of 50 years and risk of failure "J" of 5%; 10% and 15%. This rainfall information obtained from the Weberbauer - Cajamarca weather station; it was processed so that the IDF curves were obtained by transposing the intensities to the microbasin under study and, therefore, with this information through the rational method, the maximum flows were obtained. With the flow information, the surface runoff simulation was carried out for sector 24 "Villa Huacariz" - Cajamarca, obtaining the flows for three possible scenarios: 71.11 m³/ s, 66.09 m³/ s and 63.24 m³/ s; then these flows were modeled with the help of the Iber V2.4.3 software. Obtain the belts and speeds and then develop the risk maps with the help of Arcgis 10.3 software that show us the intensity levels: low, medium and / or high according to the classification of the INDECI, in front of a maximum avenue of the Quebrada Chinchinmarca. Thus obtaining also the flood areas of each risk of failure (R), 5% = 165894.00 m², 10% = 158086.00 m² and 15% = 150278.00 m².

Keywords: Flood, Hydraulic Model, Return Period, Useful life, Failure Risk, Maximum Flow.

CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN

El Perú por su ubicación geográfica en la cuenca del pacífico, está sometido permanentemente a diferentes tipos de fenómenos naturales que pueden producir desastres en su población, la Cordillera de los Andes condiciona la presencia de peligro de inundaciones, huaycos, deslizamientos, erupciones volcánicas, incendios forestales, etc., que requieren ser vigilados y monitoreados continuamente, mejorando y diseñando nuevos sistemas de monitoreo y de alerta temprana de esos peligros, con la finalidad de generar y difundir información que sea oportuna y significativa y así contribuir a las comunidades a estar prevenidos y actúen de manera apropiada y con suficiente tiempo para reducir la posibilidad de que se produzcan pérdidas o daños. La intensa temporada de precipitación especialmente durante la estación de verano (diciembre a marzo), desencadena distintos tipos de peligros naturales. Las inundaciones son una de las formas más comunes de los desastres naturales en la región. Intensas lluvias o aguaceros pueden causar inundaciones devastadoras en las montañas medias (500 – 3,500 msnm). La ocurrencia de inundaciones en el país, han originado anegamiento de calles y viviendas, desborde o destrucción de canales de riego, interrupción o destrucción de vías de comunicación interrupción de suministros de agua potable y contaminación, inundación y deterioro de predios agrícolas y falla de drenes y lo más lamentable pérdida de vidas humanas. (CENEPRED, 2014).

Por lo antes expuesto surge este proyecto que es de vital importancia realizar el modelamiento hidráulico en un tramo de la Quebrada Chinchinmarca que se encuentra en el sector 24 Villa Huacariz – Cajamarca, este tramo comprende las Lotizaciones 2010 y Pro Vivienda El Trébol como también la Asociación Civil Las Begonias, con la finalidad de mitigar los posibles daños, deterioro de infraestructuras, erosión de vías, etc. Ocasionados por eventuales inundaciones.

El problema de la presente tesis radica en la pregunta: ¿Cuáles son las áreas inundables del sector 24 Villa Huacariz por avenidas extraordinarias de la Quebrada Chinchinmarca – Cajamarca?

Como ya se mencionó líneas atrás la zona de estudio y realizando una investigación si es que presenta antecedentes de inundación, se consultó a varios pobladores de la zona que cuentan con más de 70 años viviendo en el lugar de estudio, los cuales indicaron que sí ocurrió inundaciones en años anteriores. La investigación se justifica

que el presente estudio permitió la evaluación de áreas inundables mediante la modelación hidráulica de la Quebrada Chinchinmarca la cual puede afectar a la población aledaña a dicha quebrada, será un aporte para prevenir pérdidas de vidas, daños materiales y saber cuáles son las zonas más vulnerables y así evitar la construcción de edificaciones como también contribuirá posteriormente al momento de realizar proyectos civiles e hidráulicos, logrando un desarrollo sostenible (ambiental, social y económico). El resultado de esta investigación podría ser utilizado, como propuesta para identificar cuáles son las áreas más vulnerables a inundaciones.

En cuanto a los alcances o delimitaciones de esta investigación, radica en la identificación de las áreas de inundación, mediante el modelamiento hidráulico la Quebrada Chinchinmarca para diferentes tiempos de retorno, en máximas avenidas. El objetivo general de la presente tesis es: Identificar las áreas inundables mediante Modelamiento Hidráulico de la Quebrada Chinchinmarca sector 24 (Villa Huacariz) – Cajamarca.

Los objetivos específicos son: Modelamiento hidrológico y simulación de máximos caudales. Realizar el modelamiento hidráulico y determinación de áreas inundables de acuerdo a los niveles de intensidad con diversos tiempos de retorno. Obtener mapas de inundación a partir del modelamiento hidráulico.

CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO

2.1. ANTECEDENTES TEÓRICOS DE LA INVESTIGACIÓN

(Problemática de Inundaciones en Zonas Urbanas y Propuestas de Solución desde un Enfoque Matemático, 2014) en México, cuando en un río se incrementa en poco tiempo la cantidad de agua que fluye en su cauce, ya sea por el ingreso de agua de la lluvia o por las descargas de una presa, se dice que se ha producido una avenida; ésta podría originar la inundación cuando el nivel de agua del río se excede en las elevaciones de las márgenes de su cauce. Dependiendo de la rapidez con que se presenta el cambio en la cantidad de agua se puede hablar de avenidas súbitas, las cuales tienen un fuerte efecto destructivo debido a que concentran en un lapso corto una gran cantidad de agua con una fuerte velocidad, que las hace muy destructivas. En consecuencia, es importante considerar no sólo el tirante del agua, sino también la velocidad que ésta lleva.

((ENFEN), 2017) el comité multisectorial encargado del Estudio Nacional del Fenómeno el Niño (ENFEN) prevé la continuación del evento El Niño costero de magnitud moderada, definida por la anomalía de la temperatura superficial del mar, por lo menos hasta mayo. Por lo tanto, el Comité Multisectorial ENFEN mantiene el estado de “Alerta de El Niño Costero” y el monitoreo intenso de las condiciones.

(Reporte de Zonas Críticas por Peligros Geológicos e Hidrológicos en la Región Cajamarca, 2007) en el contexto hidroclimático, respecto al evento de El Niño procesos recurrentes de inundaciones, flujos de detritos (huaycos), y deslizamientos o derrumbes, se presentaron en gran número durante el evento excepcional 1997-98 y también 1982-83, sin embargo, en años normales debido a sus características geomorfológicas y climáticas, en la región son también frecuentes estos procesos en la época de lluvias estacionales

(Yepez Silva, 2016) en Cajamarca, “Comportamiento de las máximas avenidas y las posibles áreas de inundación producidas en la quebrada Cruz Blanca para la zona urbana del distrito de Cajamarca” En esta investigación se llegó a las siguientes conclusiones:

- Se determinó, que al incrementar las máximas avenidas en la quebrada Cruz Blanca, las áreas de inundación se incrementan. Adicionalmente, con la obtención de resultados, se determinó que la función que mejor se adapta a

dichos resultados, es una función polinómica con un r^2 de 0.9775, de lo que concluimos que la hipótesis no se cumple.

- Se determinó y cuantificaron las posibles áreas de inundación de la quebrada Cruz Blanca, para diferentes tiempos de retorno, donde se concluye, que los mapas, son los verdaderos mapas de riesgo, ya que muestran las inundaciones y los posibles impactos que pueden causar en zonas aledañas a la quebrada, tanto para personas, bienes y actividades que se desarrollen en dichas zonas.

2.2. BASES TEÓRICAS

2.2.1. TOPOGRAFIA

Es una ciencia aplicada que se encarga de determinar las posiciones relativas o absolutas de los puntos sobre la Tierra, así como la representación en un plano de una porción (limitada) de la superficie terrestre; es decir, estudia los métodos y procedimientos para hacer mediciones sobre el terreno y su representación gráfica o analítica a una escala determinada. También ejecuta replanteos (trazos) sobre el terreno para la realización de diversas obras de ingeniería, a partir de las condiciones del proyecto establecidas sobre un plano. Asimismo, realiza trabajos de deslinde, división de tierras (agrodesia), catastro rural y urbano, así como levantamientos y trazos en trabajos subterráneos. (Alcántara García, 2014).

2.2.2. CARTOGRAFÍA

La cartografía, es una disciplina técnica ligada a la geografía, es capaz de representar en mapas la distribución espacial de los recursos naturales en territorios y tiempos específicos. La cartografía de los recursos naturales ha estado estrechamente ligada al desarrollo de las tecnologías de prospección e inventario mediante la percepción remota (o teledetección) y de posicionamiento global satelital. Ambas permiten a los especialistas detectar, localizar y representar de manera eficiente y con alto grado de exactitud los recursos naturales en sentido amplio. (Comisión Nacional del Agua, 2011).

2.2.3. ESTUDIO HIDROLÓGICO

2.2.3.1. CUENCA HIDROGRÁFICA

La cuenca hidrográfica de un río hasta un punto específico, es la superficie terrestre donde las aguas caídas por precipitación tienden a ser drenadas por el sistema de corrientes hacia ese punto del río, aunque las aguas preceden inicialmente de las lluvias, esas aguas afluentes son tanto las que discurren superficialmente como aquellas que después de una trayectoria subterránea emergen y se incorporan al flujo superficial antes del punto de control. (Chávez Díaz, 1994).

- **ELEMENTOS DE LA CUENCA**

Divisoria de aguas. La divisoria de aguas o divortium aquarum línea imaginaria que delimita la cuenca hidrográfica. Otro término utilizado para esta línea se denomina parte aguas.

El río principal. Curso con mayor caudal de agua (medio o máximo) o bien con mayor longitud o mayor área de drenaje.

Los afluentes. Ríos secundarios que desaguan en el río principal. Cada afluente tiene su respectiva cuenca, denominada sub-cuenca.

El relieve de la cuenca. Consta de los valles principales y secundarios.

- **TIPOS DE CUENCAS**

Exorreicas. Drenan sus aguas a un sistema mayor de drenaje o al mar.

Endorreicas. Sus aguas drenan hacia lagos, lagunas o salares que no tienen comunicación fluvial al mar.

Arreicas. Las aguas se evaporan o se filtran en el terreno antes de encauzarse en una red de drenaje.

2.2.3.2. PARÁMETROS GEOMORFOLÓGICOS DE LA CUENCA HIDROGRÁFICA

Los parámetros geomorfológicos intentan describir las características de una cuenca en cuanto a su forma y el comportamiento hidrológico de esta unidad de territorio, determinar la influencia que tiene esta respecto a las precipitaciones, condicionando el volumen de escurrimiento y la velocidad de respuesta. (Gámez Morales, 2009).

Las características de una cuenca se definen por su forma, relieve y drenaje, para lo cual se establecerán tres tipos de parámetros geomorfológicos:

- Parámetros de forma
- Parámetros de relieve
- Parámetros relativos a la red hidrográfica

2.2.3.3. PARÁMETROS DE FORMA

- **Tamaño de la cuenca**

El tamaño de la cuenca se determina por la superficie comprendida dentro del límite o divisoria de aguas; esta influye en el potencial del volumen de escorrentía, proporcionado por la tormenta que cubre el área completa. El área de la cuenca es el elemento básico para el cálculo de las otras características físicas, se expresa en km². (Breña Puyol, y otros, 2006)

Tabla N° 1: Clasificación de Cuencas por su superficie

Tamaño de la cuenca (km²)	Descripción
Menos de 25	Muy Pequeña
25 a 250	Pequeña
250 a 500	Intermedia pequeña
500 a 2500	Intermedia grande
2500 a 5000	Grande
5000 a más	Muy Grande

Fuente: (Viramontes-Olivas, 2007).

- **Perímetro (P)**

El perímetro de la cuenca (P), está definido por la longitud de la línea de división de aguas y que se conoce como el “parte aguas o Divortium Acuarium”, la unidad de medida es en km. El perímetro es de importancia porque junto con el área se describe aproximadamente la forma de la cuenca. (Breña Puyol, y otros, 2006)

- **Longitud del río principal (L).**

Es la longitud mayor de recorrido que realiza el río, desde la cabecera de la cuenca, siguiendo todos los cambios de dirección o sinuosidades, hasta un punto fijo de interés, expresado en unidades de longitud. (Aparicio Mijanes, 1992)

- **Ancho promedio de la cuenca (Ap)**

Relación entre el área de la cuenca y la longitud del cauce principal, cuya expresión es la siguiente:

$$A_p = \frac{A}{L} \quad (1)$$

Donde:

Ap: Ancho promedio de la cuenca (km)

A: Área de la cuenca (km²)

L: Longitud del río principal (km)

- **Índice de compacidad (coeficiente de Gravelius)**

Constituye la relación entre el perímetro de la cuenca y el perímetro de una circunferencia cuya área es igual a la de un círculo, equivalente al área de la cuenca en estudio. Cuanto más cercano a la unidad sea el coeficiente de compacidad la forma de la cuenca se aproxima a la circular, y entre más alejado de ella, más irregular es su forma. Este parámetro describe la geometría de la cuenca y está estrechamente relacionado con el tiempo de concentración del sistema hidrológico. (Aparicio Mijanes, 1992).

$$K_c = \frac{P}{2\sqrt{\pi A}} = \frac{0.28P}{\sqrt{A}} \quad (2)$$

Donde:

Kc: Coeficiente de Gravelius

P: Perímetro de la cuenca en Km

A: Superficie de la cuenca en Km²

Tabla N° 2: Formas de la cuenca en relación al coeficiente de compacidad

Índice de Kc	Forma de la Cuenca	Características de la Cuenca
1.00 - 1.25	Compacta o redonda a oval redonda	Cuenca torrencial peligrosa
1.26 - 1.50	Oval redonda a oval oblonga	Presenta peligros torrenciales, pero no iguales a la anterior
1.51 - 1.75	Oval oblonga a rectangular oblonga	Son las cuencas que tienen menos torrencialidad

Fuente: (Londoño, 2003).

- **Factor de Forma (Ff)**

Índice numérico definido por la relación entre la superficie de la cuenca y el cuadrado de su longitud máxima, medida desde la salida hasta el límite de la cabecera del cauce principal, a lo largo de una línea recta. La forma de la cuenca hidrográfica afecta directamente los hidrogramas de escorrentía y las tasas de flujo máximo. (Chávez Díaz, 1994)

$$F_f = \frac{A}{L^2} \quad (3)$$

Donde:

F_f: Factor de forma

A: Área de la cuenca

L: Longitud de cauce principal de la cuenca

Tabla N° 3: Valores Interpretativos del factor de forma

Valorizaciones aproximados	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	Rodeando el desagüe

Fuente: (Delgado y Moreno, 2007).

- **Relación de Elongación (R_e)**

Coeficiente adimensional entre el diámetro (D) de un círculo que tenga la misma superficie de la cuenca y la longitud máxima (L) de la cuenca. Expresando el diámetro en función del área de la cuenca (A) queda:

$$R_e = 1.1284 * \frac{\sqrt{A}}{L} \quad (4)$$

Donde:

R_e : Relación de Elongación

A: Área de la cuenca

L: Longitud de cauce principal de la cuenca

Si R_e varía entre 0.60 y 1.00; la cuenca presenta una amplia variedad de climas y geologías. R_e Está fuertemente correlacionado con el relieve de la cuenca, por lo tanto, valores cercanos a la unidad son típicos de regiones con relieve bajo, R_e que varía de 0.60 a 0.80 está asociado a fuertes relieves y pendientes pronunciadas del terreno. (Breña Puyol, y otros, 2006)

2.2.3.4. PARÁMETROS DE RELIEVE

La topografía o relieve de una cuenca tiene una gran influencia sobre la respuesta hidrológica de la cuenca, dado que a una mayor pendiente corresponderá un menor tiempo de concentración de las aguas en la red de drenaje y afluentes al curso principal. (Ray K. Linsley, 2011).

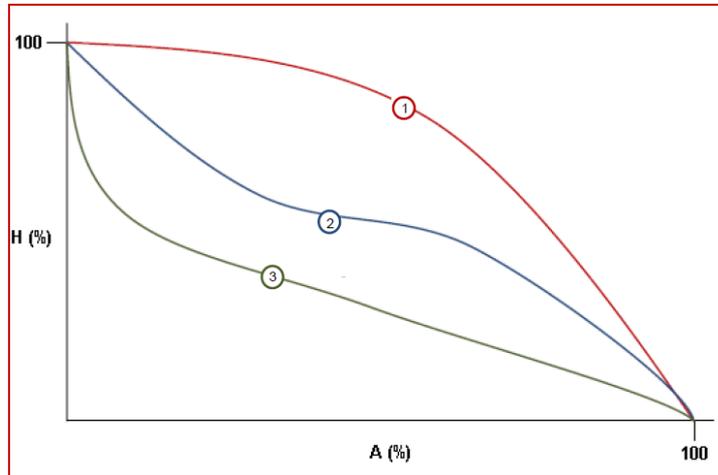
- **Curva hipsométrica.**

Es la representación gráfica del relieve de una cuenca; las elevaciones del terreno en función de las superficies correspondientes. Para su trazo se debe tener en cuenta que sobre la sección de control (altitud mínima de la cuenca), se tiene el cien por ciento de su superficie. Se ubica en el punto más bajo de la cuenca y se calcula a partir de cada curva de nivel, las áreas acumuladas por encima de ellas, ubicando en la ordenada las cotas de las curvas de nivel consideradas. (Villón Bejar, 2012).

En la Figura N° 1, se muestra los tipos de curvas Hipsométricas, las cuales están relacionadas con las características fisiográficas de la cuenca, según el tipo de

curva se puede definir el ciclo erosivo y la etapa evolutiva en que se encuentra la cuenca. (Campos Aranda, 1998).

Figura N° 1: Curvas Hipsométricas, características del ciclo erosivo y tipo de cuenca



Fuente: (Campos Aranda, 1998)

1. Etapa de desequilibrio: Cuenca geológicamente Joven.
2. Etapa de Equilibrio, Cuenca geológicamente madura, cuenca pie de montaña.
3. Cuenca erosionada, Cuenca de valle.

- **Elevación media (Em)**

Tiene influencia fundamental en el régimen hidrológico, principalmente en zonas montañosas donde influye en el escurrimiento y otros elementos que afectan el régimen hidrológico, como el tipo de precipitación, la temperatura, etc. Por otra parte, a alturas mayores, debido al descenso de las temperaturas, se produce una disminución general de la evapotranspiración potencial. La altitud media de las cuencas se obtiene mediante la relación:

$$E_m = \frac{\sum h_i * A_i}{A} \quad (5)$$

Donde:

A_i : Áreas comprendidas entre curvas de nivel consecutivas

h_i : Elevación media del área i, delimitada entre dos curvas de nivel

A: Área total de la cuenca

- **Rectángulo equivalente (L, l).**

El rectángulo equivalente es una transformación geométrica, que permite representar la cuenca, en su forma heterogénea, en la forma de un rectángulo, que tiene la misma área e igual índice de compacidad de Gravelius, igual distribución de alturas (curva hipsométrica), e igual distribución de terreno, en cuanto a sus condiciones de cobertura. Para el cálculo del rectángulo equivalente se parte del perímetro, del área y del índice de compacidad; se determinan los valores de los dos lados del rectángulo que resultan de las expresiones:

$$L_m = \frac{C_g \sqrt{A}}{1.12} \left[1 + \sqrt{1 - \left(\frac{1.12}{C_g} \right)^2} \right] \quad (6)$$

$$l = \frac{C_g \sqrt{A}}{1.12} \left[1 - \sqrt{1 - \left(\frac{1.12}{C_g} \right)^2} \right] \quad (7)$$

Donde:

L_m : Longitud del lado mayor del rectángulo

l : Longitud del lado menor del rectángulo

C_g : Coeficiente de Gravelius

A : Área de la cuenca (km²)

- **Pendiente media de la cuenca**

Este parámetro está relacionado con el comportamiento hidráulico del drenaje de la cuenca, y tiene una importancia directa en relación a la magnitud de las crecidas, juega un papel importante en la forma del hidrograma. Su influencia se acopla a la longitud de la corriente. El valor de la pendiente media permite clasificar el relieve de la cuenca: (Campos Aranda, 1998)

Tabla N° 4: Clasificación de la cuenca por pendiente

Pendiente (%)	Tipo de Terreno
0 - 2	Plano
2 - 5	Suave
5 - 10	Accidentado medio
10 - 15	Accidentado medio
15 - 25	Fuertemente accidentado
25 - 50	Escarpado
> 50	Muy escarpado

Fuente: (Texto Básico de Hidrología, 2009)

- **Coefficiente de Fournier o coeficiente de masividad.**

Es un coeficiente relacionado con la erosión en la cuenca, permite diferenciar netamente cuencas de igual altura media y relieve diferente. (Fuentes, 2004)

$$T = \frac{E_m}{A} \quad (8)$$

Donde:

E_m : Altura media de la cuenca en m

A: Superficie de la cuenca en Km^2

Tabla N° 5: Clases de valores de masividad

Rangos de T	Clases de masividad
0 - 35	Muy Montañosa
35 - 70	Montañosa
70 - 105	Moderadamente montañosa

Fuente: (Fuentes, 2004).

2.2.3.5. PARÁMETROS RELATIVOS A LA RED HIDROGRÁFICA

- **Tipo de corrientes**

Las corrientes se pueden clasificar según el tipo de escurrimiento, el cual se relaciona con las características y condiciones climáticas de la cuenca. (Campos Aranda, 1998).

Corrientes efímeras. Conducen agua cuando llueve e inmediatamente después, es decir

sólo capta escurrimiento o Flujo Superficial.

Corrientes intermitentes. Conducen agua la mayor parte del tiempo, principalmente en

la época de lluvias, se secan en épocas de estiaje.

Corrientes perennes. Conducen agua todo el tiempo, en épocas de estiaje son abastecidas por las aguas subterráneas.

- **Numero de Orden de un cauce**

Es el grado de ramificación de la red de drenaje de la cuenca, a mayor número de orden, es mayor el potencial erosivo, mayor el transporte de sedimentos, más

rápida será la respuesta de la cuenca frente a una tormenta, evacuando el agua en menos tiempo. (Campos Aranda, 1998).

- **Densidad de Drenaje**

Indica la relación entre la longitud total de los cursos de agua (efímeros, intermitentes o perennes de una cuenca) y el área total de la misma (A).

Importante indicador relacionado con la cantidad de precipitaciones, la forma del terreno y el grado de erosión que puede tener la cuenca en función de los factores geológicos, topográficos, de vegetación y de tipo de suelo. (Campos Aranda, 1998).

$$D_d = \frac{L_t}{A} \left(\frac{km}{km^2} \right) \quad (9)$$

Donde:

L: Suma de longitudes de todos los tributarios (incluye cauce principal) (Km)

A: Área de la cuenca (Km²)

- **Pendiente media del cauce (máximo recorrido)**

La pendiente del cauce tiene influencia sobre la velocidad de flujo, y en la duración de subida o en la duración total de las avenidas, juega un papel importante en la forma del hidrograma. Indica el aspecto de la variación de algunas características físicas, químicas y biológicas de las aguas. (Aparicio Mijanes, 1992).

Método de los valores extremos. Para determinar la pendiente media del Cauce (S), es necesario conocer la diferencia de nivel entre la cabecera del cauce y su desembocadura (ΔH), o cualquier otro punto o sección considerada, y la longitud de la corriente (L). (Chávez Díaz, 1994).

$$S = \frac{\Delta H}{L} \quad (10)$$

Donde:

S: Pendiente media del cauce principal (m/m).

L: Longitud del cauce principal (km).

ΔH : Diferencia de nivel entre la cabecera del cauce y la desembocadura del mismo.

2.2.3.6. ANÁLISIS DE CONSISTENCIA

Consiste en realizar un análisis de la información disponible con métodos gráficos y estadísticos, determinando si dicha información es confiable. Permite detectar, cuantificar, corregir y eliminar los errores sistemáticos de la no homogeneidad e inconsistencia de una serie de datos pluviométricos, generados por causas humanas y/o naturales en las estaciones meteorológicas. (Ponce, 1994).

2.2.3.7. PERÍODO DE RETORNO

El período de retorno de un evento dado, es el número promedio de años dentro del cual se espera que el evento sea igualado o excedido. Es igual a la inversa de la probabilidad de excedencia en un solo año. (Monsalve Sáenz, 1999).

Según (MTC, 2011). El riesgo de falla admisible en función del período de retorno y vida útil de la obra está dado por:

$$R = 1 - \left(1 - \frac{1}{T}\right)^n \quad (11)$$

$$T = \frac{1}{1 - (1 - R)^{\frac{1}{n}}} \quad (12)$$

Donde:

n: Vida útil de la obra

R: Riesgo de falla admisible

T: Período de retorno

Tabla N° 6: Valores para el tiempo de retorno T (años)

RIESGO ADMISIBLE	VIDA ÚTIL DE LAS OBRAS (n años)									
	1	2	3	5	10	20	25	50	100	200
0.01	100	199	299	498	995	1990	2488	4975	9950	19900
0.02	50	99	149	248	495	990	1238	2475	4950	9900
0.05	20	39	59	98	195	390	488	975	1950	3900
0.1	10	19	29	48	95	190	238	475	950	1899
0.2	5	10	14	23	45	90	113	225	449	897
0.25	4	7	11	18	35	70	87	174	348	695
0.5	2	3	5	8	15	29	37	73	154	289
0.75	1.3	2	2.7	4.1	7.7	15	18	37	73	144
0.99	1	1.11	1.27	1.66	2.7	5	5.9	11	22	44

Fuente: (MTC, 2011).

Tabla N° 7: Valores máximos recomendados de riesgo admisible de obras de drenaje

TIPO DE OBRA	RIESGO ADMISIBLE (**) (%)
Puentes (*)	25
Alcantarillas de paso de quebradas importantes y badenes	30
Alcantarillas de paso quebradas menores y descarga de agua de cunetas	35
Drenaje de la plataforma (a nivel longitudinal)	40
Subdrenes	40
Defensas Ribereñas	25

Fuente: (MTC, 2011)

(*) Para obtención de la luz y nivel de aguas máximas extraordinarias.

- Se recomienda un período de retorno T de 500 años para el cálculo de socavación.

(**) Vida Útil considerado (n)

- Puentes y Defensas Ribereñas n= 40 años.
- Alcantarillas de quebradas importantes n= 25 años.
- Alcantarillas de quebradas menores n= 15 años.
- Drenaje de plataforma y Sub-drenes n= 15 años.

2.2.3.8. ANÁLISIS DE FRECUENCIA

El análisis de frecuencia se utiliza para predecir el comportamiento futuro de una precipitación, en un sitio de interés, a partir de registros históricos para diversos períodos.

Este procedimiento consiste en adoptar un modelo probabilístico, que represente en forma satisfactoria el comportamiento de la variable, que nos permita calcular la magnitud de la precipitación máxima asociada a un período de retorno.

En estadística existen muchas funciones de distribución de probabilidad teóricas, las funciones de distribución más usadas en hidrología son:

- Distribución Normal
- Distribución Log Normal 2 parámetros
- Distribución Log Normal 3 parámetros
- Distribución Gamma 2 parámetros
- Distribución Gamma 3 parámetros

- Distribución Log Pearson tipo III
- Distribución Gumbel
- Distribución Log Gumbel

- **Distribución Gumbel**

La distribución Gumbel, es una de las distribuciones de valor extremo, es llamada también Valor Extremo Tipo I, Fisher – Tippett tipo I o distribución doble exponencial. (Villón Bejar, 2012)

La distribución acumulada de la Distribución Gumbel:

$$F(x) = e^{-e^{-\frac{x-\beta}{\alpha}}} \quad (13)$$

Utilizando el método de momentos, se obtienen las siguientes relaciones:

$$\alpha = \frac{\sqrt{6}}{\pi} * S \quad (14)$$

$$\beta = \bar{X} - 0.45 * S \quad (15)$$

Donde:

e : base de los logaritmos neperianos = 2.71828183

α : Parámetro de concentración

β : Parámetro de localización

\bar{X} : Promedio

S : Desviación estándar

- **Interpretación de la Distribución de Gumbel**

Si se desea calcular la probabilidad de que se presente un fenómeno (caudal, intensidad de precipitación, etc.) mayor o igual que x (dato registrado), será:

$$1 - F(x) = 1 - e^{-e^{-a(x-\beta)}} \quad (16)$$

Donde:

x : Dato dado cuya probabilidad se desea calcular

e: base de los logaritmos neperianos = 2.71828183

α : Parámetro de concentración

β : Parámetro de localización

Por esta ecuación se calcula la probabilidad de Gumbel a relacionar con la probabilidad de Weibull, en la prueba de bondad de ajuste Smirnov – Kolmogorov. Si se desea calcular x (caudal, intensidad de precipitación, etc.) para un período de retorno seleccionado (5, 10, 15, 20 años, etc.), será: (Villón Bejar, 2012)

$$x = -\ln\left(-\ln\left(1 - \frac{1}{T_r}\right)\right) * (\alpha + \beta) \quad (17)$$

Donde:

x: Dato dado cuya probabilidad se desea calcular

T_r : Período de retorno seleccionado (lo elige quien realiza el cálculo) (en años).

α : Parámetro de concentración

β : Parámetro de localización

2.2.3.9. PRUEBA DE BONDAD DE AJUSTE

La prueba de bondad de ajuste consiste en comprobar estadísticamente si la frecuencia empírica de la serie analizada, se ajusta a una determinada función de probabilidad teórica seleccionada. Ayudando a determinar aquella función de distribución que mejor represente a la distribución de la frecuencia de la muestra de registros históricos. (Villón Bejar, 2012)

- **Prueba de Bondad de Ajuste de Kolmogorov-Smirnov**

Esta prueba consiste en comparar el máximo valor absoluto de la diferencia Δ entre la función de distribución de probabilidad observada $F_0(X_m)$ y la función de probabilidad estimada $F(X_m)$. (Villón Bejar, 2012)

$$\Delta = \max|F_0(X_m) - F(X_m)| \quad (18)$$

Con un valor crítico Δ_0 que depende del número de datos y del nivel de significación seleccionado, extraído de la tabla de Kolmogorov.

$$F_0(X_m) = 1 - \frac{m}{n + 1} \quad (19)$$

- $\Delta < \Delta_0 \rightarrow$ El ajuste es bueno, al nivel de significación.
- $\Delta \geq \Delta_0 \rightarrow$ El ajuste no es bueno.

Los valores del nivel de significación α es del 5%.

Tabla N° 8: Valores críticos de Δ_0 del estadístico Smirnov – Kolmogorov Δ , para varios valores de N y niveles de significación α

TAMAÑO MUESTRA N	NIVEL DE SIGNIFICACIÓN α				
	0.2	0.15	0.10	0.05	0.01
1	0.900	0.925	0.950	0.975	0.995
2	0.684	0.726	0.776	0.842	0.929
3	0.565	0.597	0.642	0.708	0.828
4	0.494	0.525	0.564	0.624	0.733
5	0.446	0.474	0.510	0.565	0.669
6	0.410	0.436	0.470	0.521	0.618
7	0.381	0.405	0.438	0.486	0.577
8	0.358	0.381	0.411	0.457	0.543
9	0.339	0.360	0.388	0.432	0.514
10	0.322	0.342	0.368	0.410	0.490
11	0.307	0.326	0.352	0.391	0.468
12	0.295	0.313	0.338	0.375	0.450
13	0.284	0.302	0.325	0.361	0.433
14	0.274	0.292	0.314	0.349	0.418
15	0.266	0.283	0.304	0.338	0.404
16	0.258	0.274	0.295	0.328	0.392
17	0.250	0.266	0.286	0.318	0.381
18	0.244	0.259	0.278	0.309	0.371
19	0.237	0.252	0.272	0.301	0.363
20	0.231	0.246	0.264	0.294	0.356
25	0.21	0.22	0.24	0.27	0.32
30	0.19	0.20	0.22	0.24	0.29
35	0.18	0.19	0.21	0.23	0.27
N>35	$\frac{1.07}{\sqrt{N}}$	$\frac{1.14}{\sqrt{N}}$	$\frac{1.22}{\sqrt{N}}$	$\frac{1.36}{\sqrt{N}}$	$\frac{1.63}{\sqrt{N}}$

Fuente: (Villón Bejar, 2012)

2.2.3.10. TORMENTA DE DISEÑO

En los modelos precipitación-escorrentía, es de importancia definir los eventos de precipitación que alimentarán el modelo, usualmente se utiliza una tormenta de diseño que tiene asociada una intensidad media de lluvia, una duración y un período de retorno. (Chow, 1994)

La disponibilidad de datos hidrométricos es imprescindible para el diseño y planificación de estudios hidrológicos. No obstante, en la mayoría de las cuencas del

Perú no se dispone de registros de estos datos, o éstos no tienen los períodos de duración suficientes para realizar un análisis de frecuencia y obtener resultados confiables. Ante la falta de datos hidrométricos, los estudios hidrológicos se realizan en función a la información pluviométrica disponible en la cuenca, utilizando lluvias máximas en 24 horas, así mismo se hace uso de las características físicas y morfológicas de la cuenca. (Chow, 1994)

- **Curvas Intensidad – Duración – Frecuencia**

Para la elaboración de estudios hidrológicos, es necesario conocer los tres parámetros que caracterizan las precipitaciones máximas: intensidad, duración y frecuencia. Las curvas IDF son la representación gráfica de la relación que existe entre la intensidad de lluvia, la duración y la frecuencia o período de retorno, donde para cada período de retorno se tiene una curva diferente. Las Curvas IDF se obtienen de unir puntos representativos de la intensidad máxima en diferentes intervalos de duración, correspondientes a una misma frecuencia o período de retorno. La intensidad media de lluvia disminuye a medida que se incrementa la duración de la tormenta. (Temez, 1978)

Las distintas curvas IDF pueden quedar descritas estadísticamente mediante fórmulas matemáticas que relacionan estos parámetros, uno de los modelos más usados son el propuesto por Bernard (1932), y validada por Aparicio (1992), que relaciona simultáneamente la intensidad, la duración y el período de retorno de la lluvia en una familia de curvas.

$$I = \frac{KT^m}{t^n} \quad (20)$$

Donde:

I: Intensidad máxima (mm/h)

K, m, n: Constantes de regresión lineal múltiple

T: Período de retorno en años

t: Duración en minutos u horas

- **Tiempo de concentración**

Parámetro usado en los modelos precipitación-escorrentía, es el tiempo requerido para que el agua recorra del punto más alejado hasta la salida de la cuenca, o lugar donde se mide el flujo. Transcurrido el tiempo de concentración se considera que toda la cuenca contribuye a la salida.

El tiempo de concentración real depende de muchos factores relacionados a las características topográficas, geológicas, etc., de la cuenca. Las características influyentes son la pendiente, pues una mayor pendiente produce flujos más veloces y menor tiempo de concentración; el área, las características del suelo, cobertura vegetal, etc. (MTC, 2011)

Tabla N° 9: Ecuaciones comunes para determinar el tiempo de concentración

Método y fecha	Fórmula para t_c (minutos)	Observaciones
Kirpich (1940)	$t_c = 0.0194.L^{0.77}.S^{-0.385}$ <p>L= longitud del canal desde aguas arriba hasta la salida, m. S= pendiente promedio de la cuenca, m/m.</p>	Desarrollada a partir de información del SCS en siete cuencas rurales de Tennessee con canales bien definidos y pendientes empinadas (3 a 10%); para flujo superficial en superficies de concreto o asfalto se debe multiplicar t_c por 0.4; para canales de concreto se debe multiplicar por 0.2; no se debe hacer ningún ajuste para flujo superficial en suelo descubierto o para flujo en cunetas.
California Culverts Practice(1942)	$t_c = 0.0195\left(\frac{L^3}{H}\right)^{0.385}$ <p>L = longitud del curso de agua más largo, m. H = diferencia de nivel entre la divisoria de aguas y la salida, m.</p>	Esencialmente es la ecuación de Kirpich; desarrollada para pequeñas cuencas montañosas en California
Temez	$t_c = 0.3\left(\frac{L}{S_{cm}}\right)^{0.75}$ <p>L = longitud del curso de agua más largo, m. S_m = Pendiente media del cauce m/m.</p>	

Fuente: (MTC, 2011)

2.2.3.11. COEFICIENTE DE ESCORRENTÍA

Es la fracción de precipitación total que representa la escorrentía, es decir, el agua que llega al cauce de evacuación. El valor del coeficiente de escorrentía depende de factores topográficos, edafológicos, cobertura vegetal, etc. (Villón Bejar, 2012).

Cuando la cuenca se compone de superficies de distintas características, el valor de C se obtiene como una media ponderada, es decir:

$$C = \frac{C_1A_1 + C_2A_2 + \dots + C_nA_n}{A_1 + A_2 + \dots + A_n} = \frac{\sum_{i=1}^n C_iA_i}{\sum_{i=1}^n A_i} \quad (21)$$

Donde:

C = coeficiente de escorrentía ponderado

C_i = coeficiente de escorrentía para el área A_i

A_i = área parcial i

n = número de áreas parciales

Para determinar los valores de C_i existen muchos criterios, el más difundido en nuestro país es el del Manual de Hidráulica, Hidrología y Drenaje del Ministerio de Transportes y Comunicaciones, que considera: Pendiente, Cobertura Vegetal y Tipo de Suelo:

Tabla N° 10: Coeficiente de escorrentia método racional

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, 2011)

2.2.3.12. ECUACIONES O FUNCIONES DE TRANSFERENCIA DE INFORMACIÓN

Las funciones de transferencia más importantes se generan a partir de números adimensionales que relacionan números adimensionales obtenidos a partir del Teorema PI o de Buckingham aplicado a las principales variables del fenómeno físico Precipitación – Escorrentía. (Similitud de Sistemas Hidrológicos. XVII Congreso Chileno de Hidráulica., 2007)

Tabla N° 11: Variables principales del fenómeno físico

VARIABLE	DIMENSIÓN
Precipitación Pluvial: P	LT ⁻¹
Intensidad de precipitación pluvial: I	LT ⁻¹
Tiempo de duración de la lluvia: t	T
Proyección del área receptora colectora: A	L ²
Altitud sobre el nivel del mar: H	L
Caudal de escurrimiento: Q	L ³ T ⁻¹
Perímetro: p	L

Fuente: (Similitud de Sistemas Hidrológicos. XVII Congreso Chileno de Hidráulica., 2007).

Al aplicar dicho teorema, se obtienen estos 5 números adimensionales:

$$\pi_1 = \frac{Q}{AP} \quad (22)$$

$$\pi_2 = \frac{H}{\sqrt{A}} \quad (23)$$

$$\pi_3 = \frac{I * t}{H} \quad (24)$$

$$\pi_4 = \frac{Q}{I * A} \quad (25)$$

$$\pi_5 = \frac{p}{\sqrt{A}} \quad (26)$$

Donde:

π = Número Adimensional

Q = Caudal de escurrimiento

A = Proyección del área receptora colectora

P = Precipitación Pluvial

H = Altitud sobre el nivel del mar

I = Intensidad de precipitación pluvial

t = Tiempo de duración de la lluvia

p = Perímetro de la cuenca

Similarmente, aplicando el mismo criterio de igualdad, al parámetro adimensional de la ecuación (24), resulta la función de transferencia de la ecuación (27), y su reducción

en la ecuación (28). (Similitud de Sistemas Hidrológicos. XVII Congreso Chileno de Hidráulica., 2007).

$$I_s = \left(\frac{H_s}{H_c}\right) \left(\frac{t_c}{t_s}\right) I_c \quad (27)$$

$$I_s = (H_e)(t_e)I_c \quad (28)$$

Donde:

I_s = Intensidad de precipitación en la cuenca sin información

I_c = Intensidad de precipitación en la cuenca con información

H_c = Altitud en la cuenca con información

H_s = Altitud en la cuenca sin información

H_e = Escala de Altitudes

t_c = Tiempo de duración en la cuenca con información

t_s = Tiempo de duración en la cuenca sin información

t_e = Escala de Tiempos de Duración.

Función que permite la transferencia de intensidades de precipitación – información también escasa – desde localidades con información a localidades similares sin información. (Ph. D. Ing. Ortiz Vera, 2016)

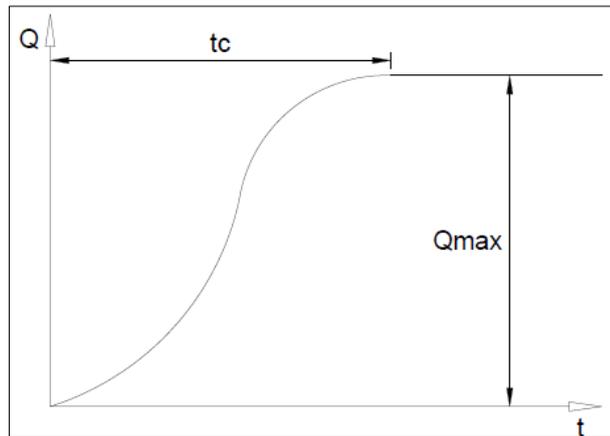
2.2.3.13. CAUDALES MÁXIMOS

- **Método Racional**

El método puede ser aplicado a pequeñas cuencas de drenaje agrícola, aproximadamente si no exceden a 1300 has ó 13 km². En el método racional, se supone que la máxima esorrentía ocasionada por una lluvia, se produce cuando la duración de ésta es igual al tiempo de concentración (t_c). (Villón Bejar, 2012)

Supóngase que en una cuenca impermeable se hace caer uniformemente, una lluvia de intensidad constante durante un largo tiempo. Al principio, el gasto que sale de la cuenca será creciente con el tiempo, pero llegará un momento en el que se alcance un punto de equilibrio, es decir, en el que el volumen que entra por Unidad de tiempo por la lluvia sea el mismo que el gasto de salida de la cuenca. (Chávez Díaz, 1994)

Figura N° 2: Hidrograma de avenida máxima.



Fuente: (Aparicio Mijares, 1992)

El método Racional dado por la ecuación; es una metodología sencilla, para generar descargas máximas de escorrentía directa (picos de hidrogramas) a partir de datos de precipitación. Método muy usado hasta hoy, pudiendo competir con cualquier otro método sofisticado, si se usa correctamente bajo todas sus consideraciones. (Similitud de Sistemas Hidrológicos. XVII Congreso Chileno de Hidráulica., 2007)

$$Q_{max} = 0.278CIA \quad (29)$$

Donde:

- Q: Descarga máxima de diseño (m^3/s)
- C: Coeficiente de escorrentía (Ver Tabla N° 10)
- I: Intensidad de precipitación máxima horaria (mm/h)
- A: Área de la cuenca (Km^2).

2.2.4. HIDRÁULICA FLUVIAL

2.2.4.1. CARACTERIZACIÓN MORFOLÓGICA DE UN RÍO

La fluviomorfología implica el estudio de los cambios que experimenta un río, tanto en su recorrido (perfil longitudinal), como en su sección transversal (lecho y márgenes), con el objetivo de comprender y explicar los fenómenos de a gradación (sedimentación) y degradación (erosión) y la manera como el río ha llegado a su forma presente. (Rocha Felices, 1998)

- **CLASIFICACIÓN DE LOS RÍOS**

La clasificación de los ríos se puede realizar de diferentes maneras, pudiendo ser los siguientes:

- **De acuerdo a su régimen hidrológico**

Ríos Efímeros. - Aquellos que llevan agua en episodios de fuertes precipitaciones, mientras que se mantienen secos el resto del tiempo. (Ríos de la Costa).

Ríos Perennes. - Aquellos que llevan agua en forma permanente. (Ríos de la Selva y algunos de la Sierra)

- **De acuerdo al lecho de fondo**

Ríos Aluviales. - Aquellos ríos que tienen un cierto espesor de material granular prácticamente suelto y por lo general presentan mucha más extensión horizontal que la del cauce promedio, estos a su vez se dividen de acuerdo a su Composición del Material Aluvial.

Ríos de Lecho Cohesivo. - Aquellos ríos en el cual su lecho está formado por limos, arcillas, y material fangoso.

Ríos de Lecho Rocoso. - Aquellos ríos en el cual su lecho está formado por material rocoso prioritariamente.

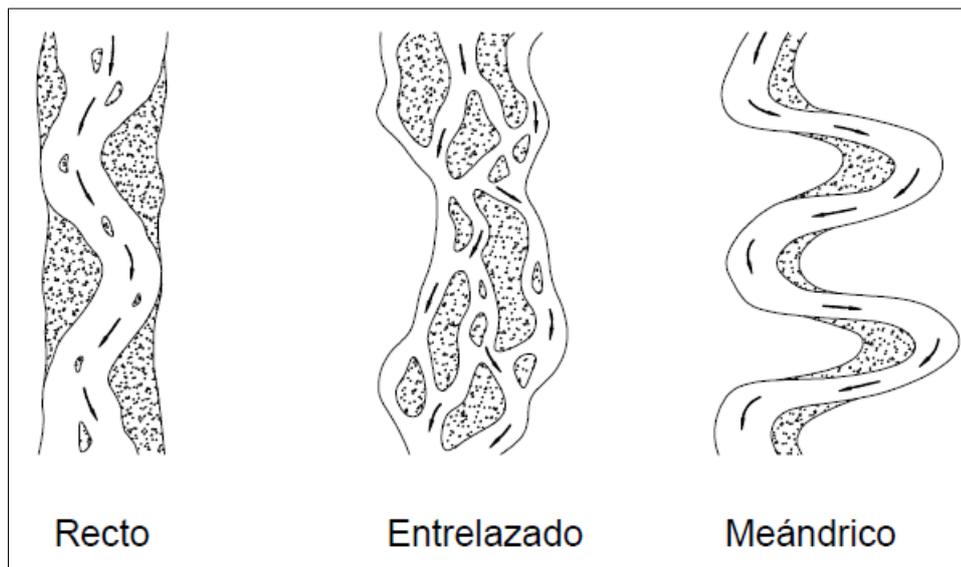
- **De acuerdo a su forma o clasificación morfológica**

Ríos Rectos. - Prácticamente no existen ríos rectos en la naturaleza, se aplica a un tramo del río, a veces sucede que existe un sistema de encauzamiento recto, constituido por diques paralelos, pero dentro de él para caudales menores que el de su capacidad, el río desarrolla su propia sinuosidad.

Ríos Entrelazados o Trenzados. - Corresponde generalmente a ríos anchos, cuya pendiente es fuerte, lo que da lugar a pequeños tirantes y el río corre en forma de varios canales o brazos alrededor de pequeñas islas. Lane planteo que dos causas explican la existencia de un río entrelazado y son: Exceso de Sedimento que el río no puede transportar en su totalidad, una de los cuales deposita y da lugar a formación de islas y pendiente fuerte, lo que origina pequeños tirantes. Uno de estos factores o los dos juntos, son causas de aparición de ríos entrelazados.

Ríos Meandricos. - Están formados por una sucesión de curvas. Las características de estas curvas son muy dinámicas, que no se deben esencialmente a las propiedades del terreno, si no a la naturaleza del comportamiento fluvial. (Rocha Felices, 1998)

Figura N° 3: Clasificación morfológica de los ríos.



Fuente: (Rocha Felices, 1998)

- **De acuerdo al Desplazamiento del Cauce**

Ríos sin áreas de inundación (ríos confinados).

Ríos con áreas de inundación. Requiere obras de protección.

- **De Acuerdo a su Edad**

Ríos Jóvenes. - Corresponde al estado inicial de los ríos, cuando el agua forma su curso inicial, esta tiene una sección en forma de V y son muy irregulares.

Ríos Maduros. - Cuando el río se convierte en maduro, se amplía su sección transversal, disminuye la pendiente, este río está en estado de equilibrio o próximo a él. La pendiente y la energía del río son suficientes para transportar el aporte sólido que llega a él. Hay desarrollos agrícolas y urbanos en las planicies aledañas.

Ríos Viejos. - Los ríos viejos corresponden a un estado más avanzado de desarrollo. La pendiente del río se estabiliza. El río está encauzado y

controlado. Hay un uso intensivo de todo el valle. Hay desarrollos urbanos, agrícolas e industriales importantes.

- **De acuerdo a sus grados de libertad**

El grado de libertad de un escurrimiento es el número de parámetros que pueden ajustarse libremente, con el tiempo, al pasar gastos líquidos y sólidos preestablecidos.

Un grado de libertad. - Cuando al variar el gasto en un cauce o canal sólo varía el tirante, se dice que existe un grado de libertad. Esto ocurre si el fondo, las paredes y la pendiente no cambian al variar el gasto; por ejemplo, un canal revestido. Cuando se tiene un grado de libertad no existe transporte de sedimentos.

Dos grados de libertad. - Cuando sólo pueden variar el tirante y la pendiente, se dice que el cauce tiene dos grados de libertad, y se requieren de dos ecuaciones para obtener las dos variables indicadas. Esto puede ocurrir cuando las márgenes son muy resistentes pero el fondo no.

Tres grados de libertad. - Si además del tirante y la pendiente, también pueden alterarse las márgenes y ajustarse al ancho, se dice que el cauce tiene tres grados de libertad. Este ajuste se logra en aquellos cauces cuyas márgenes y fondo estén formados por un material susceptible de ser movido y transportado por la corriente. Los ríos y arroyos que escurren en material aluvial generalmente tiene tres grados de libertad.

2.2.4.2. INUNDACIÓN

Se le llama inundación al fenómeno producido por un exceso de agua, que sumerge porciones de tierra que normalmente se encuentran secas. Las inundaciones pueden ocurrir por dos razones principales: el desbordamiento de grandes cuerpos de agua (ríos, lagos o presas) o la acumulación de grandes cantidades de agua de lluvia. La magnitud de las inundaciones son función de la distribución espacial y temporal, del tamaño de las cuencas hidrológicas en el que tiene lugar y depende de las características del suelo, la infiltración, el drenaje natural o artificial de las cuencas y el contenido de humedad en el suelo. (Vide, 2004)

- **INUNDACIONES LENTAS O PROGRESIVAS**

Estas se presentan en las zonas planas cercanas a las riberas de los ríos cuando las precipitaciones permanecen por largo tiempo. Este tipo de inundaciones se presentan con mayor continuidad en los meses de noviembre y culminan a finales del mes de mayo. (Vide, 2004)

- **INUNDACIONES TORRENCIALES O REPENTINAS**

Ocurren ante tormentas fuertes en cuencas de alta pendiente y con baja cobertura vegetal. Pueden desarrollarse en minutos u horas y tienen como características principales una gran capacidad de arrastre de materiales, y un alto poder destructivo. (Vide, 2004)

- **INUNDACIONES POR AFLORAMIENTO DE AGUAS SUBTERRÁNEAS**

Ocurre de forma natural ante precipitaciones fuertes y prolongadas, por suspensión del uso de un acuífero o por fallos en el bombeo, cualquiera de las anteriores puede derivar en la elevación de la tabla de agua en el acuífero hasta alcanzar la superficie del suelo y generar el anegamiento en zonas bajas comunicadas con el acuífero. Este tipo de inundación ocurre de forma lenta y tienden a una larga permanencia en el tiempo. (Vide, 2004)

- **INUNDACIONES URBANAS**

Se presentan por deficiencias de las redes de drenaje, en ciudades con una topografía plana o cóncava y/o por el desbordamiento de los ríos y quebradas que atraviesan o bordean las poblaciones, ((IDEAM), 2004). La principal causa de las inundaciones urbanas es la impermeabilización de superficies que produce una disminución del tiempo pico y del tiempo base del hidrograma, aumentando los caudales máximos en las tuberías de drenaje.

La red de drenaje muchas veces no tiene la suficiente capacidad hidráulica debido a la configuración del terreno, al depósito sedimentos que entran a la red o a lo extremo del evento, desbordando por los imbornales, las tapas de las cámaras de inspección, canales, cajas domiciliarias e incluso de los aparatos sanitarios e inundando las vías y edificaciones. De forma generalizada se clasifican en dos tipos:

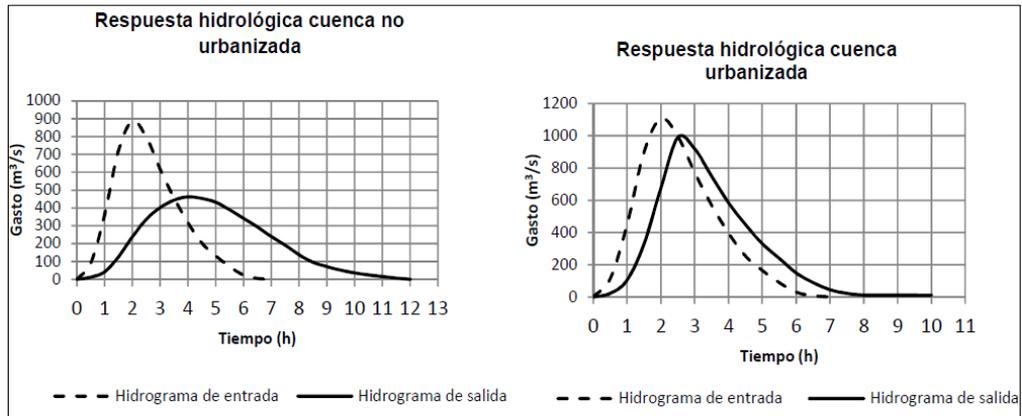
- **Inundación fluvial (externa)**

Las cuencas medianas y grandes poseen dos secciones de río. (Sección normal o sección a banca llena). El lecho menor donde escurre o transita la mayor parte del tiempo y el lecho mayor o planicie de inundación, ocupada por el agua durante eventos extremos o con menor probabilidad de ocurrencia. Los impactos negativos de las inundaciones ocurren cuando las áreas de lecho mayor han sido ocupadas por las personas, y esto se produce cuando las ciudades no incluyen limitaciones claras en la ocupación del espacio en los planes de desarrollo urbano, cuando hay invasión del espacio del río, o cuando las obras de protección dan una contradictoria sensación de seguridad que permite el desarrollo urbanístico en zonas de riesgo. (Morelli Tucci, 2006)

- **Inundación pluvial (interna)**

Inundaciones por colapso del sistema de drenaje. Se deben en gran parte a la urbanización e impermeabilización de superficies (tejados, calles, pisos, etc.) por fuera de los planes de desarrollo urbano y de infraestructura de drenaje y saneamiento. El incremento de la población produce un aumento de consumo de agua para abastecimiento, de producción de aguas residuales y residuos sólidos. Los rellenos sanitarios, el manejo de basuras y el aseo público afectan el comportamiento de las redes de drenaje. Las labores de mantenimiento y actualización de tuberías y equipos de bombeo también limitan la respuesta de las redes colectoras en la evacuación de la escorrentía urbana. Un tercer aspecto es el desarrollo de infraestructura vial y la misma urbanización se puede convertir en obstáculo para el adecuado escurrimiento por la ubicación de puentes, la impermeabilización de superficies en zonas de recarga de acuíferos y la urbanización en zonas de almacenamiento natural. (Morelli Tucci, 2006).

Figura N° 4: Hidrogramas de entrada y salida en cuencas con diferente respuesta hidrológica.



Fuente: (Cervantes Jaimes, 2016).

- **Criterios recomendados para determinar el nivel de la intensidad o magnitud de la inundación**

La intensidad y los efectos potenciales de las inundaciones dependen de varios aspectos, no sólo de aspectos meteorológicos, sino también de las características propias del terreno, como son los tipos y usos del suelo, el tipo y la distribución de la vegetación, la litología, las características de la red de drenaje, magnitud de las pendientes de la cuenca, obras realizadas en los cauces, entre otros. Otros aspectos importantes a considerar son los meandros y las zonas en los que los ríos se estrechan o pierden profundidad por falta de dragado (limpieza de los sedimentos en cursos de agua), especialmente en las desembocaduras donde se acumula el limo y la tierra arrastrada por la corriente.

Los criterios recomendados para evaluar la intensidad de las inundaciones son diferentes en dependencia del tipo de inundación. Para inundaciones estáticas se considera la profundidad o altura del flujo.

Mientras que para inundaciones dinámicas se recomienda utilizar el producto de la velocidad por la profundidad del flujo. (Siempre y cuando esta fórmula arroje valores más altos, en términos de intensidad que la anterior).

Los umbrales entre los niveles de intensidad muy alta, alta, media y baja, han sido definidos considerando la peligrosidad que una determinada columna de agua puede significar para la infraestructura o las viviendas y la vida de los pobladores.

El nivel de intensidad de acuerdo a la tabla del INDECI se mide de acuerdo al tirante que tiene la lámina de agua en las llanuras de inundación. (INDECI, 2011).

Tabla N° 12: Rangos para nivel de intensidad o magnitud para inundaciones.

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, 2011).

2.2.5. MODELO HIDRÁULICO

Es una representación simplificada de un aspecto de la Naturaleza y, en muchos casos, de las obras construidas en ella. La construcción de modelos no sólo es un método admitido, sino que es el que ha permitido el progreso de la ciencia.

Cuando se busca elaborar un modelo hidráulico para una investigación, se busca reproducir del mejor y más completo modo posible las condiciones que se encuentran en la naturaleza. No se puede controlar siempre todas las variables, esto es casi imposible. El mundo natural es demasiado complejo y nunca puede lograrse la reproducción total y perfecta de un fenómeno que ocurra en ella. (Rocha, 2003).

2.2.5.1. MODELO HIDRÁULICO IBER

Iber es un modelo matemático bidimensional para la simulación del flujo en ríos y estuarios desarrollado a partir de la colaboración del Grupo de Ingeniería del Agua y del Medio Ambiente, GEAMA (Universidad de Coruña), del Grupo de Ingeniería Matemática (Universidad de Santiago de Compostela), del Instituto Flumen (Universidad Politécnica de Cataluña y Centro Internacional de Métodos Numéricos en Ingeniería) y promovido por el Centro de Estudios Hidrográficos del CEDEX. Iber es un modelo numérico desarrollado especialmente para la necesidad técnica específica de las confederaciones hidrográficas en la aplicación de la legislación

sectorial vigente en materia de aguas. Algunos de los campos de aplicación de la versión actual de Iber son: (Cea, y otros, 2012)

- Simulación del flujo en lámina libre en cauces naturales.
- Evaluación de zonas inundables. Cálculo de las zonas de flujo preferente.
- Cálculo hidráulico de encauzamientos.
- Cálculo hidráulico de redes de canales en lámina libre.
- Cálculo de corrientes de marea en estuarios.
- Estabilidad de los sedimentos del lecho.
- Procesos de erosión y sedimentación por transporte de material granular.

2.2.6. MODELO NUMÉRICO

• Ecuaciones

El módulo hidrodinámico de Iber resuelve las ecuaciones de St.Venant bidimensionales, incorporando los efectos de la turbulencia y rozamiento superficial por viento.

$$\frac{\partial h}{\partial t} + \frac{\partial hU_x}{\partial x} + \frac{\partial hU_y}{\partial y} = 0 \quad (30)$$

$$\frac{\partial}{\partial t}(hU_x) + \frac{\partial}{\partial x}\left(hU_x^2 + g\frac{h^2}{2}\right) + \frac{\partial}{\partial y}(hU_xU_y) = -gh\frac{\partial Z_b}{\partial x} + \frac{\tau_{s,x}}{\rho} - \frac{\tau_{b,x}}{\rho} + \frac{\partial}{\partial x}\left(vth\frac{\partial U_x}{\partial x}\right) + \frac{\partial}{\partial y}\left(vth\frac{\partial U_x}{\partial y}\right) \quad (31)$$

$$\frac{\partial}{\partial t}(hU_y) + \frac{\partial}{\partial x}(hU_xU_y) + \frac{\partial}{\partial y}\left(hU_y^2 + g\frac{h^2}{2}\right) = -gh\frac{\partial Z_b}{\partial y} + \frac{\tau_{s,y}}{\rho} - \frac{\tau_{b,y}}{\rho} + \frac{\partial}{\partial x}\left(vth\frac{\partial U_y}{\partial x}\right) + \frac{\partial}{\partial y}\left(vth\frac{\partial U_y}{\partial y}\right) \quad (32)$$

Donde:

h = tirante hidráulico.

U_x, U_y = velocidades horizontales promediadas en profundidad.

g = aceleración de la gravedad.

ρ = densidad del agua.

Z_b = cota del fondo.

τ_s = fricción en la superficie libre debida al rozamiento producido por el viento.

τ_b = fricción debida al rozamiento del fondo.

vt = viscosidad turbulenta.

La fuerza de rozamiento realizada por el viento sobre la superficie libre se calcula a partir de la velocidad del viento a 10 m de altura, utilizando para ello la ecuación de Van Dorn.

$$\tau_{s,x} = \rho C_{VD} |V_{10}| V_{x,10} \quad (33)$$

$$\tau_{s,y} = \rho C_{VD} |V_{10}| V_{y,10} \quad (34)$$

Donde:

$V_{X,10}$, $V_{Y,10}$: Son las 2 componentes de la velocidad del viento a 10 m de altura.

$|V_{10}|$: Módulo de la velocidad del viento a 10 m de altura

C_{VD} : Coeficiente de arrastre superficial que se calcula en función de la velocidad del viento.

- **Mallas de cálculo**

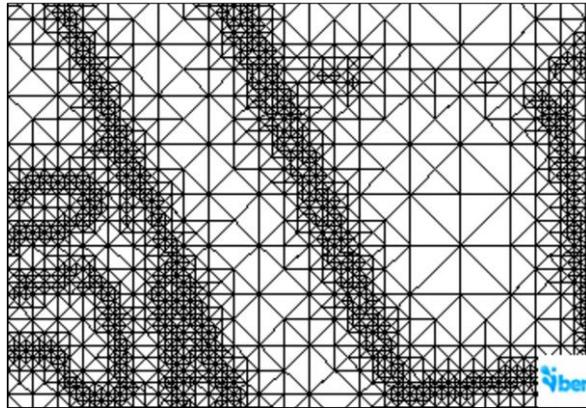
Uno de los procesos que requieren más tiempo y esfuerzo para desarrollar una simulación numérica en los ríos es la generación de la malla numérica. Un río tiene una geometría irregular y la construcción de una malla eficiente no es sencilla. Los métodos de malla basados en el error de cuerda (diferencia máxima entre el campo original y la malla) son muy apropiados para minimizar el número de elementos con transiciones suaves. (Cea, y otros, 2012)

Iber incluye los siguientes métodos de generación de mallas:

- Mallas estructuradas y no estructuradas (acopladas)
- Malla irregular triangulada generada utilizando el error cordal.
- Mallas basadas en RTIN (Red Irregular Triangulada Rectangular), generadas usando el error cordal
- Malla regular generada directamente desde un DTM (Modelo Digital de Terreno)
- Biblioteca GDAL para la importación y generación de mallas.

Para estas metodologías, se requiere un modelo de terreno digital en formato arco/información ASCII como información de referencia. Además, también se pueden importar directamente varios formatos de malla.

Figura N° 5: Malla de cálculo formada por una red irregular de triángulos rectángulos (RTIN)



Fuente: (Cea, y otros, 2012)

- **Coefficiente de rugosidad de Manning**

En Iber la rugosidad se asigna a través de un coeficiente de rugosidad de Manning. Esto significa estimar la resistencia al flujo en un canal determinado. Esta rugosidad superficial se representa por el tamaño y la forma de los granos del material que forman el perímetro mojado y que producen un efecto retardador del flujo. Por lo general éste se considera como el factor más importante para la selección de un coeficiente de rugosidad, no siendo el único. En general, granos finos dan como resultado un valor relativamente bajo de n , y granos gruesos, un valor alto de n . (Chow, 1994)

En canales con secciones definidas, es posible determinar este coeficiente de rugosidad a partir de la ecuación de Manning, para condiciones de caudal de máxima avenida, caudal medio, etc. que puede contrastarse con el uso de tablas para mayor precisión. Esta ecuación es: (Chow, 1994).

$$Q = \frac{1}{n} * R^{\frac{2}{3}} * S^{\frac{1}{2}} * A \quad (35)$$

De donde despejamos n (coeficientes de rugosidad) se tiene:

$$n = \frac{A * R^{\frac{2}{3}} * S^{\frac{1}{2}}}{Q} \quad (36)$$

Donde:

A= Área hidráulica de la sección (m^2)

R= Radio hidráulico de la sección (m)

S= Pendiente media del canal (m/m)

Q= Caudal de máxima avenida (m³/s)

n= Coeficiente de Rugosidad de Manning (adimensional)

Tabla N° 13: Tabla de valores de Rugosidad "n".

TIPO DE CANAL Y DESCRIPCIÓN	MINIMO	NORMAL	MÁXIMO
Excavado o dragado			
a. En tierra, recto y uniforme			
1. Limpio, recientemente terminado	0.016	0.018	0.018
2. Limpio, después de exposición a la intemperie	0.018	0.022	0.022
3. Con gravas, sección uniforme, limpio	0.022	0.025	0.025
4. Con pastos cortos y algunas malezas	0.022	0.027	0.027
b. En tierra, serpenteante y lento			
1. Sin vegetación	0.023	0.025	0.030
2. Pastos, algunas malezas	0.025	0.030	0.033
3. Malezas densas o plantas acuáticas en canales profundos	0.030	0.035	0.040
4. Fondo en tierra con lados en piedra	0.028	0.030	0.035
5. Fondo pedregoso y bancas con malezas	0.025	0.035	0.040
6. Fondo en cantos rodados y lados limpios	0.030	0.040	0.050
c. Excavado con planta dragado			
1. Sin vegetación	0.025	0.028	0.033
2. Matorrales ligeros en las bancas	0.035	0.050	0.060
d. Cortes en roca			
1. Lisos y uniformes	0.025	0.035	0.040
2. Afiliados e irregulares	0.036	0.040	0.050
e. Canales sin mantenimiento, malezas y matorrales sin cortar			
1. Malezas densas, tan altas como la profundidad del flujo	0.050	0.080	0.120

Tabla N° 13. Continuación ...

2. Fondo limpio, matorrales en los lados	0.040	0.050	0.080
3. Igual nivel máximo de flujo	0.045	0.070	0.110
4. Matorrales densos , nivel alto	0.080	0.100	0.140
Corrientes Naturales			
1.- Corrientes menores (ancho superficial en nivel creciente < 100 pies)			
a. Corrientes en planicies			
1. Limpias, rectas, máximo nivel, sin montículos ni pozos profundos	0.025	0.030	0.033
2. Igual al anterior, pero con más piedras y malezas	0.030	0.035	0.040
3. Limpio serpenteante, algunos pozos y bancos de arena	0.033	0.040	0.045
4. Igual al anterior, pero con algunos matorrales y piedras	0.035	0.045	0.050
5. Igual al anterior, niveles bajos, pendientes y secciones más ineficientes	0.040	0.048	0.055
6. Igual al 4, pero con más piedras	0.045	0.050	0.060
7. Tramos lentos con malezas pozos profundos	0.050	0.070	0.080
8. Tramos con mucha maleza, pozos profundos o canales de crecientes con muchos árboles con matorrales bajos	0.075	0.100	0.150
b. Corrientes montañosas, sin vegetación en el canal, bancas usualmente empinadas, árboles y matorrales a lo largo de las bancas sumergidas en niveles altos			
1. Fondo gravas, cantos rodados y algunas rocas	0.030	0.040	0.050
2. Fondo: Cantos rodados con rocas grandes	0.040	0.050	0.070
2. Planicies de inundación			
a. Pastizales, sin matorrales			
1. Pasto corto	0.025	0.03	0.035

Tabla N° 13. Continuación ...

2. Pasto alto	0.03	0.035	0.05
b. Áreas cultivadas			
1. Sin cultivo	0.020	0.030	0.040
2. Cultivos en línea maduros	0.025	0.035	0.045
3. Campos de cultivo maduros	0.030	0.040	0.050
c. Matorrales			
1. Matorrales dispersos, mucha maleza	0.035	0.050	0.070
2. Pocos matorrales y árboles, en invierno	0.035	0.050	0.060
3. Pocos matorrales y árboles, en verano	0.040	0.060	0.080
4. Matorrales medios a densos, en invierno	0.045	0.070	0.110
5. Matorrales medios a densos, en verano	0.070	0.100	0.160
d. Árboles			
1. Sauces densos, rectos y en verano	0.110	0.150	0.200
2. Terreno limpio, con troncos sin retoños	0.030	0.040	0.050
3. Igual al anterior, pero con una gran cantidad de retoños	0.050	0.060	0.080
4. Gran cantidad de árboles, algunos troncos caídos, con poco crecimiento de matorrales, nivel del agua por debajo de las ramas	0.080	0.100	0.120
5. Igual al anterior, pero con nivel decreciente por encima de las ramas	0.100	0.120	0.160
3. Corrientes mayores (ancho superficial en nivel creciente >100 pies). El valor de n es menor que el correspondiente a corrientes menores con descripción similar, debido a que las bancas ofrecen resistencia menos efectiva			
a. Sección regular, sin cantos rodados ni matorrales	0.025	-	0.060
b. Sección irregular y rugosa	0.035	-	0.100

Fuente: (Chow, 1994)

2.3. DEFINICIÓN DE TÉRMINOS BÁSICOS

- **Quebrada:** En algunos países de América del Sur con regiones andinas, el término quebrada sirve para dar nombre a estrechos valles que se encuentran encajonados por montañas cuyas laderas descienden de forma pronunciada en su superficie. Por lo general, se trata de fosas tectónicas (también llamadas graben, son largas depresiones limitadas por fallas que se levantan a ambos lados, ya que el terreno central ha sido hundido por acción de fuerzas internas).
- **Inundación:** Una inundación consiste en la invasión o cubrimiento de agua en áreas que en condiciones normales se mantienen secas, también es considerada como la abundancia excesiva de algo o cosa.
- **Avenida Máxima:** Una Avenida (conocida en algunos lugares también como crecida de un río, arroyo, etc.) es la elevación del nivel de éste. Durante la crecida, el caudal de un curso de agua aumenta en tales proporciones que el lecho del río puede resultar insuficiente para contenerlo.
- **Cuenca:** Una cuenca es una zona de la superficie terrestre en donde (si fuera impermeable) las gotas de lluvia que caen sobre ella tienden a ser drenadas por el sistema de corrientes hacia un mismo punto de salida.
- **Escurrimiento:** El escurrimiento se define como el agua proveniente de la precipitación que circula sobre o bajo la superficie terrestre y que llega a una corriente para finalmente ser drenada hasta la salida de la cuenca.
- **Precipitación:** Desde el punto de vista de la ingeniería hidrológica, la precipitación es la fuente primaria del agua de la superficie terrestre, y sus mediciones forman el punto de partida de la mayor parte de los estudios concernientes al uso y control del agua.

CAPÍTULO III. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. UBICACIÓN

La presente investigación tiene como zona de estudio parte del Sector 24 – villa Huacariz en la figura N° 13 se observa claramente en donde se realizó la investigación.

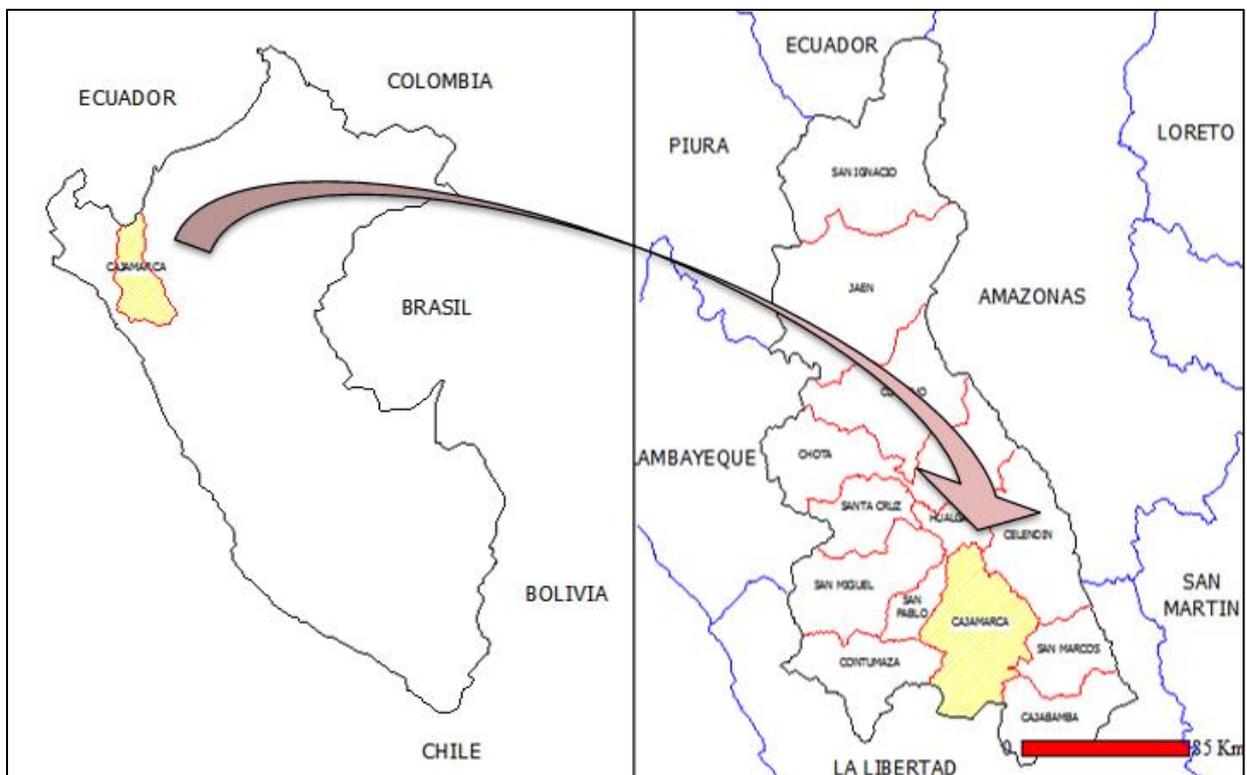
- **Ubicación Geográfica de la Investigación:**

- REGIÓN : CAJAMARCA
- DEPARTAMENTO : CAJAMARCA
- PROVINCIA : CAJAMARCA
- DISTRITO : CAJAMARCA

- **Ubicación en coordenadas UTM.**

- ESTE : 777247.00 - 778378.40m
- NORTE : 9204870.99 - 9205029.12m
- ALTITUD : 2696.62 - 2666.15 m.s.n.m.

Figura N° 6: Ubicación Del Departamento, Provincia Y Distrito De Cajamarca.



- **Ubicación de la Zona de Estudio:**

Figura N° 7: Ubicación de la zona de estudio.



3.2. SITUACIÓN ACTUAL DE LA ZONA DE ESTUDIO

Como primera parte de esta investigación, se consideró dar una inspección general la zona de estudio, el tramo del cauce de la Quebrada Chinchinmarca a modelar basándonos en los antecedentes e información recopilada por la población aledaña, identificando las áreas de posible inundación del sector 24 por condiciones topográficas y así tener una idea clara y concisa.

En la Fotografía N°01 que corresponde al ítem de los anexos, se observa una parte del tramo de la Quebrada Chinchinmarca que en épocas de estiaje no cuenta con la presencia de agua, también se observa que periódicamente tiene una limpieza de prevención para evitar inundaciones cuando existen precipitaciones.

En la Fotografía N° 02 que corresponde al ítem de los anexos, se observa uno de los puentes de madera que sirve como enlace entre la Lotización Civil las Begonias y la Lotización 2010 tanto para uso peatonal y vehicular de carga no pesada.

En la Fotografía N° 03 que corresponde al ítem de los anexos, se puede apreciar un puente artesanal de madera que según pobladores de la zona indicaron que fue construido para el acceso entre las Lotizaciones Las Begonias y 2010.

En la Fotografía N° 04 y N° 05 que corresponde al ítem de los anexos, se observó que la Lotizaciones 2010 y Las Begonias es una zona en expansión urbana que casi el 100% de construcciones son de material noble esto nos permite tener un indicador socioeconómico que es de media clase, así mismo que las vías que tienen las lotizaciones no están asfaltadas y que no cuentan con los servicios básicos todas las construcciones que existen en dichas lotizaciones.

3.3. MATERIALES

3.3.1. INFORMACIÓN CARTOGRÁFICA Y TOPOGRÁFICA

La información cartográfica utilizada en esta investigación fueron las Cartas Nacionales: 15-f y 15-g, a una escala de 1: 100,000 elaborado por el IGN (Instituto Geográfico Nacional), en el Sistema de Coordenadas UTM (Universal Transverse Mercator), en el Datum WGS1984, Zona 17 Sur. Cabe mencionar que hoy en día podemos descargar información digitalizada de nubes como el MINEDU o la NASA, ya que esta información nos permite realizar el tratamiento de las cuencas hidrográficas; por ende, para esta tesis descargamos un DEM de la zona en estudio el cual fue tratado con Arcgis. También se obtuvo información de Uso y Tipo de Suelo, administrada por el ZEE- Cajamarca del Ministerio del Ambiente; en formato shape a una escala de 1: 250,000, correspondiente a la zona de estudio.

3.3.2. EQUIPOS Y SOFTWARES

- Equipos
 - ✓ Laptop Acer modelo Aspire E 15 procesador intel Core I7, ram 8 gb y disco duro 1 Tera.
 - ✓ Estación Total Leyca Ts06
 - ✓ GPS Navegador, marca Garmin modelo etrex 10.

- Softwares
 - ✓ ArcGIS 10.3
 - ✓ Microsoft Office 2016
 - ✓ HidroCALC v.1.0
 - ✓ SAS planet
 - ✓ Iber v2.4.3

- ✓ Google Earth Pro
- ✓ Autocad Civil 3D 2018

3.4. PROCEDIMIENTO

La metodología que se utilizó se basa en caracterizar la microcuenca, que tiene como punto de descarga en la coordenada (777247.00 ; 9204870.99) que se encuentra en la esquina del Colegio: Julio Ramón Ribeyro Centro Poblado la Paccha – Cajamarca y utilizar el Método Racional para establecer el Caudal de Máxima avenida para diversos tiempos de retorno (T_r); asociados al riesgo de falla y vida útil ; seguidamente aguas abajo, se analizará el tramo de inundación por la Quebrada Chinchinmarca con ayuda del software Iber y Arcgis para así saber las áreas inundables que se encuentran en el Sector 24 Villa Huacariz.

3.4.1. TOPOGRAFÍA

La topografía de la zona de estudio es esencial para poder obtener el Modelo Digital de Elevación, posteriormente será de gran utilidad en el modelamiento, para ello se realizó un levantamiento topográfico que fue dividido en dos etapas como se muestra a continuación.

- **Trabajo de Campo.** La topografía en la zona de estudio del sector 24 “Villa Huacariz” y el tramo de la quebrada Chinchinmarca, se realizó con la ayuda de una Estación Total Leica TS06, obteniendo los datos de elevación y localización del área de estudio, concentrándonos específicamente en las secciones de la quebrada de tal manera que todas las características de la quebrada queden plasmadas en el levantamiento. Además, se obtuvo las coordenadas expresadas según el Datum WGS84 y la proyección cartográfica empleada es el UTM de las zonas que tienen antecedentes de inundación y aquellas enmarcadas dentro de la zona de estudio, los datos se presentan en el anexo 1, (Levantamiento topográfico).
- **Trabajo de Gabinete.** Concluido el trabajo de campo con la recolección de datos del levantamiento topográfico, se procedió a transferir los datos de la Estación Total al programa Autocad Civil 3D 2018, en el cual se procesaron para obtener el plano a curvas de nivel o elevación.

3.4.2. CARACTERÍSTICAS DE LA CUENCA DE ESTUDIO

En esta etapa para caracterizar la cuenca se visitó el lugar y se tomó algunas fotografías de la cuenca en estudio, también se conversó con algunas personas del lugar sobre si es ya había alguna inundación ocasionada por las fuertes precipitaciones en años anteriores.

El clima seco, templado y soleado durante el día y frío en la noche. La temperatura media anual: máxima media 21°C y una mínima de 6 °C, con una temporada de lluvias intensas: en los meses de diciembre y marzo.

Las lluvias determinan durante el año dos estaciones: la seca que corresponde al otoño y el invierno, en el hemisferio sur y en la costa peruana se presenta en los meses de mayo a setiembre, mientras que, en la temporada de lluvias, pertenece al verano costero y al mismo hemisferio, con intenso sol en el día y templado en las noches se presenta entre los meses de octubre a abril. Los vientos fuertes se dan en los meses de julio y agosto.

Geología de la cuenca se obtuvo de las cartas geográficas descargadas de la ZEE (Zonificación Ecológica y Económica) del ministerio del ambiente el cual presenta las siguientes características particulares: uso agrícola, forestal y urbano. Los cuales se encuentran en la sección de apéndice I.

3.4.3. MODELAMIENTO HIDROLÓGICO

- **PARÁMETROS GEOMORFOLÓGICOS DE LA CUENCA**

Área De La Cuenca (A): Teniendo delimitada la microcuenca, se procedió a calcular el área de esta mediante el comando geometría del software ArcGis.

Perímetro De La Cuenca (P): En base a la delimitación de la cuenca, se procedió a calcular el perímetro de esta mediante el comando geometría del software ArcGis.

Pendiente De La Cuenca (S): Haciendo uso del programa Hidrocal, se introdujo los datos necesarios como son, equidistancia entre curvas de nivel, sumatoria de las longitudes entre curvas y área de la cuenca, datos obtenidos inicialmente con el software ArcGis, obteniendo como resultado el valor de la pendiente de la cuenca con la fórmula del rectángulo equivalente que usa el programa hidrocal.

Longitud De Máximo Recorrido: En base a la delimitación de la cuenca, se realizó la medida del cauce principal entre el punto de afluencia y un punto sobre la divisoria de aguas de máxima distancia, utilizando el software ArcGis.

Altitud Media (H): Con las curvas de nivel generadas a partir del raster de la cuenca, y procesado los datos en el software ArcGis, se introdujo estos datos al programa hidrocal que por medio de la ordenada media de la curva Hipsométrica (formula de la altitud media).

- **HIDROLOGÍA DE LA CUENCA**

Transposición de Intensidades Máximas

Al no tener datos hidrometeorológica de la cuenca en estudio, se realizó la transferencia de las intensidades a la cuenca de estudio utilizando para ello la Ecuación N° 28, teniendo en consideración la altura media de la cuenca, obtenida en pasos anteriores. Con los datos de precipitación de la Estación Augusto Weberbauer; las cuales han sido procesadas en la tesis similitud hidráulica de sistemas hidrológicos altoandinos y transferencia de información hidrometeorológica, y las intensidades obtenidas; realizamos la transferencia de información a la altura media de la cuenca.

Tabla N° 14: Tabla de Intensidades transpuestas a la cuenca de estudio

N° Orden m	5 Min	10 Min	30 Min	60 Min	120 Min
1	142.10	100.94	48.92	32.33	22.67
2	134.59	89.67	48.44	31.02	16.70
3	133.16	89.49	45.34	28.29	16.70
4	120.51	87.10	45.27	27.56	16.69
5	119.32	85.67	44.39	27.44	16.11
6	109.77	84.71	44.15	27.44	15.83
7	109.16	82.69	44.15	26.25	15.53
8	107.38	81.25	43.22	25.15	15.40
9	105.34	79.15	41.81	25.06	14.68
10	103.09	78.03	40.57	24.20	14.32
11	100.94	76.36	39.37	22.72	13.12
12	100.94	76.58	40.33	23.15	13.27
13	99.03	76.23	39.02	22.67	13.12
14	98.08	75.17	38.71	22.31	13.00
15	97.00	71.84	38.23	21.48	11.93
16	90.68	71.71	37.46	21.48	11.93
17	89.84	71.59	36.59	21.33	11.93

Tabla N° 14. Continuación ...

18	87.82	69.20	35.93	21.31	11.80
19	87.12	67.11	34.76	20.62	11.73
20	87.10	65.38	34.20	19.95	11.69
21	85.91	64.91	33.41	19.81	11.57
22	84.84	63.24	33.41	19.09	11.45
23	84.48	60.85	32.55	18.97	11.12
24	84.48	63.00	32.93	19.09	11.22
25	84.00	60.13	32.50	18.93	11.02
26	81.13	59.54	30.50	18.65	10.74
27	81.13	59.66	31.98	18.87	11.02
28	80.18	58.70	28.64	18.54	9.82
29	80.18	58.70	30.31	18.61	10.67
30	77.55	57.03	28.64	18.14	9.60
31	76.36	52.26	28.16	17.54	9.49
32	74.45	50.83	27.44	16.70	9.49
33	71.59	50.35	27.44	16.45	9.37
34	70.77	46.53	27.20	16.30	8.23
35	69.20	45.94	25.77	15.75	8.11
36	66.82	45.70	25.06	14.32	7.76
37	56.08	43.67	24.46	13.24	7.64
38	55.84	39.66	22.67	12.29	7.28
39	54.41	38.66	18.97	11.93	7.16
40	35.79	35.79	17.90	11.81	5.97
41	33.65	28.64	16.47	11.69	5.25
42	31.02	24.58	16.47	10.38	4.83
Promedio	86.73	64.01	33.66	20.21	11.59
Desv. Estándar	25.07	17.71	8.65	5.32	3.59
α	19.54	13.81	6.75	4.15	2.80
β	75.45	56.03	29.77	17.82	9.98

Aplicación del Modelo de Distribución Gumbel

En la presente Tesis, se utilizó el modelo de distribución Gumbel, debido a que es el que mejor se ajusta a valores hidrológicos extremos y tiene mejores resultados para este tipo de estudio.

Tabla N° 15: Tabla de parámetros para modelo de distribución gumbel.

m	PR. WEIBUL P(x<X)	PROBABILIDAD DE GUMBEL F(x<x)				
		5 min.	10 min.	30 min.	60 min.	120 min.
1	0.023	0.0325	0.0380	0.0568	0.0298	0.0107
2	0.047	0.0474	0.0839	0.0608	0.0407	0.0867
3	0.070	0.0509	0.0849	0.0946	0.0771	0.0867
4	0.093	0.0949	0.1001	0.0956	0.0911	0.0870
5	0.116	0.1006	0.1104	0.1082	0.0937	0.1061
6	0.140	0.1587	0.1178	0.1119	0.0937	0.1163
7	0.163	0.1632	0.1351	0.1119	0.1229	0.1285
8	0.186	0.1773	0.1488	0.1273	0.1570	0.1343
9	0.209	0.1948	0.1710	0.1545	0.1603	0.1705
10	0.233	0.2159	0.1840	0.1826	0.1934	0.1914
11	0.256	0.2377	0.2051	0.2139	0.2643	0.2776
12	0.279	0.2377	0.2023	0.1885	0.2418	0.2658
13	0.302	0.2586	0.2068	0.2241	0.2669	0.2776
14	0.326	0.2697	0.2214	0.2334	0.2872	0.2885
15	0.349	0.2825	0.2727	0.2481	0.3390	0.3922
16	0.372	0.3680	0.2749	0.2734	0.3390	0.3922
17	0.395	0.3805	0.2769	0.3048	0.3485	0.3922
18	0.419	0.4121	0.3198	0.3305	0.3501	0.4065
19	0.442	0.4233	0.3613	0.3795	0.3990	0.4140
20	0.465	0.4237	0.3984	0.4046	0.4501	0.4185
21	0.488	0.4433	0.4090	0.4416	0.4615	0.4321
22	0.512	0.4612	0.4477	0.4416	0.5208	0.4459
23	0.535	0.4676	0.5062	0.4841	0.5309	0.4858
24	0.558	0.4676	0.4534	0.4650	0.5208	0.4742
25	0.581	0.4758	0.5244	0.4864	0.5343	0.4975
26	0.605	0.5266	0.5397	0.5923	0.5587	0.5334
27	0.628	0.5266	0.5367	0.5135	0.5397	0.4985
28	0.651	0.5440	0.5615	0.6935	0.5681	0.6528
29	0.674	0.5440	0.5615	0.6027	0.5618	0.5425
30	0.698	0.5927	0.6056	0.6935	0.6037	0.6809
31	0.721	0.6150	0.7313	0.7189	0.6566	0.6964
32	0.744	0.6510	0.7673	0.7561	0.7294	0.6964
33	0.767	0.7044	0.7789	0.7561	0.7505	0.7117
34	0.791	0.7195	0.8633	0.7682	0.7634	0.8450
35	0.814	0.7477	0.8748	0.8360	0.8070	0.8570
36	0.837	0.7890	0.8792	0.8660	0.9020	0.8903
37	0.860	0.9325	0.9136	0.8887	0.9506	0.9004

Tabla N° 15. Continuación ...

38	0.884	0.9347	0.9621	0.9429	0.9773	0.9272
39	0.907	0.9469	0.9704	0.9929	0.9839	0.9351
40	0.930	0.9995	0.9868	0.9970	0.9857	0.9848
41	0.953	0.9998	0.9993	0.9992	0.9874	0.9955
42	0.977	0.9999	0.9999	0.9992	0.9975	0.9981

Prueba de bondad de ajuste – Smirnov – Kolmogorov.

De acuerdo a la ecuación N° 18, se realiza la prueba de bondad de ajuste – Smirnov – Kolmogorov hallando el máximo valor de cada periodo de duración. Los datos se ajustan a la distribución Gumbel, con un nivel de significación del 5%.

Tabla N° 16: Tabla de Prueba de bondad de ajuste Smirnov – Kolmogorov

Periodo de Duración	Estadístico Smimov-kolmogorov (Δ)	Valor Crítico (Δ_c)	Criterio de Decisión ($\Delta < \Delta_c$)
5	0.1304	0.21	O.K
10	0.1184	0.21	O.K
30	0.1144	0.21	O.K
60	0.1126	0.21	O.K
120	0.1319	0.21	O.K

Intensidades máximas de precipitación para diversos tiempos de retorno “Tr” asociados a los parámetros de vida útil de una infraestructura “n” y riesgo de falla “R”.

En la presente investigación es necesario conocer las intensidades para los parámetros de Tr, n y R, es así que se muestra la tabla N° 16.

Tabla N° 17: Intensidades máximas de precipitación para diferentes tiempos de retorno (Tr) asociados a la n y R

n	R (%)	Tr	INTENSIDADES MÁXIMAS (mm/h)				
			5 min	10 min	30 min	60 min	120 min
50	0	∞	-	-	-	-	-
	1	4975.5	241.8	173.6	87.2	53.2	33.8
	2	2475.4	228.2	164.0	82.5	50.3	31.9
	5	975.3	210.0	151.1	76.2	46.4	29.3
	10	475.1	195.9	141.1	71.3	43.4	27.2
	15	308.2	187.4	135.2	68.4	41.6	26.0
	20	224.6	181.2	130.8	66.3	40.3	25.1
	25	174.3	176.3	127.3	64.6	39.2	24.4
	30	140.7	172.1	124.3	63.1	38.3	23.8
	40	98.4	165.0	119.3	60.7	36.8	22.8
	50	72.6	159.1	115.1	58.6	35.6	22.0
	60	55.1	153.6	111.3	56.7	34.4	21.2
	70	42.0	148.3	107.5	54.9	33.3	20.4
	80	31.6	142.6	103.5	52.9	32.1	19.6
	90	22.2	135.6	98.5	50.5	30.6	18.6
100	1.0	-	-	-	-	-	

Cálculo de Coeficiente de Escorrentía.

Para obtener un coeficiente de escorrentía mucho más aproximado, se combinó en el software Arcgis los “shapes” de cobertura de suelo y tipo de suelo obtenidos del ZEE Cajamarca y el mapa de pendientes de la cuenca, este último con la clasificación del manual de Hidrología, Hidráulica y Drenaje del MTC 2011, obteniendo así la siguiente tabla, con la cual calcularemos el coeficiente de escorrentía (Ce) ponderado para la microcuenca en estudio. Para esta investigación se obtuvo el valor ponderado del **Coeficiente de escorrentía de 0.556**; el detalle del cálculo se muestra en los anexos en la Tabla N° 27.

Cálculo de Caudales Máximos en función del riesgo de falla, vida útil y tiempo de retorno.

En la presente tesis para realizar el cálculo de los caudales máximos se utilizó el Método Racional descrito en las bases teóricas de esta tesis. Se ha considerado relacionar que los caudales máximos están ligados al tiempo de retorno, la

probabilidad de acierto de predicción y los años que se pretende proteger la estructura, como se puede observar en la Tabla N° 18.

Tabla N° 18. Tabla de caudales máximos en función al riesgo de falla, vida útil y tiempo de retorno (Tr)

n	R	Tr	Tc	I_{max}	C	Q. Max(m³/s)
Años	%	Años	min	mm/h	Racional	Racional
50	1	4975.46	60.5	59.778	0.56	83.94
	2	2475.42	60.5	55.678	0.56	78.18
	5	975.29	60.5	50.641	0.56	71.11
	10	475.06	60.5	47.065	0.56	66.09
	15	308.16	60.5	45.036	0.56	63.24
	20	224.57	60.5	43.609	0.56	61.24
	25	174.30	60.5	42.498	0.56	59.68
	30	140.68	60.5	41.581	0.56	58.39
	40	98.38	60.5	40.095	0.56	56.30
	50	72.64	60.5	38.875	0.56	54.59
	60	55.07	60.5	37.795	0.56	53.07
	70	42.03	60.5	36.769	0.56	51.63
	80	31.57	60.5	35.714	0.56	50.15
	90	22.22	60.5	34.459	0.56	48.39
100	1.00	60.5	25.131	0.56	35.29	

Resumen de Caudales a Modelar

En la presente investigación modelaremos 03 escenarios con diferentes caudales tiempos de retorno (Tr) asociados al riesgo de falla (R), vida útil de protección (n), tomando como constante la vida útil de 50 años, de acuerdo a las infraestructuras que se encuentran en el lugar de estudio, es un tiempo asumido para las construcciones de casa habitaciones las cuales están relacionadas directamente con inundaciones.

Tabla N° 19: Tabla de Caudales a Modelar.

n	R	Tr	Q. Max(m³/s)
Años	%	Años	Racional
50	5	975.29	71.11
	10	475.06	66.09
	15	308.16	63.24

3.4.4. MODELAMIENTO HIDRÁULICO

Para realizar el modelamiento hidráulico, teniendo en cuenta que se trabajará con el software Iber V2.4.3, para poder realizar dicho modelamiento contamos con la información hidrológica ya calculada y levantamiento topográfico. El software Iber V2.4.3 se define en tres procesos; Pre – Proceso, Procesamiento y Post – Proceso los cuales se encuentren en la sección de apéndice II.

3.4.5. ZONIFICACIÓN DE ÁREAS DE INUNDACIÓN

Después de haber completado el cálculo del modelo, se obtuvo los resultados de altura de lámina de agua respecto a la superficie (calado), esta información se exporta del software Iber como archivo. AAIGrid a Arcgis 10.3, en el cual se hizo la identificación de niveles de intensidad de inundación de acuerdo como indica el INDECI para inundaciones fluviales.

CAPITULO IV. ANALISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS

4.1. DESCRIPCIÓN Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS:

Esta investigación tuvo como propósito analizar y evaluar escenarios para identificar cuáles son las áreas inundables, para diferentes tiempos de retorno por eventos de máximas avenidas en el Sector 24 villa Huacariz, se discuten a continuación los resultados de estos métodos, de acuerdo con los objetivos planteados y la metodología que se usó.

4.1.1. CARTOGRAFÍA Y TOPOGRAFÍA

Se obtuvo una carta geográfica de 12.5 m de precisión, la cual ayudo a encontrar los parámetros de la microcuenca para el tramo en estudio. De la ZEE (Zonificación Ecológica y Económica del Ministerio del Ambiente) se obtuvieron cartas para el tipo de suelo y cobertura vegetal, este material fue de gran ayuda ya nos facilitó una parte del trabajo.

La zona de estudio casi en su totalidad es llanura, es por lo que en la topografía se realizó a detalle. Las curvas de nivel obtenidas del levantamiento topográfico tienen una equidistancia de 0.5 m, se consideró este valor ya que es un valor óptimo.

4.1.2. INTENSIDADES MÁXIMAS

Las intensidades máximas obtenidas fueron obtenidas mediante la transposición de información de la estación meteorológica A. Weberbauer que se encuentra en el campus universitario de la localidad de Cajamarca, cuya cota es de 2675 m.s.n.m, obtuvimos una escala de altitudes de 1.01 y una escala de periodos de duración de 1 (se transfiere a las mismas duraciones) ver tabla N°14.

Las intensidades transferidas resultan ser mayores que las intensidades de origen, esto se debe a que la escala de altitudes la cota de la estación de origen, es menor que la cota media de destino.

4.2. MODELAMIENTO HIDROLÓGICO

Los parámetros geomorfológicos de la microcuenca la mostramos en la Tabla N° 20, también transferimos datos hidrometeorológicos de la estación Weberbauer (Intensidades), hacia la altura media de la Microcuenca de la Quebrada

Chinchinmarca con la Ecuación 27, y de acuerdo con lo señalado por el MTC y descrito en el capítulo anterior.

Tabla N° 20: Parametros Geomorfológicos de la microcuenca

Característica Geomorfológica	Valor
Área (Km ²)	9.02
Perímetro (Km)	17.255
Longitud del cauce principal (Km)	9.641
Coefficiente de compacidad (Kc)	1.609
Factor de forma (Ff)	0.097
Pendiente de la cuenca (%)	27.68
Altitud media de la cuenca (msnm)	3025.831
Ancho Promedio (km)	0.936
Pendiente del cauce principal (%)	7.9
Coefficiente Orográfico	1.015
Relación de confluencias	2
Densidad de drenaje	0.781
Frecuencia de ríos	0.33
Tiempo de concentración (Ec. De Kirpich) (min)	60.5

Hallando las características de la cuenca nos ha permitido obtener los parámetros geomorfológicos tal como se muestra en la Tabla N° 20, por la cantidad de área se considera una cuenca pequeña o microcuenca, además es de forma oval oblonga a rectangular por tener un $K_c = 1.609$ y se encuentra dentro del rango 1.50 – 1.75, este dato es importante para poder tomar decisiones en el cálculo del tiempo de concentración.

Otro de los parámetros calculados fue la pendiente media del cauce principal que tuvo un valor de 0.079 equivale a un 7.9%, el cual es imprescindible para poder realizar el cálculo de tiempo de concentración.

Así mismo obtuvimos el T_c (Tiempo de Concentración) de la cuenca, donde se utilizó la (Ec. de Kirpich) se utilizó dicha ecuación debido a la pendiente que presenta la microcuenca en estudio el valor que se obtuvo es 60.5 min.

Cabe mencionar que en esta presente tesis se transpuso la data de las intensidades de la estación meteorológica Weberbauer a nuestra cuenca en estudio a través del coeficiente de relación entre altitudes, nuestra cuenca presentó una altitud media de 3025.83 m.s.n.m. es así que se obtuvo la información de intensidades máximas, que con ayuda del modelo de distribución de Gumbel se ajustó la información, finalmente se obtuvo las curvas IDF y sus respectivas ecuaciones para los diversos parámetros de tiempo de retorno, riesgo de falla y vida útil estudiados.

También se obtuvo el coeficiente de escorrentía, el cual está asociado al uso del suelo, tipo de suelo y pendientes de la microcuenca según el reglamento de Manual de Hidrología, Hidráulica y Drenaje del MTC, en esta investigación se realizó un análisis para poder calcular el coeficiente antes mencionado con la ayuda de los archivos del ZEE (Zonificación Ecológica y Económica) Cajamarca, que se descargan en la página web: <http://geoservidor.minam.gob.pe/zee-aprobadas/cajamarca/>, estos archivos se procesaron en Arcgis 10.3 y se obtuvo un valor de 0.556 adimensional.

Es importante indicar que, en la presente investigación para conocer las avenidas máximas en la zona de estudio, se utilizó el Método Racional, debido a que el área de la cuenca es menor que 10 Km² tal como lo norma el Manual de Hidrología, Hidráulica y Drenaje del MTC, como también es el más adecuado a este tipo de estudios (inundaciones). Se obtuvo los caudales máximos asociados a Tr, R y n, obteniendo así: Q= 71.11 m³/s, Tr = 975.29 años, R= 5% y N = 50 años; Q = 66.09 m³/s, Tr = 475.06 años, R= 10% y n = 50 años; Q= 63.24 m³/s, Tr = 308.16 años, R= 15% y n = 50 años.

4.3. MODELAMIENTO HIDRÁULICO

Para realizar el modelamiento hidráulico de la zona de estudio, se utilizó el software Iber V2.4.3, el cual nos permitió delimitar las áreas inundables para los parámetros de Q_{máx}, Tr, n y R. estudiados en función al calado en el modelo.

Para poder obtener el modelo nos basamos en una geometría de la zona de estudio obtenida de la imagen georeferenciada, la cual se organizó en 2 partes zona de expansión urbana que se encuentran a los márgenes del cauce de la quebrada y la zona de la quebrada, donde a cada uno de ellos se le asignó un número de malla distinta, a la zona de expansión urbana se colocó un número de malla de 4 y para la zona del cauce de la quebrada se colocó un número de malla de 2. A cada uno de las

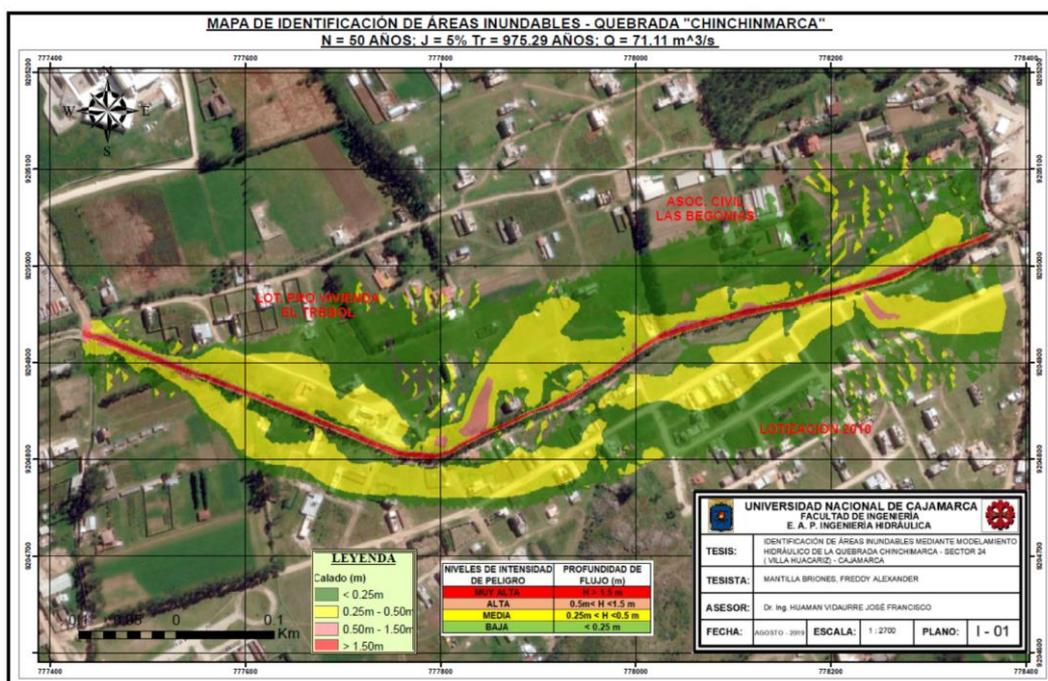
zonas se le asignó un valor de Manning seleccionados de la Tabla N° 12, finalmente se generó la elevación del terreno a través de un DEM de la topografía realizada en la zona de estudio, obteniendo así el modelo.

Al modelo se le asignó los caudales asociados al Tr, n, R, los caudales modelados fueron: $Q = 71.11 \text{ m}^3/\text{s}$, $Tr = 975.29$ años, $R = 5\%$ y $n = 50$ años; $Q = 66.09 \text{ m}^3/\text{s}$, $Tr = 475.06$ años, $R = 10\%$ y $n = 50$ años; $Q = 63.24 \text{ m}^3/\text{s}$, $Tr = 308.16$ años, $R = 15\%$ y $n = 50$ años. Se observó que la quebrada por ser tipo aluvial, cuenta con presencia de materiales sedimentarios que contribuyen a la generación de llanuras de inundación en presencia de máximas avenidas. Como producto del modelamiento se obtuvo las áreas inundables tal como se muestra en los anexos, se puede observar la lámina de agua sobre la cota del terreno para los caudales $Q = 71.11 \text{ m}^3/\text{s}$; $Q = 66.09 \text{ m}^3/\text{s}$ y $Q = 63.24 \text{ m}^3/\text{s}$ respectivamente, los tirantes oscilaron entre 3.50 m como máximo y 0.39 m como mínimo, originando así la inundación en la zona de estudio.

4.4. IDENTIFICACIÓN DE LAS ÁREAS INUNDABLES Y NIVELES DE INTENSIDAD EN EL SECTOR 24 VILLA HUACARIZ – CAJAMARCA OCASIONADO POR LA QUEBRADA CHINCHINMARCA

Para identificar y clasificar las áreas inundables más peligrosas de la zona de estudio en el Sector 24 Villa Huacariz – Cajamarca, se utilizó el software Arcgis 10.3.

Figura N° 8: Identificación de zonas inundables asociadas a la Intensidad de Peligro según el INDECI en Arcgis 10.3.



En la Figura N° 8, se puede observar claramente las áreas inundables y el color por el nivel de intensidad de inundaciones fluviales en función del calado(tirante) según el INDECI, para un mayor entendimiento se puede apreciar en los anexos.

Sin embargo, con esta información también podemos determinar los calados(tirantes) en las zonas consideradas críticas para este estudio, se puede observar cuales son las zonas más afectadas de acuerdo al plano catastral las zonas afectadas son la Lotización 2010, Lot. Pro Vivienda el Trebol y la Asociación Civil las Begonias.

En conclusión, se observó que el Sector 24 Villa Huacariz - Cajamarca reaccionó con un nivel de intensidad baja, por el desborde de la Quebrada Chinchinmarca en eventos de máximas avenidas.

Es importante mencionar que en la presente tesis también se realizó la cuantificación de las áreas inundables de acuerdo a los niveles de intensidad y tiempos de retorno estudiados, mostrándose estos resultados en la tabla N° 21 de la presente investigación.

Tabla N° 21: Áreas inundables asociadas al nivel de intensidad y riesgos de falla (R) por eventos de máximas avenidas en el sector 24 – Villa Huacariz – Cajamarca

CUANTIFICACIÓN DE ÁREAS INUNDABLES (m²)					
RIESGO DE FALLA (R)	BAJA (H < 0.25 m)	MEDIA (0.25m < H <0.5 m)	ALTA (0.5m < H <1.5 m)	MUY ALTA (H > 1.5 m)	TOTAL (m²)
5 %	102024.9	55163.3	4380.2	4325.6	165894.0
10 %	97223.0	52567.0	4174.0	4122.0	158086.0
15 %	97430.0	45206.0	3613.0	4029.0	150278.0

CAPÍTULO V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. CONCLUSIONES

- Se logró identificar las áreas inundables en el tramo del sector 24 “Villa Huacariz” – Cajamarca, la clasificación se realizó de acuerdo al nivel de intensidad según indica INDECI, en consecuencia, en el sector 24 para los tres escenarios calculados el nivel de intensidad de inundación es baja que involucra a las Lotizaciones 2010 y Pro Vivienda El Trébol que se encuentra en expansión urbana, así como también la Asociación Civil las Begonias.
- Las áreas que cuentan con mayor área inundada y más propensas son las que se encuentran al margen izquierdo de la quebrada en donde se ubican la Lot. Pro Vivienda El Trébol, Asociación Civil las Begonias y empieza a partir de la progresiva 0+080km y las que cuentan con menor área inundada son las que se encuentran al margen derecho de la quebrada en donde se ubica la Lotización 2010 y empieza a partir de la progresiva 0+120km.
- Se determinó el modelamiento hidrológico con la caracterización de la microcuenca de la Quebrada Chinchinmarca tomando como punto de descarga (777247.00 - 9204870.99), obteniéndose un área de 9.020 km², una longitud del cauce principal de 9.641 Km, pendiente media del cauce principal de 7.9% y un Tc de 60.5 minutos.
- Respecto a los caudales máximos se realizó por el método Racional, entonces de acuerdo a la vida útil prevista, el riesgo de falla y tiempos de retorno se realizó tres escenarios posibles con caudales de 71.11 m³/s, 66.09 m³/s, 63.24 m³/s, que son los datos necesarios para ingresar las condiciones de contorno específicamente la entrada del programa Iber.
- Se determinó el modelamiento hidráulico y se obtiene las áreas inundables de acuerdo al nivel de intensidad y diferentes riesgos de falla, tal como se muestra en la siguiente tabla.

Tabla N° 22. Tabla de cuantificación de áreas inundables

CUANTIFICACIÓN DE ÁREAS INUNDABLES (m²)					
RIESGO DE FALLA (R)	BAJA (H < 0.25 m)	MEDIA (0.25m < H < 0.5 m)	ALTA (0.5m < H < 1.5 m)	MUY ALTA (H > 1.5 m)	TOTAL (m²)
5 %	102024.9	55163.3	4380.2	4325.6	165894.0
10 %	97223.0	52567.0	4174.0	4122.0	158086.0
15 %	97430.0	45206.0	3613.0	4029.0	150278.0

5.2. RECOMENDACIONES

- Se recomienda que el Plan de Ordenamiento Territorial y Urbano de la Provincia de Cajamarca considere dentro de su plan estratégico la construcción de muros de encauzamiento de la Quebrada Chinchinmarca con la finalidad de mitigar la erosión del terreno aledaño a las lotizaciones, debido a que estas pueden seguir avanzando, como también prohibir a los propietarios que cuentan con construcciones al margen de la quebrada que no deben respetar los márgenes de la quebrada ya que estos son los más afectados al momento de una avenida máxima.
- Se recomienda compartir la información de esta investigación con las entidades encargadas de promover los planes de contingencia ante peligros por inundaciones como el INDECI, Municipalidades, etc.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- (ENFEN), Estudio Nacional del Fenómeno El Niño. 2017. 2017.
- (IDEAM), Instituto de Hidrología Metereología y Estudios Ambientales. 2004. Bogota - Colombia : s.n., 2004, Hidrología Metereológica y Estudios Ambientales.
- (MTC), Ministerio de Transportes y Comunicaciones. 2008. *Manual de Hidrología, Hidráulica y Drenaje*. Lima : s.n., 2008. pág. 202.
- Alcántara García, Dante A. 2014. *Topografía y sus Aplicaciones*. MEXICO : CONTINENTAL, 2014.
- Aparicio Mijanes, Francisco Javier. 1992. *Fundamentos de Hidrología de Superficie*. MÉXICO : LIMUSA, S.A., 1992.
- Breña Puyol, AF y Jacobo Villa, MA. 2006. *Principios y Fundamentos de la Hidrología*. Mexico : s.n., 2006.
- Campos Aranda, DF. 1998. *Procesos del Ciclo Hidrológico*. San Luis Potosí - Mexico : San Luis Potosí, 1998, pág. 540.
- Cea, L., y otros. 2012. *Iber: herramienta de simulación numérica del flujo en ríos*. Barcelona - España : s.n., 2012. pág. 10.
- CENEPRED. 2014. Manual para Evaluación de Riesgos Originados por Inundaciones Fluviales. LIMA - PERU : s.n., 2014. pág. 48.
- Cervantes Jaimes, Claudia Elizabeth - Tesis Maestria. Generación de Mapas de Riesgo de Inundación Mediante Modelación en 2d. México : s.n
- Chávez Díaz, Javier R. 1994. *Fundamentos De Hidrología De Superficie*. MÉXICO, Lima _ Perú : LIMUSA, S.A., 1994.
- Chow, Vente. 1994. *Open-Channel Hydraulics*. NEW YORK : s.n., 1994. pág. 667.
- *Comisión Nacional del Agua*. 2011. 2011, Manual para el Control de Inundaciones, <http://cenca.imta.mx/pdf/manual-para-el-control-de-inundaciones.pdf>.
- CUNGE, J. A. 1975. Two-dimensional modelling of flood plains. Unsteady Flow in Open Channels, K. Mahmood and V. Yevjevich, eds. 1975.
- Dominguez, M. R. 1996. Evaluación de Proyectos, Series del Instituto de Ingeniería (Azul 577). Unam. México : s.n., 1996.
- Fuentes, JJ. 2004. *Análisis Morfométrico de Cuencas*. Mexico : s.n., 2004.

- Gámez Morales, WR. 2009. *Texto Básico De Hidrología*. Nicaragua : Managua , 2009.
- Tucci, Carlos Eduardo Morelli. *Gestión de Inundaciones Urbanas*. 2006. PORTO ALEGRE - BRASIL. pág. 317.
- Guerrero, A. O. 2014. *Geomorfología de Cuencas*. Caracas : s.n., 2014.
- Hunter, N.M., Bates, P.D., Horritt, M.S., Wilson, M.D. 2006. Improved simulation of flood flows using storage cell models. *Proceedings of the ICE - Water Management*, 159(1), 9-18. doi:10.1680/wama.2006.159.1.9. 2006.
- Ibañez Asencio, S. , Moreno Ramón, H, & Gisbert Blanquer, J. M. 2008. *Morfología de las Cuencas Hidrográficas*. Universidad Politécnica de Valencia. Valencia : s.n., 2008.
- Iber: herramienta de simulación numérica del flujo en ríos. [En línea] <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0213131512000454>.
- INDECI. 2011. Manual de Estimación del Riesgo ante Inundaciones Fluviales. Lima. Lima - Perú : s.n., 2011. pág. 85.
- Instituto Nacional de Defensa Civil (INDECI). 2006. Lima : s.n., 2006. pág. 81.
- Jaimes, Claudia Elizabeth Cervantes. 2016. Tesis Maestria: Generación De Mapas De Riesgo De Inundación Mediante Modelación En 2d. MÉXICO : s.n., 2016.
- Knight, D. W. 2013. *River Hydraulics*. 2013.
- LEGASSE, P. F., Schall, J. D., & Richardson, E. V. 2001. *Stream Stability at Highway Structures*. Washington : s.n., 2001.
- Maidment, David R.; Mays, Larry W. . 1994. USA : s.n., 1994.
- Monsalve Sáenz, G. 1999. *Hidrología en la Ingeniería*. Mexico : s.n., 1999.
- Morvan, h., Knight, D., Wright, N., Tang, X., Crossley, a. 2008. The concept of roughness in fluvial hydraulics and its formulation in 1D, 2D and 3D numerical simulation models. 2008.
- MTC, Ministerio De Transportes Y Comunicaciones. 2011. *Manual De Hidrología, Hidráulica y Drenaje*. Lima : s.n., 2011. pág. 202.
- Ollero Ojeda, Alfredo. 2014. *ALGUNOS APUNTES SOBRE LA DINÁMICA FLUVIAL*. Zaragoza - España : s.n., 2014.
- Ph. D. Ing. Ortiz Vera, Santos Oswaldo. 2016. Similitud Hidráulica de Sistemas Hidrológicos Altoandinos y Transferencia de Información Hidrometeorológico.

Tesis – Grado de Doctoris Philosophiae en Recursos Hídricos. Lima : s.n., 2016. pág. 99.

- Ponce, VM. 1994. *Engineering Hydrology*. USA : s.n., 1994.
- *Problemática de Inundaciones en Zonas Urbanas y Propuestas de Solución desde un Enfoque Matemático*. Rodríguez Varela José Manuel, Alcocer Yamanaka Víctor Hugo, Albornoz Góngora Pedro Misael, Llaguno Guilberto Oscar Jesús, Maldonado Silvestre Juan. 2014. Mexico : s.n., 2014, Secretaria de Medio Ambiente y Recursos Naturales, pág. 7.
- Ray K. Linsley. 2011. *Hidrología para Ingenieros*. Bogota - Colombia : s.n., 2011.
- Reporte de Zonas Críticas por Peligros Geológicos e Hidrológicos en la Región Cajamarca. (INGEMMET), Instituto Geológico Minero y Metalurgico. 2007. 2007.
- Rocha Felices, Arturo. 1998. *Introducción a la Hidráulica Fluvial*. Lima : s.n., 1998. pág. 285.
- Rocha, Arturo. 2003. Los Modelos Como Herramienta Valiosa Para El Diseño Hidráulico. LIMA : s.n., 2003.
- Rodriguez Vasquez, Hector Giovanni. 2012. Inundaciones en Zonas Urbanas, Medidas Preventivas y Correctivas, Acciones Estructurales y No Estructurales. México : s.n., 2012.
- *Similitud de Sistemas Hidrológicos. XVII Congreso Chileno de Hidráulica*. Ing. Ortiz Vera, Santos Oswaldo. 2007. Valparaiso Chile : s.n., 2007, Sociedad Chilena de Ingeniería Hidráulica.
- Solano Zuñiga, T. D., & Vintimilla Villavicencio, N. C. 2013. Estudio Fluviomorfológico del Río Vinces y Determinación de Áreas de Inundación de la Zona de Influencia del Proyect Pacalori Aplicando Hec-Georas. Cuenca : s.n., 2013.
- Temez, J. 1978. Calculo hidrometeorologico de caudales máximos en pequeñas cuencas. Madrid - España : s.n., 1978.
- *Texto Básico de Hidrología*. Gámez Morales, WR. 2009. Managua - Nicaragua : Editronic, 2009, pág. 150.
- VÉLEZ UPEGUI, JORGE JULIAN. 2008. MODELACIÓN HIDROLÓGICA DISTRIBUIDA EN LA CUENCA DEL RÍO LA MIEL . BOGOTÁ - COLOMBIA : s.n., 2008.
- Vide, Juan P. Martin. 2004. *Ingeniería de Ríos*. Mexico : Alfaomega, 2004.

- Villón Bejar, Máximo. 2012. *Hidrología Estadística*. Lima - Perú : s.n., 2012. pág. 430.
- Viramontes-Olivas, O. 2007. Morfometría de la Cuenca del Río. 2007.
- Wilhelm Neushaus, Sandra. 2013. Identificación de Factores que Limitan una Implementación Efectiva de la Gestión del Riesgo de Desastres a Nivel Local, En Distritos Seleccionados de la Región de Piura. Tesis Mag. LIMA : s.n., 2013.
- World Meteorological Organization, Urban Flood Risk Management (WMO). 2008. 2008.
- Yopez Silva, Cristian J. 2016. "Comportamiento de Máximas Avenidas y las Posibles Áreas de Inundación Producidas en la Quebrada Cruz Blanca para la Zona Urbana del Distrito de Cajamarca". CAJAMARCA - PERÚ : s.n., 2016.

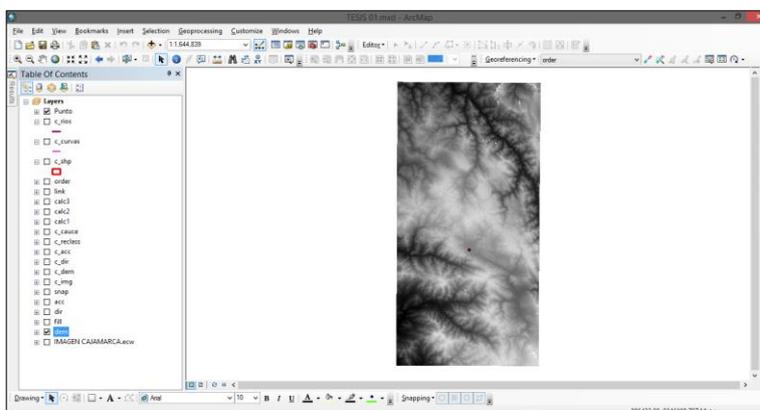
APÉNDICES

APÉNDICE I. Proceso para la delimitación de la Microcuenca Chinchinmarca

- **Modelo de Elevación Digital (DEM)**

Para la delimitación de la cuenca se obtuvo un DEM descargado del satélite de la Nasa, el cual tiene una resolución de 12.5 m por pixel, encontrando mejor precisión que las curvas de nivel que se tienen de las cartas nacionales del IGN. Así mismo con ayuda del software SASplanet, obtendremos una Ortofoto de la zona de estudio que nos ayudará a georreferenciar con mayor exactitud el punto emisor.

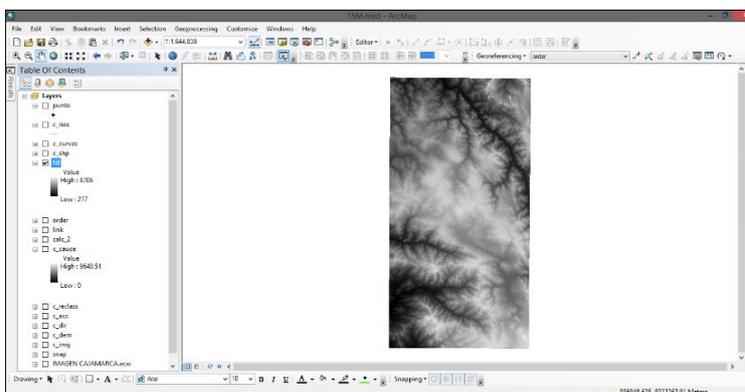
Figura N° 9: DEM de la zona de estudio.



- **Remoción de Depresiones (Relleno De Sumideros)**

Para poder trabajar sin ningún inconveniente con el DEM, es necesario que eliminemos las depresiones del terreno o vacíos para que no generen pérdidas en el proceso de la delimitación, Cuando este procedimiento haya rellenado las depresiones a través de partes de relieve se creará un archivo "Fill". (Así lo denomina el software Arcgis)

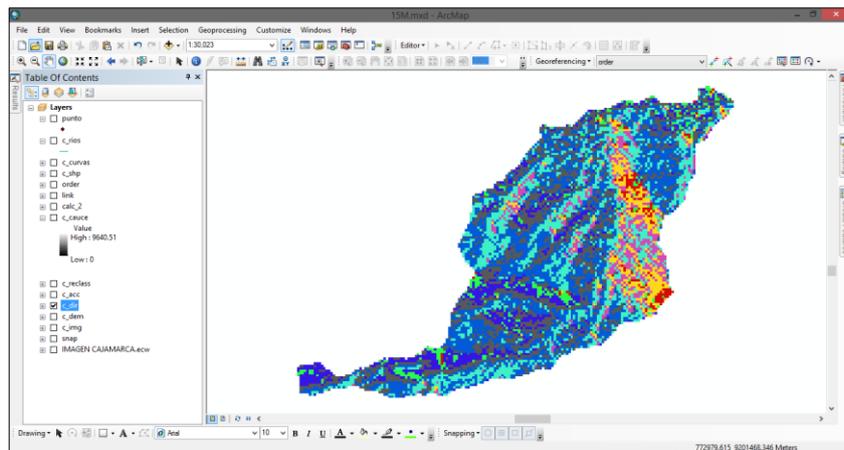
Figura N° 10: Uso de la Herramienta Fill.



- **Dirección de Flujo**

Es necesario conocer la dirección de flujo de nuestra cuenca “Flowdir” (denominado así por el software), este parámetro nos ayudará a calcular variables hidrológicas de interés, como lo son el área de drenaje de aguas arriba de cada pixel, nos ayudará a delinear las subcuencas, definirá la red de drenaje y determinará la longitud y pendiente de los tramos del río entre otros, para una mejor visualización se mostrará la imagen de la dirección de flujo en nuestra microcuenca estudiada.

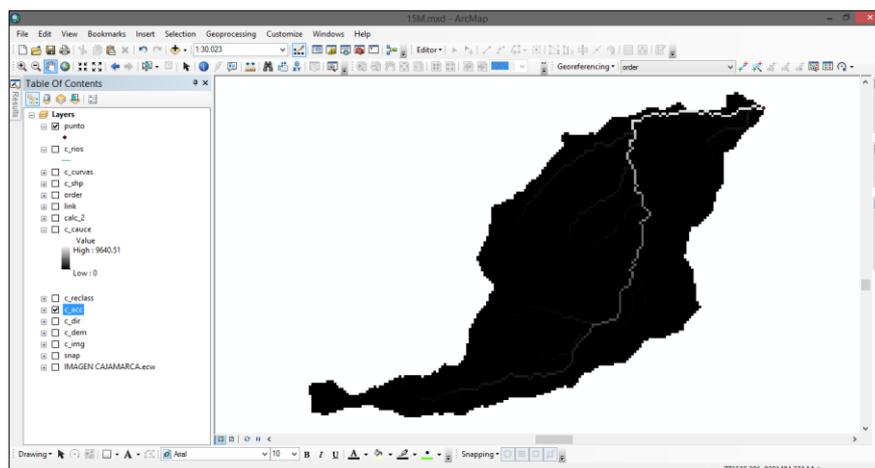
Figura N° 11: Uso de la Herramienta Flow Direction



- **Flujo Acumulado**

Ahora que tenemos la dirección del flujo, calculamos la acumulación de flujo, para ver que las líneas de flujo pasen por el punto de delimitación de la cuenca la acumulación que estamos designando eso dependerá de la calidad de DEM.

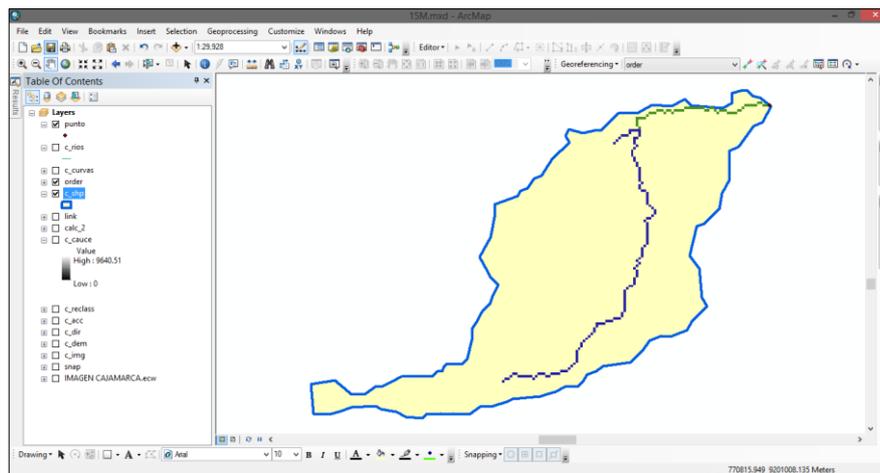
Figura N° 12: Uso de la Herramienta Flow Accumulation



- **Delimitación De La Cuenca**

Este paso se realizó la delimitación de nuestra cuenca de estudio, generando un polígono de la cuenca hidrográfica a partir de los raster obtenidos anteriormente (fill, dir, acc, y snap). El punto de salida lo definimos en el puente asignado, el cual se georeferenció y fue de gran ayuda para que se genere la cuenca. Con la ayuda de de “Watershed” logramos delimitar la cuenca y las subcuencas de la zona de estudio.

Figura N° 13: Delimitación de la cuenca.



APÉNDICE II. Proceso para el modelamiento hidráulico

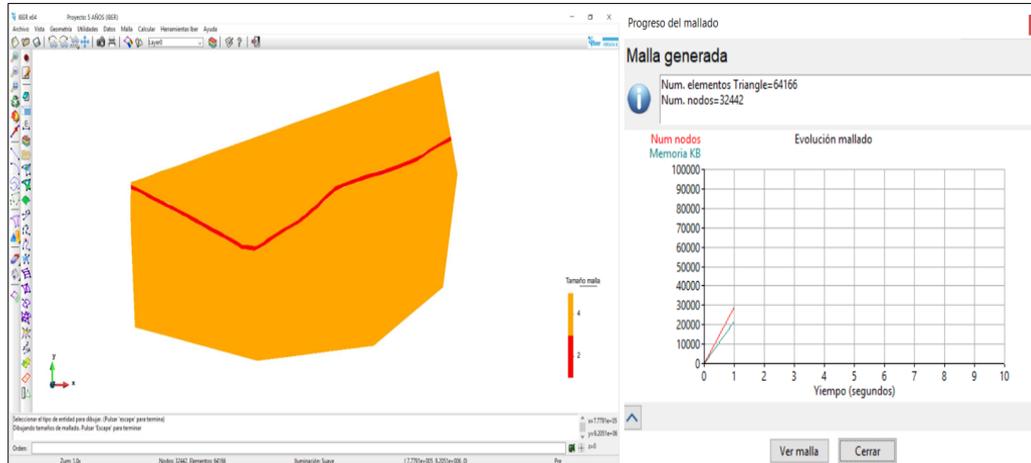
- **Pre – Proceso**

Introducción. La secuencia para desarrollar los modelos con Iber, se detallan de la siguiente forma: - Se deberá crear o importar una geometría. - Asignar parámetros de entrada (rugosidad de fondo, modelo de turbulencia, etc) - Asignar condiciones de contorno e iniciales. - Asignar opciones generales de cálculo (tiempo de cálculo, parámetros del esquema numérico, activación de módulos adicionales). – Construir una malla de cálculo. - Realizar el cálculo.

Crear o importar una geometría. Iber dispone de una interfaz en la cual se puede crear una geometría desde el inicio, dibujando puntos (directamente o entrando coordenadas), líneas y superficies, también se puede importar distintos formatos estándar (dxf, shapefile, entre otros) y modelos digitales del terreno en formato ASCII de Arcgis.

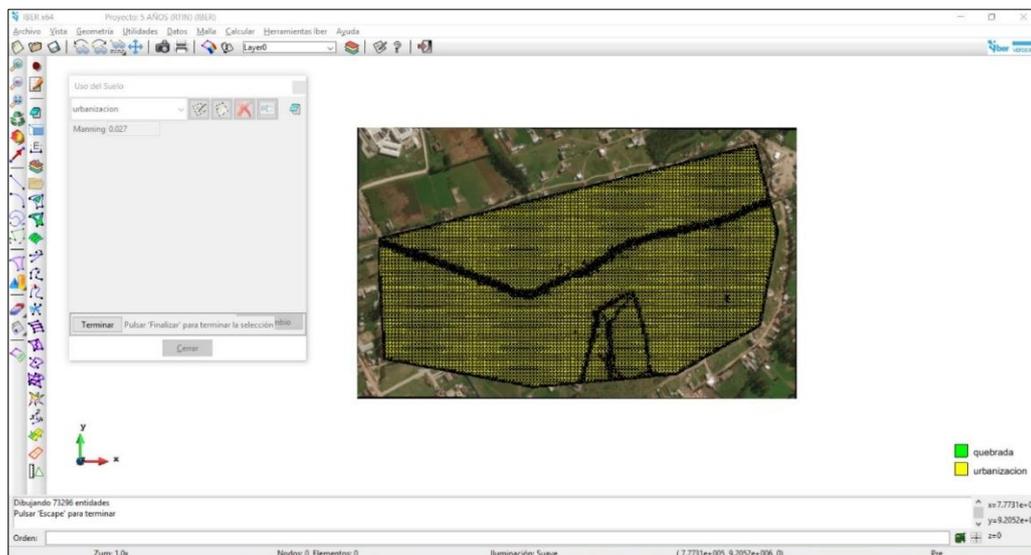
Malla de Cálculo. Se creó una malla no estructurada, a las zonas propensas a inundaciones se le asignó una malla e 4 m, al tramo de la quebrada se le asignó una malla de 2m.

Figura N° 14: Imagen de Generación de Malla



Rugosidad. En la rugosidad se asigna a través de un coeficiente de Manning. Es este caso se asignó un coeficiente de rugosidad para cada uso de suelo, los valores se tomaron de acuerdo a la tabla N° 9, es importante indicar que fue trascendental la asignación del número de Manning (n) a las áreas inundables, para ello se creó regiones con la ayuda del Software Arcgis, indicado por región de rugosidad característica de la zona estas rugosidades fueron asignadas automáticamente a la malla a través del formato ASCII creado en Arcgis.

Figura N° 15: Asignación de Rugosidad.



Modelo digital del terreno. Se asignó un modelo de elevación, el cual se trabajó con el software ArcGis y se guardó en formato ASCCI.

Tiempo e intervalo de simulación. Se asignó un tiempo máximo de simulación de 3000 segundos, para intervalos de resultados de 30 segundos.

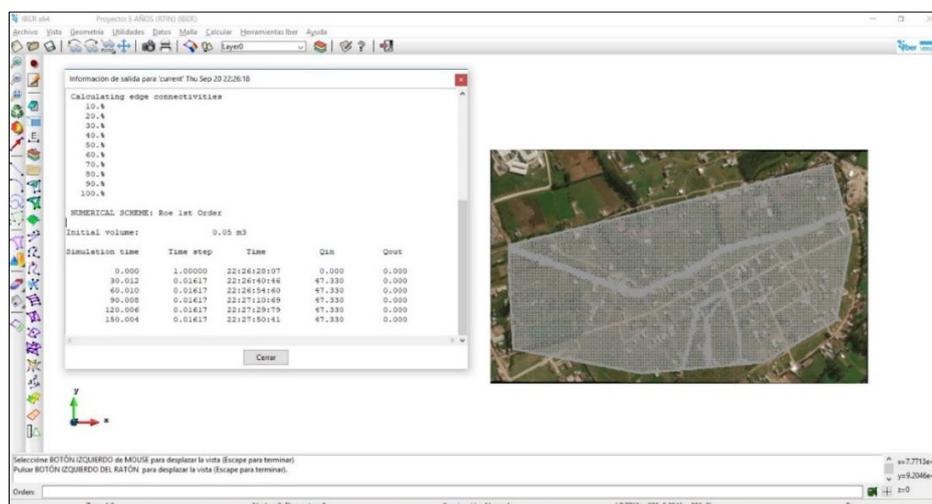
Condiciones de contorno. Se asignó las condiciones de contorno al modelo, para ello en la entrada se señaló que se puede presentar un régimen crítico/subcrítico y un caudal de ingreso correspondiente al caudal máximo. Y a la salida la condición de flujo supercrítico/crítico, y varias posibles salidas como la sección de la quebrada y las áreas de baja elevación agua debajo de la zona de estudio.

- **Proceso o Cálculo**

Ejecución de un cálculo. Para comenzar el cálculo, en primer lugar, se fijó los parámetros de cálculo, o datos del problema, mediante las distintas pestañas del menú Datos > Datos del problema. El cálculo comenzó con el menú Calcular. A través de dicho menú es posible iniciar directamente (Calcular > Calcular) acceder a la ventana de cálculo, (Calcular > Ventana de cálculo).

Esta segunda opción permite tener un mejor control del proceso de cálculo, o acceder al archivo que muestra el estado del proceso (Botón Ver salida), mientras el cálculo se está ejecutando. La ventana de información del proceso también se abre, durante el proceso o cuando éste ha finalizado, con el menú Calcular > Ver información del proceso. Es puede consultar dicha información para detectar posibles avisos de errores.

Figura N° 16: Proceso o cálculo Iber



- **Post Proceso**

Una vez finalizado el cálculo, o durante el mismo, se puede acceder al post proceso para visualizar y analizar los resultados. El cambio entre las interfaces de pre-proceso y post proceso se realiza mediante el menú Archivo >pos proceso y Archivo >pre - proceso, o mediante los botones correspondientes de la barra de herramientas.

Visualización de Resultados. Iber dispone de multitud de opciones para visualizar y analizar los resultados, personalizar los colores, las leyendas, mostrar etiquetas de valores, etc. Una opción para visualizar resultados es mediante el menú Ventana >ver resultados. La ventana que se abre permite acceder a los distintos grupos de resultados (o Análisis) que se pueden visualizar en cada instante de tiempo, como áreas coloreadas, áreas coloreadas suavizadas, o vectores.

Primer Escenario: Para un $Q = 71.11 \text{ m}^3/\text{s}$, $Tr = 975.29$ años, $R = 5\%$ y $n = 50$ años.

Figura N° 17: Tirantes de agua para un $Q = 71.11 \text{ m}^3/\text{s}$.

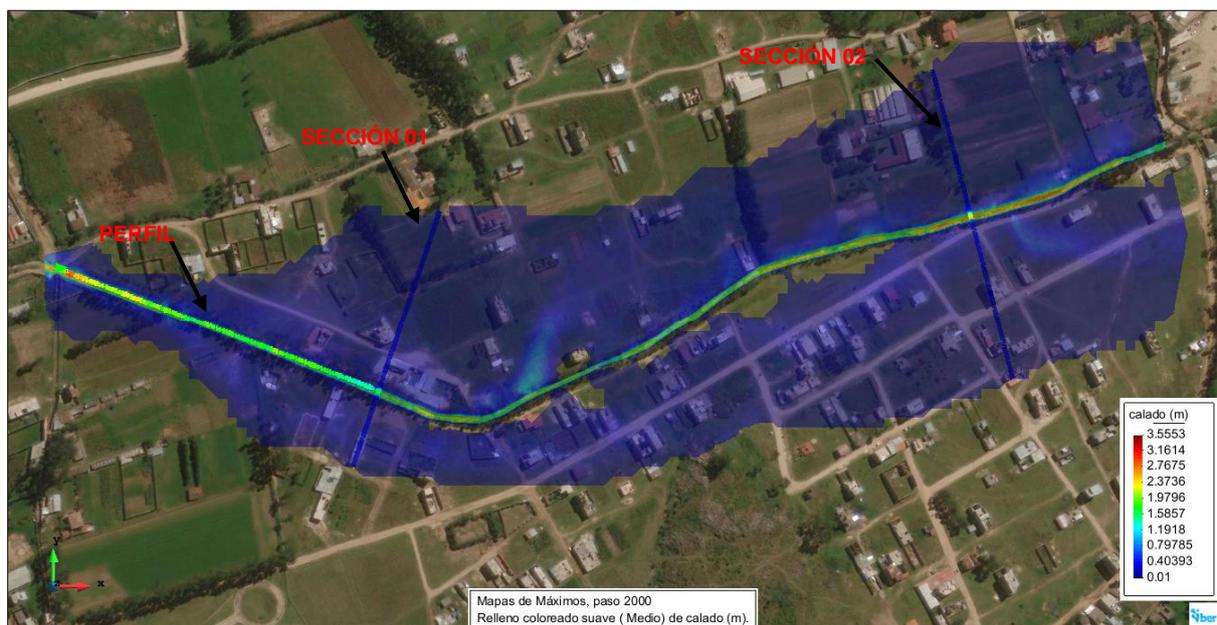
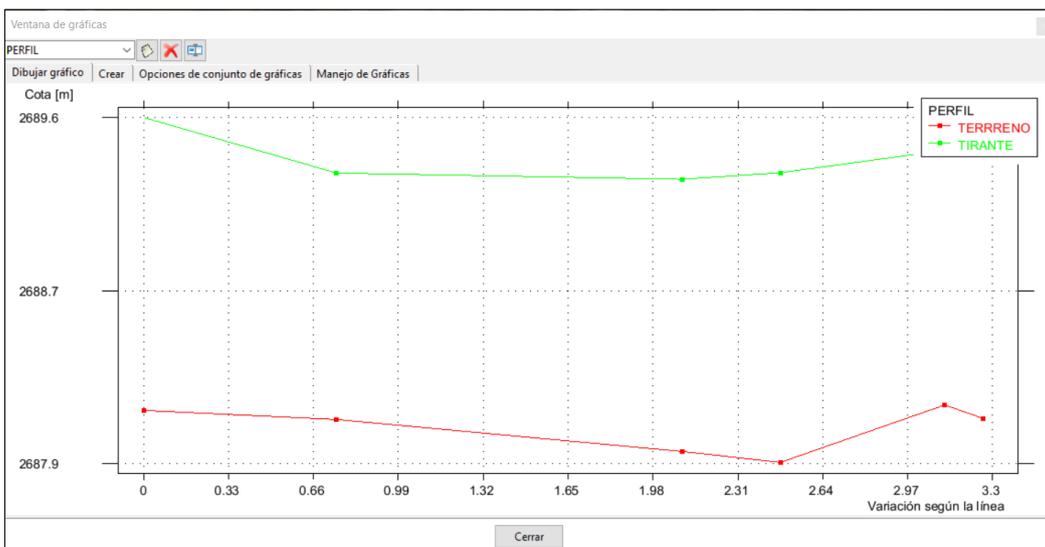
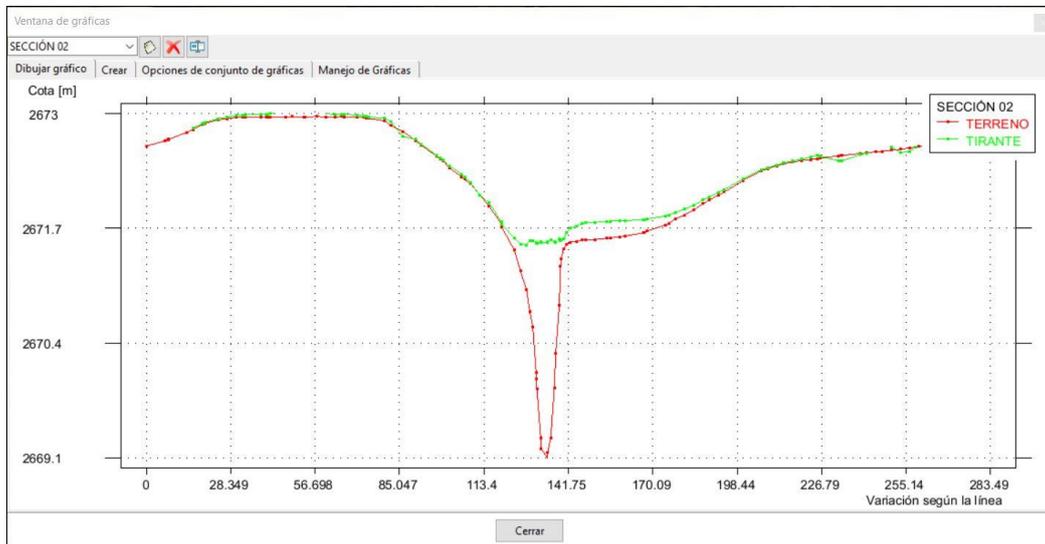
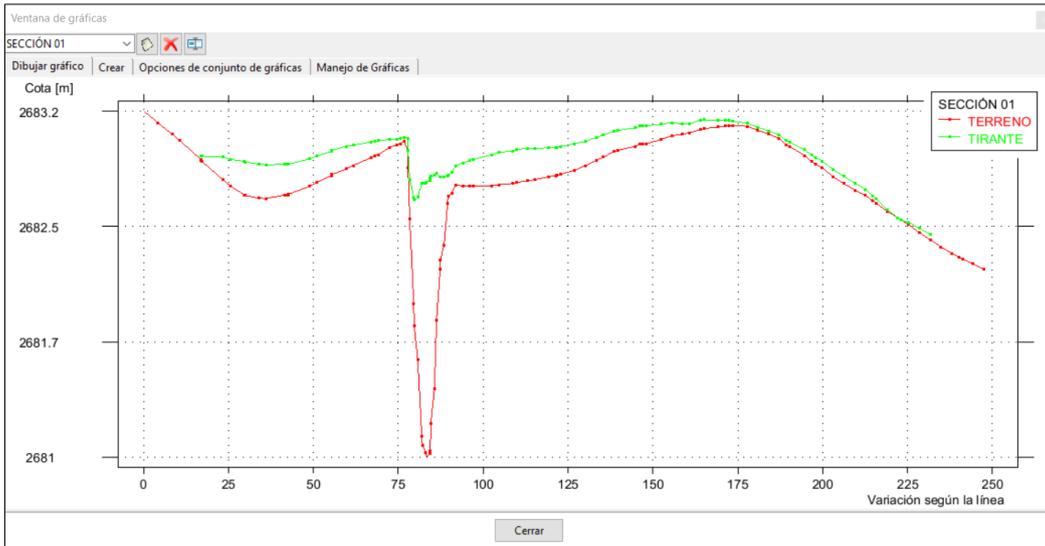
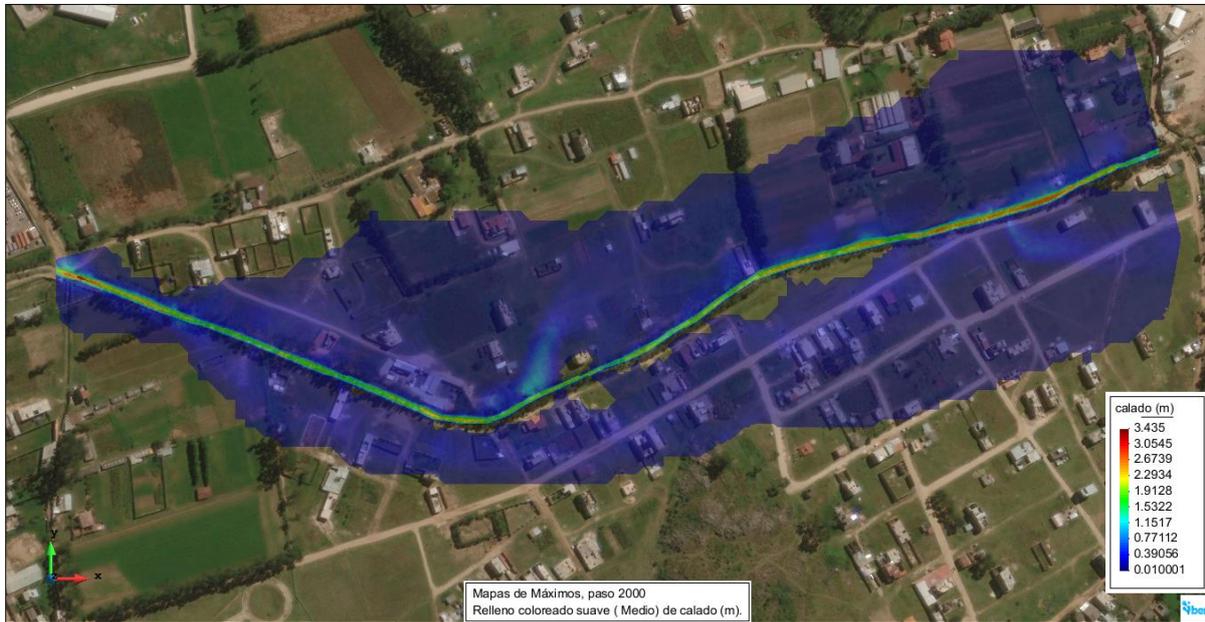


Figura N° 18. Secciones y Perfil del escenario N°01



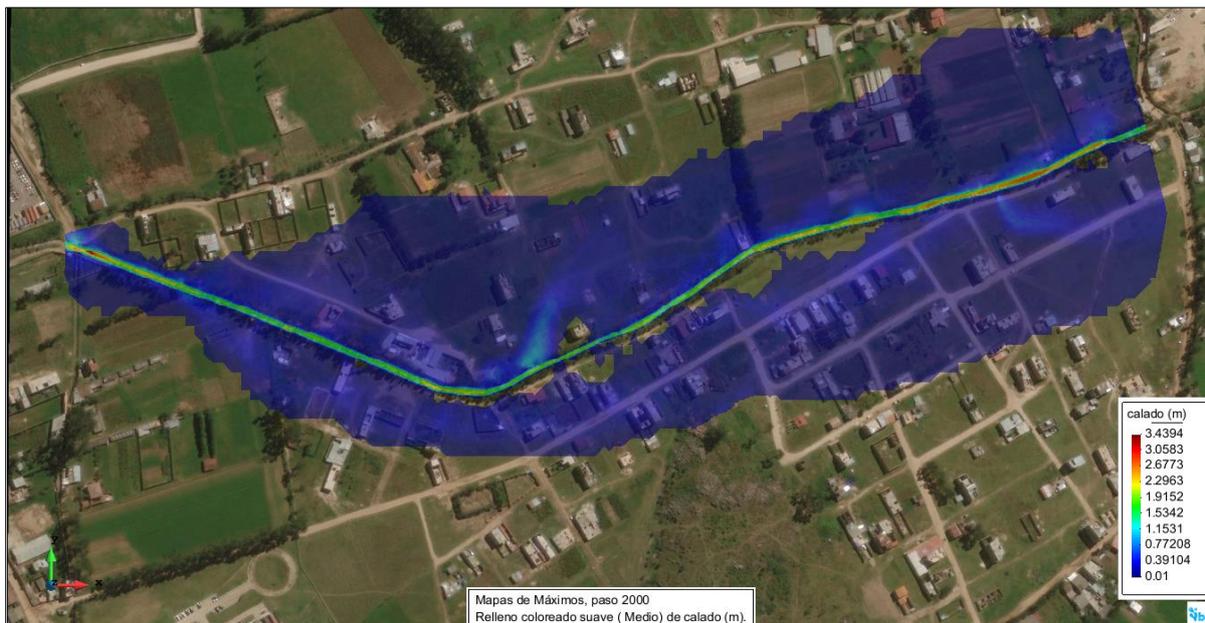
Segundo Escenario: Para un $Q = 66.09 \text{ m}^3/\text{s}$, $Tr = 475.06$ años, $R = 10\%$ y $n = 50$ años.

Figura N° 19: Tirantes de agua para un $Q = 66.09 \text{ m}^3/\text{s}$.



Tercer Escenario: Para un $Q = 63.24 \text{ m}^3/\text{s}$, $Tr = 308.16$ años, $R = 15\%$ y $n = 50$ años.

Figura N° 20: Tirantes de agua para un $Q = 63.24 \text{ m}^3/\text{s}$.



Creación de gráficos. Los gráficos creados de pueden gestionar con la ventana de gráficos (Ventana >ver gráficos) y se pueden exportar para abrirlos, por ejemplo, en Excel con Archivo >Exportar >Gráfico.

Exportar resultados en formato raster. Iber permite exportar la mayoría de los resultados en formato ASCII grid de Arc Info a través del menú Iber Herramientas > Resultados en Grid. Sólo se debe seleccionar un resultado, introducir el valor de un instante de tiempo y un tamaño de celda. Iber creará una carpeta dentro de la carpeta del proyecto actual (carpeta Grids of results), y dentro de la misma los archivos en formato ASCII de los resultados seleccionados en el instante de tiempo más próximo al solicitado.

APENDICE III. Parámetros Geomorfológico y Otros de la Microcuenca.

Tabla N° 23: Parámetros geomorfológicos.

Característica geomorfológica	Valor
Área (Km ²)	9.02
Perímetro (Km)	17.255
Longitud del cauce principal (Km)	9.641
Coefficiente de compacidad (Kc)	1.609
Factor de forma (Ff)	0.097
Pendiente de la cuenca (%)	27.68
Altitud media de la cuenca (msnm)	3025.831
Ancho Promedio (km)	0.936
Pendiente del cauce principal (%)	7.9
Coefficiente Orográfico	1.015
Rectángulo equivalente: (m)	a = 1.217
Rectángulo equivalente: (m)	b = 7.41
Relación de confluencias	2
Densidad de drenaje	0.781
Frecuencia de ríos	0.33
Tiempo de concentración (Ec. De Kirpich) (min)	60.5

Tabla N° 24: Longitud en Km de cada curva de nivel de la Microcuenca

Cota de curva	Longitud (m)	Longitud (Km)
2700	1877.746	1.878
2800	3215.805	3.216
2900	3992.417	3.992
3000	4229.601	4.23
3100	2862.083	2.862
3200	2639.997	2.64
3300	2618.256	2.618
3400	1115.338	1.115
3500	1505.195	1.505
3600	318.78	0.319
3700	411.973	0.412
3800	176.129	0.176
Suma:		24.963

Tabla N° 25: Porcentaje total de la Microcuenca.

Cota inf.	Cota sup.	Área parcial Km ²	$h(i)*A(i)$	L(i)	S(i)	$(L(i)^2)/S(i)^{0.5}$	Área sobre la cota	% del total
2672	2700	0.348	0.935	1.231	0.02275	8.161	8.671	3.86%
2701	2800	1.173	3.226	1.72	0.05756	7.169	7.498	13.01%
2801	2900	1.889	5.385	1.437	0.06889	5.475	5.609	20.95%
2901	3000	1.787	5.273	1.1	0.09	3.667	3.822	19.81%
3001	3100	1.019	3.108	0.35	0.28286	0.658	2.803	11.30%
3101	3200	0.799	2.517	0.59	0.1678	1.44	2.004	8.86%
3201	3300	0.611	1.986	0.41	0.24146	0.834	1.393	6.78%
3301	3400	0.413	1.384	0.342	0.28947	0.636	0.98	4.58%
3402	3500	0.37	1.277	0.713	0.13745	1.923	0.61	4.10%
3501	3600	0.37	1.314	0.71	0.13944	1.901	0.24	4.10%
3601	3700	0.13	0.475	0.708	0.13983	1.893	0.11	1.44%
3702	3800	0.099	0.371	0.255	0.38431	0.411	0.011	1.10%
3803	3830	0.011	0.042	0.075	0.36	0.125	0	0.12%
Totales :		9.019	27.293	9.641		34.293		

Tabla N° 26: Área parcial de la Microcuenca

Cota inf.	Cota sup.	Área parcial (Km²)	Área parcial (%)
2672	2700	0.348	3.859
2701	2800	1.173	13.006
2801	2900	1.889	20.945
2901	3000	1.787	19.814
3001	3100	1.019	11.298
3101	3200	0.799	8.859
3201	3300	0.611	6.775
3301	3400	0.413	4.579
3402	3500	0.37	4.102
3501	3600	0.37	4.102
3601	3700	0.13	1.441
3702	3800	0.099	1.098
3803	3830	0.011	0.122
Suma :		9.019	

Tabla N° 27: Número de Orden de la microcuenca

Orden de río	Número de ríos	Longitud (Km)	Longitud prom. (Km)	n(i)/n(i+1)	l(i)/l(i+1)
1	2	5.116	2.558	2	0
2	1	1.929	1.929	0	0.754
Totales :	3	7.045	Rc :	2	0.754

Figura N° 21: Curva Hipsométrica de la Microcuenca

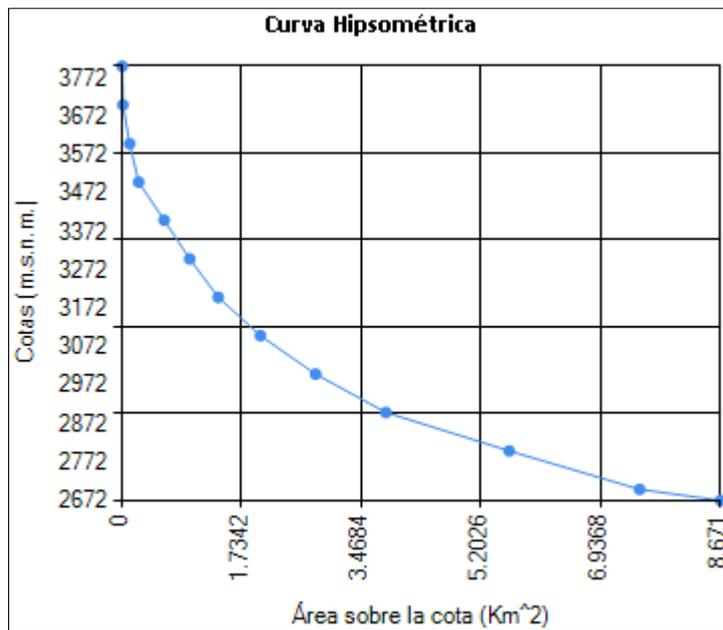
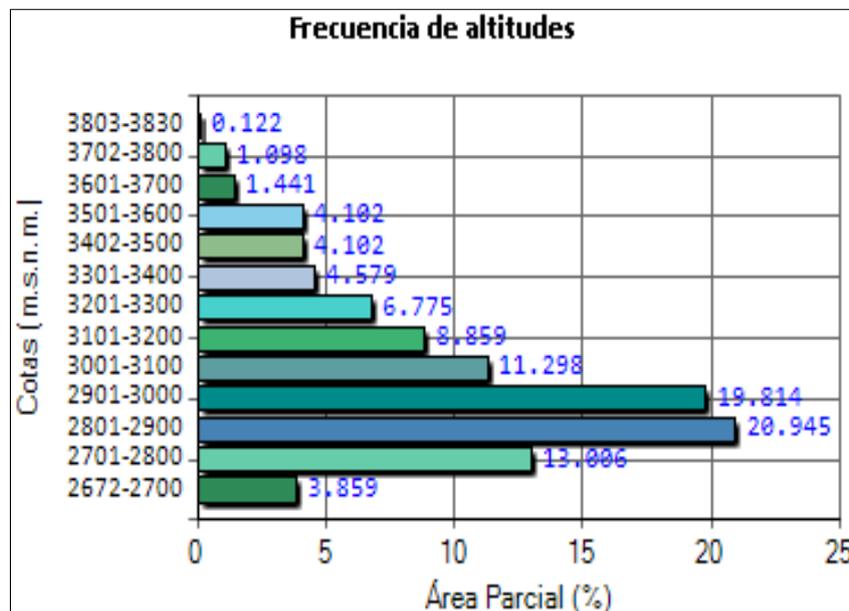


Figura N° 22: Frecuencia de Altitudes de la Microcuenca



APÉNDICE IV. Caudales Máximos en función del riesgo de falla, vida útil y tiempo de retorno.

Tabla N° 28: Caudales maximos en función del riesgo de falla, vida útil y tiempo de retorno.

N	R	Tr	Tc	lmax	C	Qmax(m3/s)
Años	%	Años	min	mm/h	Racional	Racional
50	1	4975.46	60.5	59.778	0.56	83.94
	2	2475.42	60.5	55.678	0.56	78.18
	5	975.29	60.5	50.641	0.56	71.11
	10	475.06	60.5	47.065	0.56	66.09
	15	308.16	60.5	45.036	0.56	63.24
	20	224.57	60.5	43.609	0.56	61.24
	25	174.30	60.5	42.498	0.56	59.68
	30	140.68	60.5	41.581	0.56	58.39
	40	98.38	60.5	40.095	0.56	56.30
	50	72.64	60.5	38.875	0.56	54.59
	60	55.07	60.5	37.795	0.56	53.07
	70	42.03	60.5	36.769	0.56	51.63
	80	31.57	60.5	35.714	0.56	50.15
	90	22.22	60.5	34.459	0.56	48.39
100	1.00	60.5	25.131	0.56	35.29	

APENDICE V. Coeficiente de Escorrentía de la Microcuenca.

Tabla N° 29: Coeficiente de Escorrentía

Ítem	a_ha	Pendiente	Cob_Veg	Cobertura	Coef_Esc	%_a	Esc.
0	0.844	SUAVE	Sin vegetación	Impermeable	0.65	0.03%	0.55
1	0.844	SUAVE	Cultivos	Semipermeable	0.45	0.03%	0.38
2	1.492	SUAVE	Sin vegetación	Impermeable	0.65	0.04%	0.97
3	1.492	SUAVE	Cultivos	Semipermeable	0.45	0.04%	0.67
4	0.605	SUAVE	Sin vegetación	Impermeable	0.65	0.02%	0.39
5	0.605	SUAVE	Cultivos	Semipermeable	0.45	0.02%	0.27
6	0.765	SUAVE	Sin vegetación	Impermeable	0.65	0.02%	0.50
7	0.765	SUAVE	Cultivos	Semipermeable	0.45	0.02%	0.34
8	3.447	SUAVE	Sin vegetación	Impermeable	0.65	0.10%	2.24
9	3.447	SUAVE	Cultivos	Semipermeable	0.45	0.10%	1.55
10	1.404	SUAVE	Sin vegetación	Impermeable	0.65	0.04%	0.91
11	1.404	SUAVE	Cultivos	Semipermeable	0.45	0.04%	0.63
12	0.574	SUAVE	Cultivos	Semipermeable	0.45	0.02%	0.26
13	0.739	ALTA	Cultivos	Semipermeable	0.65	0.02%	0.48
14	0.660	MEDIA	Cultivos	Impermeable	0.6	0.02%	0.40
15	0.660	MEDIA	Cultivos	Semipermeable	0.5	0.02%	0.33
16	1.070	ALTA	Cultivos	Impermeable	0.65	0.03%	0.70
17	0.537	ALTA	Cultivos	Impermeable	0.65	0.02%	0.35
18	0.537	ALTA	Cultivos	Semipermeable	0.55	0.02%	0.30
19	0.693	SUAVE	Cultivos	Semipermeable	0.45	0.02%	0.31
20	0.786	SUAVE	Cultivos	Semipermeable	0.45	0.02%	0.35
21	0.788	MEDIA	Cultivos	Impermeable	0.6	0.02%	0.47
22	0.644	ALTA	Cultivos	Impermeable	0.65	0.02%	0.42
23	0.644	ALTA	Cultivos	Impermeable	0.65	0.02%	0.42
24	0.644	ALTA	Cultivos	Semipermeable	0.55	0.02%	0.35
25	1.715	MEDIA	Bosques, Densa Vegetación	Impermeable	0.35	0.05%	0.60
26	1.715	MEDIA	Cultivos	Impermeable	0.6	0.05%	1.03
27	0.822	MEDIA	Bosques, Densa Vegetación	Impermeable	0.45	0.02%	0.37

Tabla N° 29. Continuación ...

Ítem	a_ha	Pendiente	Cob_Veg	Cobertura	Coef_Esc	%_a	Esc.
28	0.501	MEDIA	Bosques, Densa Vegetación	Impermeable	0.45	0.01%	0.23
29	0.501	MEDIA	Cultivos	Impermeable	0.6	0.01%	0.30
30	1.038	MEDIA	Bosques, Densa Vegetación	Impermeable	0.45	0.03%	0.47
31	0.590	PRONUNCIADA	Cultivos	Impermeable	0.7	0.02%	0.41
32	2.372	MEDIA	Cultivos	Impermeable	0.6	0.07%	1.42
33	2.747	MEDIA	Cultivos	Impermeable	0.6	0.08%	1.65
34	0.658	MEDIA	Bosques, Densa Vegetación	Impermeable	0.45	0.02%	0.30
35	1.538	MEDIA	Bosques, Densa Vegetación	Impermeable	0.45	0.05%	0.69
36	0.509	ALTA	Cultivos	Semipermeable	0.55	0.02%	0.28
37	2.818	MEDIA	Bosques, Densa Vegetación	Semipermeable	0.35	0.08%	0.99
38	2.818	MEDIA	Cultivos	Impermeable	0.6	0.08%	1.69
39	2.818	MEDIA	Cultivos	Semipermeable	0.5	0.08%	1.41
40	55.509	ALTA	Cultivos	Impermeable	0.65	1.64%	36.08
41	55.509	ALTA	Cultivos	Semipermeable	0.55	1.64%	30.53
42	0.597	MEDIA	Bosques, Densa Vegetación	Impermeable	0.45	0.02%	0.27
43	0.833	MEDIA	Bosques, Densa Vegetación	Impermeable	0.45	0.02%	0.37
44	0.833	MEDIA	Cultivos	Impermeable	0.6	0.02%	0.50
45	0.611	SUAVE	Cultivos	Impermeable	0.55	0.02%	0.34
46	0.611	SUAVE	Cultivos	Semipermeable	0.45	0.02%	0.28
47	0.588	MEDIA	Bosques, Densa Vegetación	Impermeable	0.45	0.02%	0.26
48	0.588	MEDIA	Bosques, Densa Vegetación	Semipermeable	0.35	0.02%	0.21

Tabla N° 29. Continuación ...

Ítem	a_ha	Pendiente	Cob_Veg	Cobertura	Coef_Esc	%_a	Esc.
49	0.896	PRONUNCIADA	Bosques, Densa Vegetación	Impermeable	0.55	0.03%	0.49
50	0.635	MEDIA	Bosques, Densa Vegetación	Impermeable	0.5	0.02%	0.32
51	6.171	MEDIA	Bosques, Densa Vegetación	Impermeable	0.5	0.18%	3.09
52	6.171	MEDIA	Cultivos	Impermeable	0.6	0.18%	3.70
53	1.207	ALTA	Cultivos	Impermeable	0.65	0.04%	0.78
54	1.207	ALTA	Cultivos	Semipermeable	0.55	0.04%	0.66
55	0.831	SUAVE	Cultivos	Impermeable	0.55	0.02%	0.46
56	1.907	ALTA	Bosques, Densa Vegetación	Impermeable	0.5	0.06%	0.95
57	167.668	MEDIA	Sin vegetación	Impermeable	0.7	4.97%	117.37
58	167.668	MEDIA	Bosques, Densa Vegetación	Impermeable	0.45	4.97%	75.45
59	167.668	MEDIA	Cultivos	Impermeable	0.6	4.97%	100.60
60	167.668	MEDIA	Cultivos	Impermeable	0.6	4.97%	100.60
61	167.668	MEDIA	Cultivos	Semipermeable	0.5	4.97%	83.83
62	1.077	MEDIA	Bosques, Densa Vegetación	Impermeable	0.45	0.03%	0.48
63	13.687	MEDIA	Bosques, Densa Vegetación	Impermeable	0.45	0.41%	6.16
64	13.687	MEDIA	Cultivos	Impermeable	0.6	0.41%	8.21
65	3.223	MEDIA	Cultivos	Impermeable	0.6	0.10%	1.93
66	0.719	ALTA	Cultivos	Semipermeable	0.55	0.02%	0.40
67	8.350	ALTA	Cultivos	Impermeable	0.65	0.25%	5.43
68	8.350	ALTA	Cultivos	Semipermeable	0.55	0.25%	4.59
69	1.162	PRONUNCIADA	Bosques, Densa Vegetación	Impermeable	0.55	0.03%	0.64
70	21.246	MEDIA	Cultivos	Impermeable	0.6	0.63%	12.75
71	21.246	MEDIA	Cultivos	Semipermeable	0.5	0.63%	10.62

Tabla N° 29. Continuación ...

Ítem	a_ha	Pendiente	Cob_Veg	Cobertura	Coef_Esc	%_a	Esc.
72	1.569	MEDIA	Bosques, Densa Vegetación	Impermeable	0.45	0.05%	0.71
73	1.569	MEDIA	Cultivos	Impermeable	0.6	0.05%	0.94
74	0.762	MEDIA	Cultivos	Impermeable	0.6	0.02%	0.46
75	2.293	ALTA	Bosques, Densa Vegetación	Impermeable	0.5	0.07%	1.15
76	0.562	ALTA	Bosques, Densa Vegetación	Impermeable	0.5	0.02%	0.28
77	0.511	SUAVE	Cultivos	Semipermeable	0.45	0.02%	0.23
78	1.111	ALTA	Cultivos	Semipermeable	0.55	0.03%	0.61
79	0.812	MEDIA	Bosques, Densa Vegetación	Impermeable	0.45	0.02%	0.37
80	0.812	MEDIA	Bosques, Densa Vegetación	Impermeable	0.45	0.02%	0.37
81	0.776	MEDIA	Bosques, Densa Vegetación	Impermeable	0.45	0.02%	0.35
82	0.776	MEDIA	Bosques, Densa Vegetación	Impermeable	0.45	0.02%	0.35
83	34.156	PRONUNCIADA	Bosques, Densa Vegetación	Impermeable	0.55	1.01%	18.79
84	34.156	PRONUNCIADA	Bosques, Densa Vegetación	Impermeable	0.55	1.01%	18.79
85	1.499	MEDIA	Bosques, Densa Vegetación	Impermeable	0.45	0.04%	0.67
86	1.607	MEDIA	Cultivos	Impermeable	0.6	0.05%	0.96
87	1.607	MEDIA	Cultivos	Semipermeable	0.5	0.05%	0.80
88	0.766	PRONUNCIADA	Bosques, Densa Vegetación	Impermeable	0.55	0.02%	0.42
89	0.766	PRONUNCIADA	Cultivos	Impermeable	0.7	0.02%	0.54

Tabla N° 29. Continuación ...

Ítem	a_ha	Pendiente	Cob_Veg	Cobertura	Coef_Esc	%_a	Esc.
90	18.335	ALTA	Cultivos	Impermeable	0.65	0.54%	11.92
91	18.335	ALTA	Cultivos	Semipermeable	0.55	0.54%	10.08
92	1.504	PRONUNCIADA	Bosques, Densa Vegetación	Impermeable	0.55	0.04%	0.83
93	4.489	PRONUNCIADA	Cultivos	Impermeable	0.7	0.13%	3.14
94	1.406	MEDIA	Bosques, Densa Vegetación	Impermeable	0.45	0.04%	0.63
95	6.829	PRONUNCIADA	Bosques, Densa Vegetación	Impermeable	0.55	0.20%	3.76
96	6.829	PRONUNCIADA	Bosques, Densa Vegetación	Impermeable	0.55	0.20%	3.76
97	2.208	ALTA	Cultivos	Impermeable	0.65	0.07%	1.44
98	0.537	MEDIA	Bosques, Densa Vegetación	Impermeable	0.45	0.02%	0.24
99	0.537	MEDIA	Cultivos	Impermeable	0.6	0.02%	0.32
100	1.158	PRONUNCIADA	Bosques, Densa Vegetación	Impermeable	0.55	0.03%	0.64
101	1.052	MEDIA	Bosques, Densa Vegetación	Impermeable	0.45	0.03%	0.47
102	1.052	MEDIA	Cultivos	Impermeable	0.6	0.03%	0.63
103	0.574	MEDIA	Bosques, Densa Vegetación	Impermeable	0.45	0.02%	0.26
104	0.574	MEDIA	Cultivos	Impermeable	0.6	0.02%	0.34
105	1.792	MEDIA	Cultivos	Impermeable	0.6	0.05%	1.08
106	1.792	MEDIA	Cultivos	Semipermeable	0.5	0.05%	0.90
107	1.211	SUAVE	Cultivos	Impermeable	0.55	0.04%	0.67
108	2.478	MEDIA	Cultivos	Impermeable	0.6	0.07%	1.49
109	1.002	MEDIA	Bosques, Densa Vegetación	Impermeable	0.45	0.03%	0.45
110	1.002	MEDIA	Cultivos	Impermeable	0.6	0.03%	0.60
111	44.078	MEDIA	Cultivos	Impermeable	0.6	1.31%	26.45

Tabla N° 29. Continuación ...

Ítem	a_ha	Pendiente	Cob_Veg	Cobertura	Coef_Esc	%_a	Esc.
112	44.078	MEDIA	Cultivos	Impermeable	0.6	1.31%	26.45
113	44.078	MEDIA	Cultivos	Semipermeable	0.5	1.31%	22.04
114	2.936	MEDIA	Bosques, Densa Vegetación	Impermeable	0.45	0.09%	1.32
115	2.936	MEDIA	Cultivos	Impermeable	0.6	0.09%	1.76
116	0.680	ALTA	Cultivos	Impermeable	0.65	0.02%	0.44
117	1.040	MEDIA	Cultivos	Impermeable	0.6	0.03%	0.62
118	23.658	MEDIA	Bosques, Densa Vegetación	Impermeable	0.45	0.70%	10.65
119	23.658	MEDIA	Cultivos	Impermeable	0.6	0.70%	14.19
120	23.658	MEDIA	Cultivos	Semipermeable	0.5	0.70%	11.83
121	0.749	ALTA	Cultivos	Impermeable	0.65	0.02%	0.49
122	4.182	ALTA	Cultivos	Impermeable	0.65	0.12%	2.72
123	1.091	MEDIA	Cultivos	Impermeable	0.6	0.03%	0.65
124	7.312	MEDIA	Cultivos	Impermeable	0.6	0.22%	4.39
125	7.357	MEDIA	Cultivos	Impermeable	0.6	0.22%	4.41
126	0.574	MEDIA	Cultivos	Semipermeable	0.5	0.02%	0.29
127	0.510	ALTA	Cultivos	Semipermeable	0.55	0.02%	0.28
128	13.033	PRONUNCIADA	Cultivos	Impermeable	0.7	0.39%	9.12
129	0.710	MEDIA	Cultivos	Impermeable	0.6	0.02%	0.43
130	0.733	ALTA	Cultivos	Semipermeable	0.55	0.02%	0.40
131	278.432	ALTA	Bosques, Densa Vegetación	Impermeable	0.5	8.25%	139.22
132	278.432	ALTA	Bosques, Densa Vegetación	Impermeable	0.5	8.25%	139.22
133	278.432	ALTA	Bosques, Densa Vegetación	Semipermeable	0.4	8.25%	111.37
134	278.432	ALTA	Cultivos	Impermeable	0.65	8.25%	180.98
135	278.432	ALTA	Cultivos	Impermeable	0.65	8.25%	180.98
136	278.432	ALTA	Cultivos	Semipermeable	0.55	8.25%	153.14
137	2.653	PRONUNCIADA	Cultivos	Semipermeable	0.6	0.08%	1.59
138	12.081	MEDIA	Cultivos	Semipermeable	0.5	0.36%	6.04
139	12.081	MEDIA	Cultivos	Impermeable	0.6	0.36%	7.25
140	12.081	MEDIA	Cultivos	Impermeable	0.6	0.36%	7.25
141	10.835	PRONUNCIADA	Cultivos	Impermeable	0.7	0.32%	7.58

Tabla N° 29. Continuación ...

Ítem	a_ha	Pendiente	Cob_Veg	Cobertura	Coef_Esc	%_a	Esc.
142	1.024	PRONUNCIADA	Cultivos	Impermeable	0.7	0.03%	0.72
143	2.724	MEDIA	Cultivos	Semipermeable	0.5	0.08%	1.36
144	1.171	MEDIA	Cultivos	Semipermeable	0.5	0.03%	0.59
145	2.750	MEDIA	Cultivos	Semipermeable	0.5	0.08%	1.37
146	2.750	MEDIA	Cultivos	Impermeable	0.6	0.08%	1.65
147	14.538	ALTA	Cultivos	Semipermeable	0.65	0.43%	9.45
148	3.642	MEDIA	Cultivos	Semipermeable	0.5	0.11%	1.82
149	49.702	ALTA	Cultivos	Semipermeable	0.55	1.47%	27.34
150	49.702	ALTA	Cultivos	Impermeable	0.65	1.47%	32.31
151	1.106	MEDIA	Cultivos	Semipermeable	0.5	0.03%	0.55
152	2.983	MEDIA	Cultivos	Semipermeable	0.5	0.09%	1.49
COEF. DE ESCORRENTÍA PONDERADO:							0.56

APENDICE VI. Curvas IDF de los escenarios trabajados.

Figura N° 23: Curva IDF para $Tr = 975.29$ años, $R = 5\%$ y $n = 25$ años.

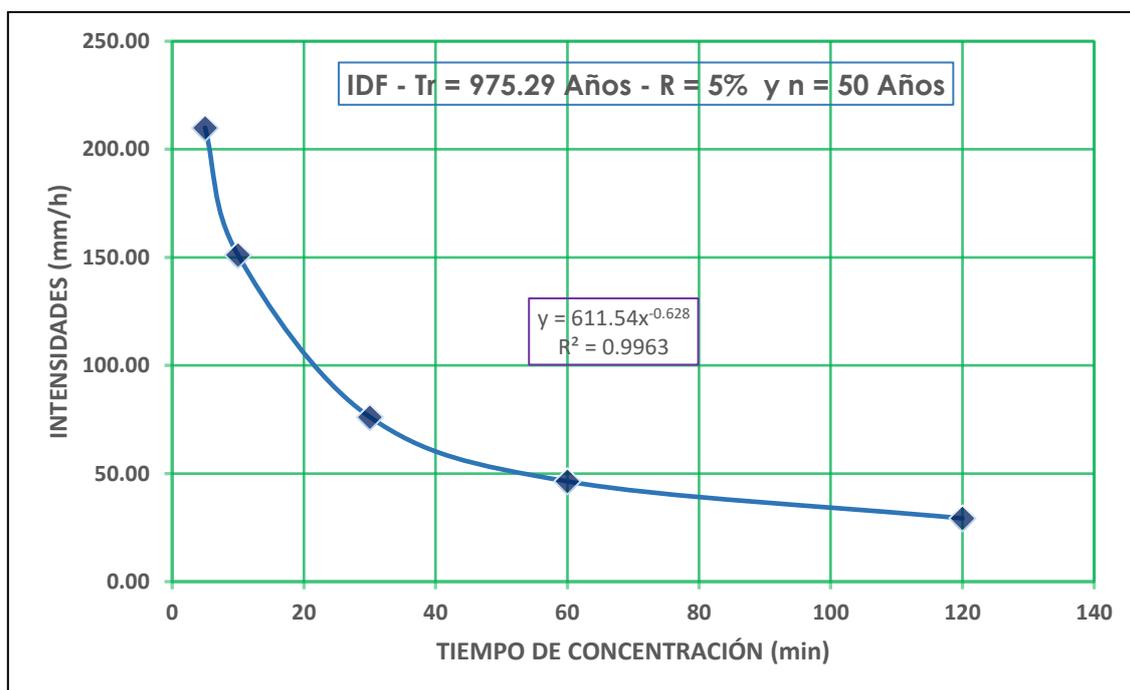


Figura N° 24: Curva IDF para $T_r = 475.06$ años, $R = 10\%$ y $n = 50$ años.

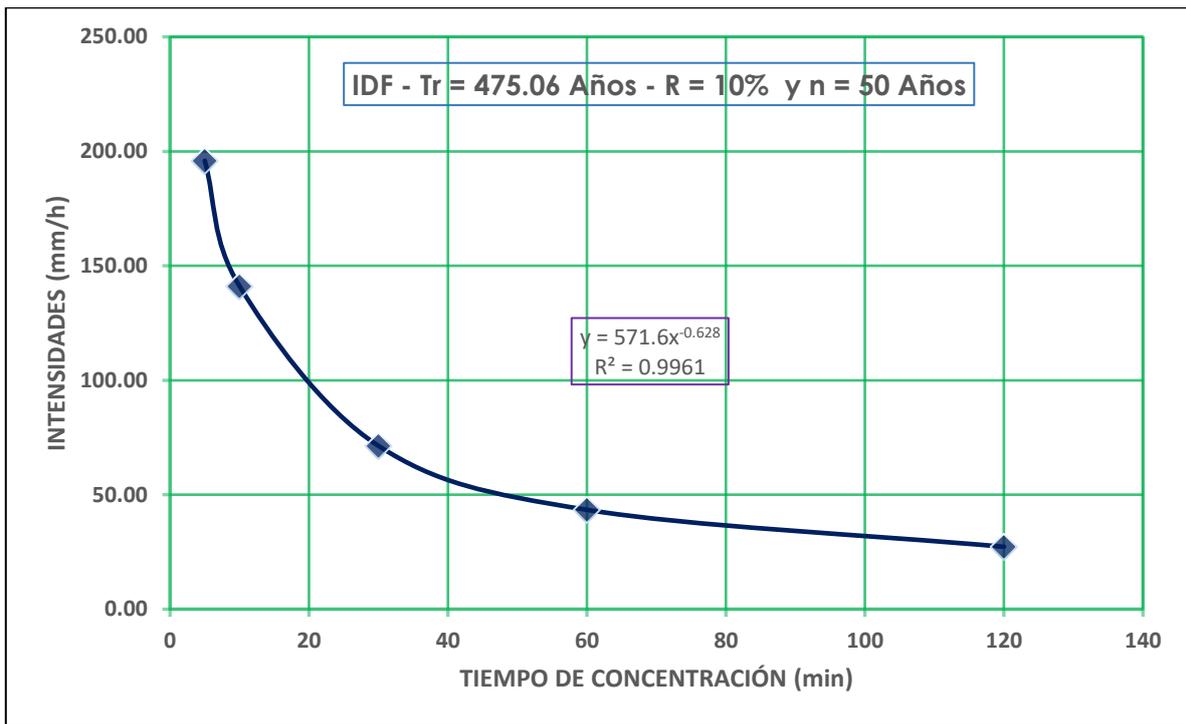


Figura N° 25: Curva IDF para $T_r = 308.16$ años, $R = 15\%$ y $n = 25$ años.

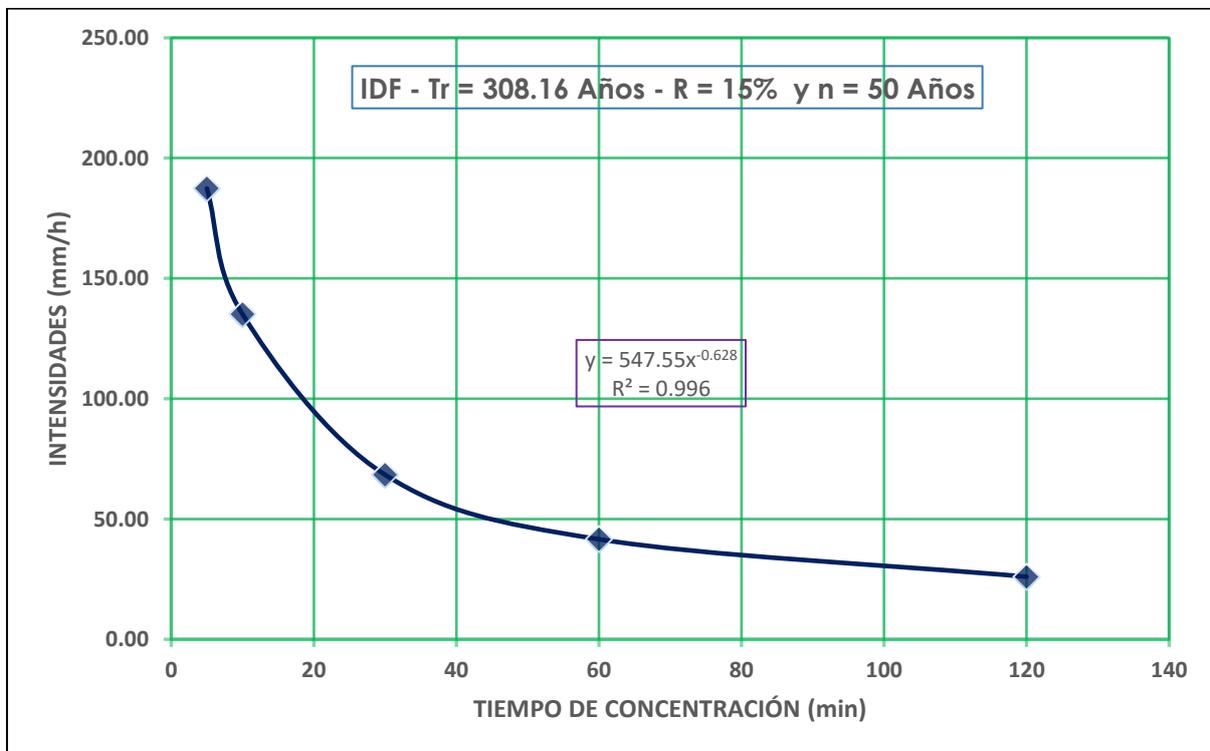


Figura N° 26: Delimitación de la Microcuenca

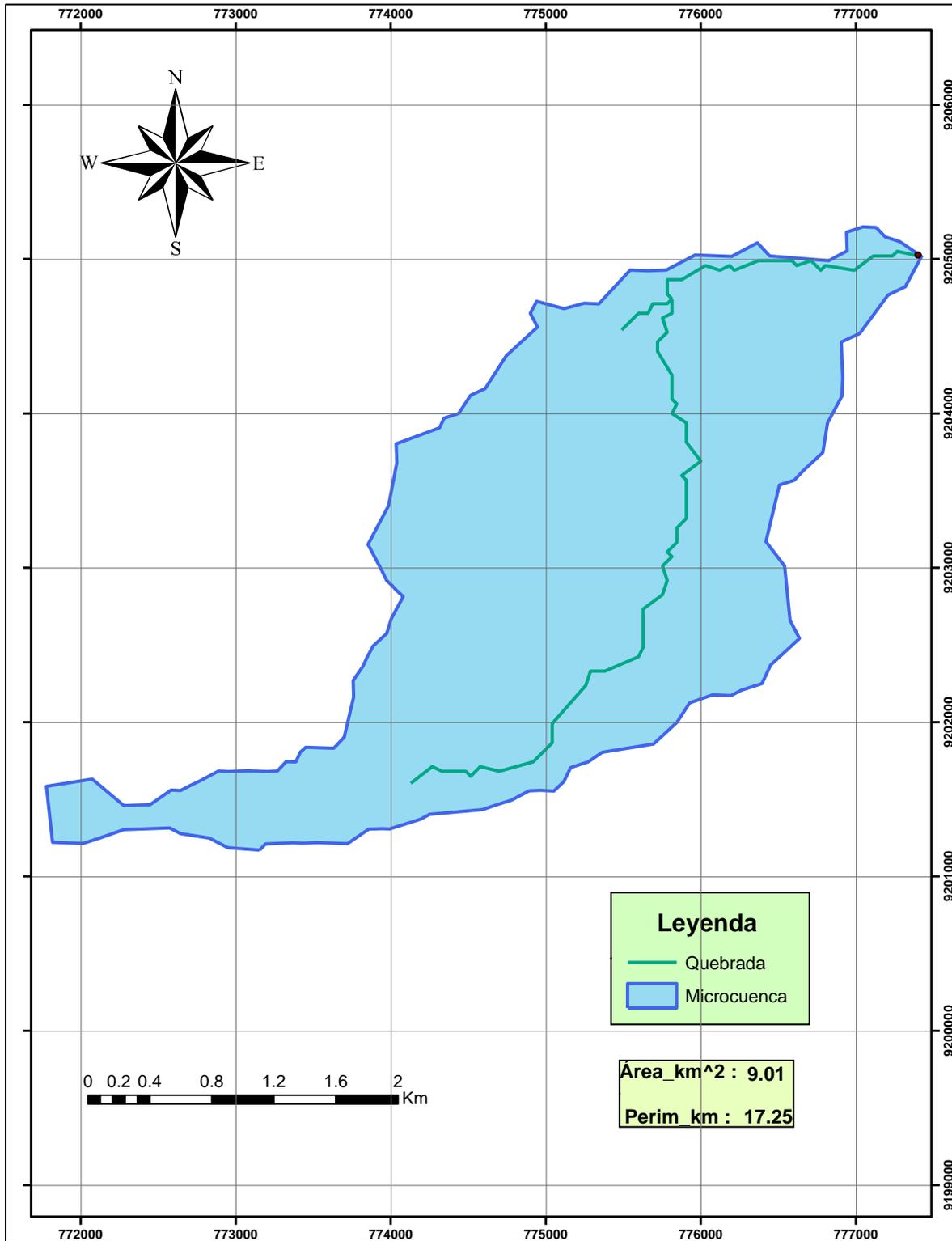


Figura N° 27: Cobertura de la Microcuenca

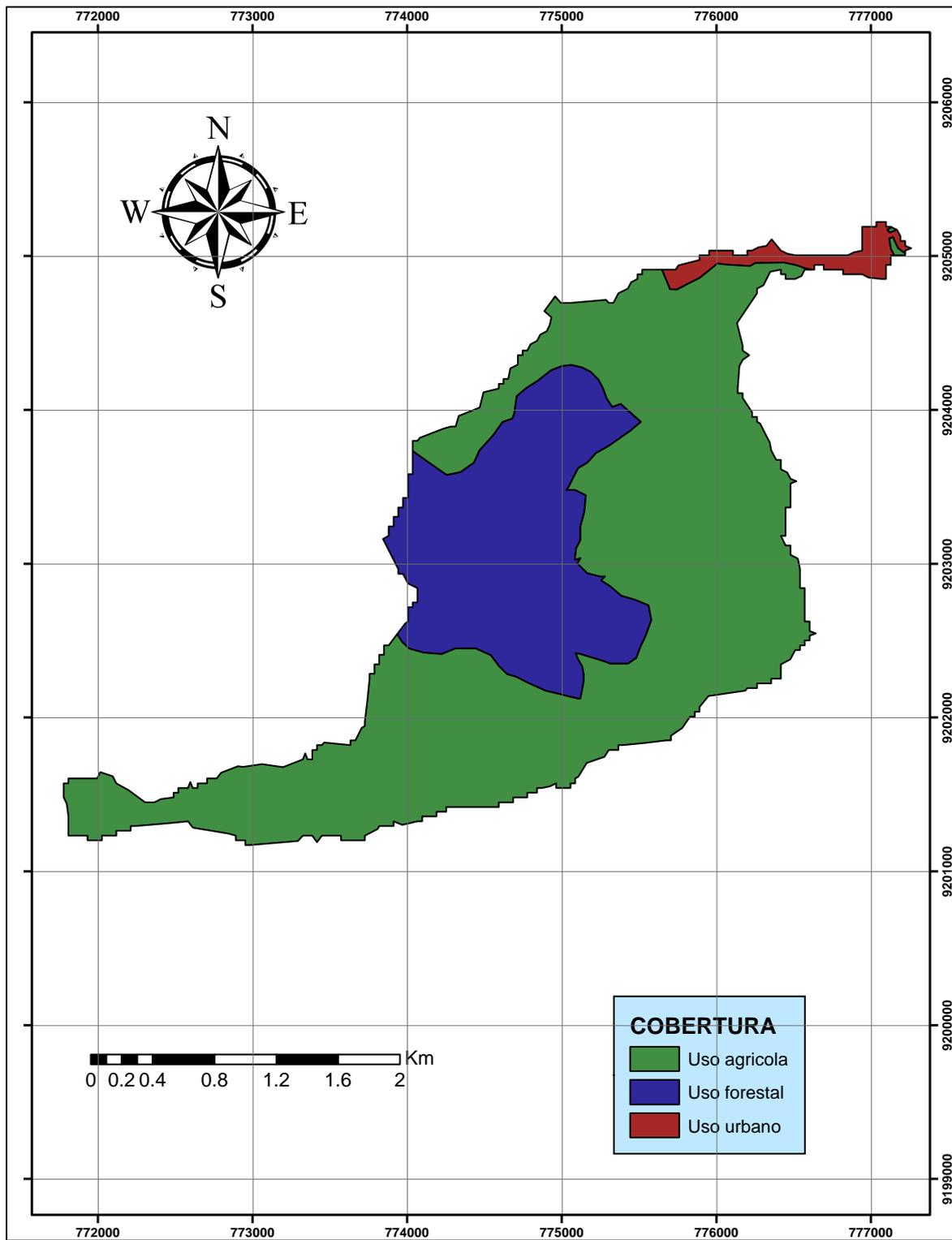


Figura N° 28: Pendientes de la Microcuenca

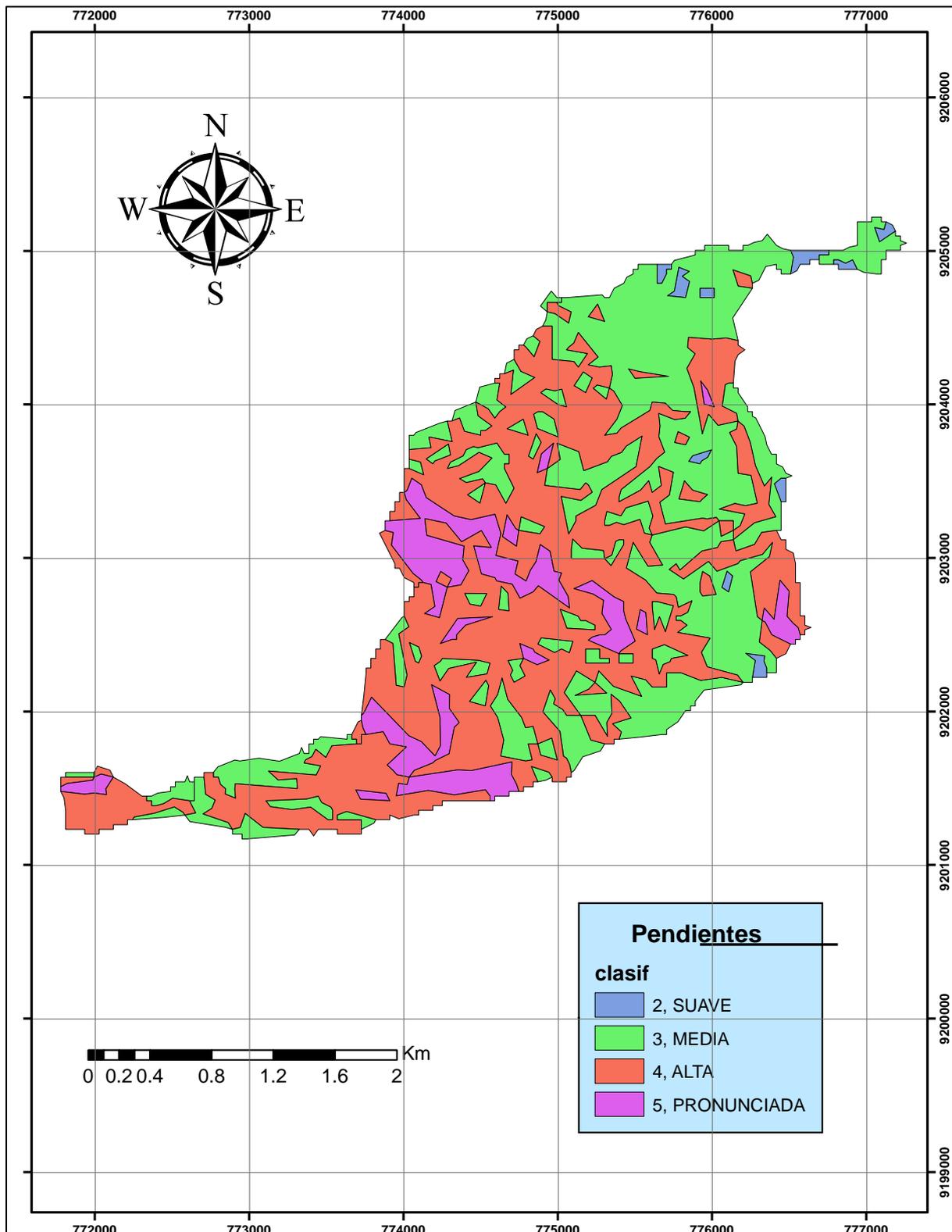
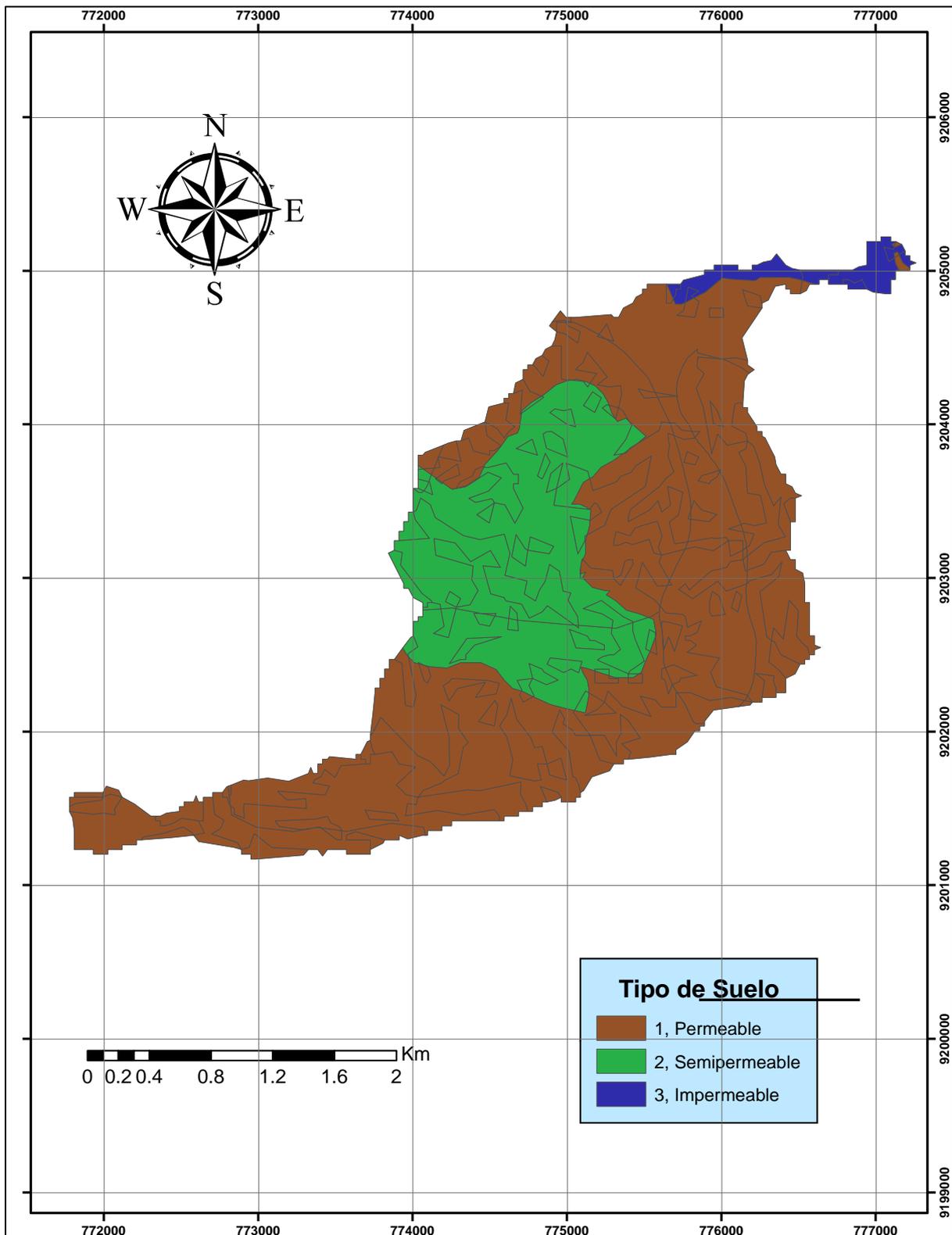


Figura N° 29: Tipo de Suelo de la Microcuenca



ANEXOS

ANEXO I: Levantamiento Topográfico.

Tabla N° 30: Levantamiento Topográfico.

PUNTO	ESTE	NORTE	ELEVACIÓN (m.s.n.m)
1	777440.09	9204931.32	2689.3876
2	777425.761	9204924.89	2690.18
3	777425.48	9204928.23	2690.1571
4	777434.689	9204928.19	2688.061
5	777435.137	9204923.73	2689.1563
6	777442.947	9204922.4	2689.2241
7	777443.145	9204925.93	2688.5072
8	777450.093	9204919.67	2689.3624
9	777450.841	9204923.25	2689.5103
10	777474.611	9204910.33	2688.5151
11	777474.781	9204912.78	2687.9801
12	777518.493	9204896.44	2686.6528
13	777517.792	9204893.85	2687.0074
14	777550.421	9204884.55	2686.3293
15	777549.119	9204882.01	2686.2316
16	777582.461	9204874.52	2685.4426
17	777581.333	9204872.29	2685.4453
18	777550.265	9204886.24	2684.9547
19	777518.74	9204897.49	2685.1085
20	777498.963	9204905.59	2685.8519
21	777477.739	9204912.78	2686.2207
22	777478.873	9204915.79	2686.2607
23	777479.491	9204917.11	2687.9052
24	777480.102	9204918.76	2688.1196
25	777451.607	9204924.43	2686.735
26	777452.063	9204927.38	2687.2856
27	777440.629	9204926.48	2687.153
28	777440.464	9204929.01	2687.5784
29	777424.449	9204929.88	2688.3845
30	777424.596	9204933.05	2688.3856
31	777433.417	9204934.63	2689.6918
34	777448.596	9204946.47	2689.688
35	777450.487	9204939.81	2689.5313
36	777450.636	9204928.89	2688.8811
37	777541.259	9204892.48	2684.721
38	777540.034	9204890.02	2684.733

Tabla N° 30. Continuación ...

PUNTO	ESTE	NORTE	ELEVACIÓN (m.s.n.m)
39	777497.158	9204909.16	2685.5431
40	777497.64	9204910.21	2687.2706
41	777510.411	9204905.78	2686.6999
42	777509.298	9204904.62	2685.1708
43	777535.596	9204898.55	2687.2268
44	777532.357	9204888.74	2686.7686
45	777533.827	9204895.57	2684.8859
46	777532.534	9204892.89	2684.7761
47	777556.612	9204888.6	2685.8909
48	777555.125	9204880.26	2686.1142
49	777557.069	9204887.09	2684.2291
50	777556.32	9204884.14	2684.4953
51	777592.64	9204871.04	2683.6183
52	777593.232	9204873.15	2683.6139
53	777592.137	9204868.97	2685.3156
54	777594.269	9204874.26	2685.0658
55	777619.982	9204859.63	2683.0704
56	777623.223	9204862.37	2683.9427
57	777623.598	9204861.4	2682.9532
58	777619.12	9204855.83	2684.4943
59	777622.772	9204860.2	2682.4999
60	777715.027	9204821.77	2680.7262
61	777743.227	9204813.21	2680.2451
62	777742.643	9204811.67	2679.8372
63	777741.909	9204810.11	2680.0524
64	777751.371	9204807.67	2679.6408
65	777751.729	9204808.72	2679.8565
66	777773.042	9204799.28	2681.9618
67	777710.001	9204826.07	2680.855
68	777717.378	9204825.6	2682.5577
69	777716.782	9204824.03	2680.8677
70	777642.683	9204850.63	2682.5827
71	777643.953	9204853.49	2682.4677
72	777714.542	9204818.89	2683.5088
73	777726.6	9204815.01	2682.4785
74	777739.284	9204810	2682.18
75	777755.326	9204802.97	2682.6546
76	777644.327	9204854.59	2684.213

Tabla N° 30. Continuación ...

PUNTO	ESTE	NORTE	ELEVACIÓN (m.s.n.m)
77	777663.983	9204841.74	2682.2483
78	777665.29	9204844.65	2682.247
79	777666.515	9204847.12	2684.167
80	777772.62	9204800.54	2679.2537
81	777763.55	9204801.84	2679.5731
82	777664.917	9204838.84	2684.1898
83	777687.567	9204832.46	2681.5332
84	777687.384	9204831.19	2682.5309
85	777688.487	9204835.68	2681.6107
86	777688.879	9204837.11	2682.7192
87	777754.585	9204804.68	2679.5461
88	777755.037	9204806.03	2679.5487
89	777755.32	9204807.77	2679.8984
90	777739.712	9204811.19	2680.228
91	777740.705	9204813.59	2679.9333
92	777740.989	9204814.5	2680.7161
93	777741.22	9204815.15	2682.2998
94	777726.556	9204816.57	2680.5269
95	777726.97	9204818.2	2680.4354
96	777727.897	9204819.52	2680.6479
97	777730.147	9204820.28	2682.4809
98	777781.641	9204798.56	2681.7573
99	777781.641	9204798.56	2681.7573
100	777756.208	9204809.43	2680.009
101	777752.374	9204809.26	2680.0384
102	777751.472	9204805.72	2679.6792
103	777764.85	9204807.08	2679.6895
104	777764.916	9204805.84	2679.5732
105	777764.801	9204804.37	2679.9141
106	777764.537	9204802.75	2679.294
107	777753.788	9204810.77	2681.5909
108	777772.341	9204806.23	2679.3417
109	777758.9	9204809.17	2681.6899
110	777772.636	9204804.09	2679.1994
111	777763.114	9204808.2	2681.4022
112	777772.692	9204803.02	2679.6388
113	777772.527	9204807.2	2681.1639
114	777772.393	9204801.5	2679.0029
115	777781.831	9204806.91	2680.9126

Tabla N° 30. Continuación ...

PUNTO	ESTE	NORTE	ELEVACIÓN (m.s.n.m)
116	777786.736	9204806.31	2680.9663
117	777778.426	9204806.05	2679.3999
118	777788.93	9204806.87	2681.1207
119	777778.067	9204803.45	2679.0826
120	777777.826	9204802.19	2679.5434
121	777777.396	9204799.45	2679.0637
122	777790.662	9204799.44	2678.8348
123	777790.835	9204801.71	2678.8758
124	777791.07	9204804.13	2678.7608
125	777794.813	9204804.32	2678.9399
126	777793.684	9204808.44	2680.961
127	777794.599	9204801.87	2678.7843
128	777787.165	9204798.56	2681.6934
129	777792.583	9204798.02	2681.5876
130	777802.235	9204800.59	2681.3614
131	777796.56	9204798.41	2681.6937
132	777795.252	9204805.94	2681.6008
133	777791.777	9204805.98	2681.4972
134	777804.777	9204796.88	2679.336
135	777801.628	9204789.13	2679.6482
136	777814.225	9204793.04	2679.3507
137	777762.612	9204792.84	2680.8041
138	777810.256	9204787.47	2679.3858
139	777779.622	9204787.71	2680.1859
140	777811.476	9204799.05	2679.4125
141	777812.264	9204804.91	2681.09
142	777818.027	9204806.85	2680.9545
143	777798.156	9204807.25	2680.998
144	777799.013	9204805.17	2678.7398
145	777799.747	9204802.95	2678.6076
146	777813.266	9204805.71	2678.3356
147	777812.263	9204805.23	2678.3366
148	777811.045	9204807.3	2678.3395
149	777810.225	9204809.2	2678.6039
150	777810.378	9204811.17	2681.5252
151	777817.346	9204807.95	2678.3337
152	777816.346	9204809.98	2678.0768
153	777815.154	9204811.87	2678.1862
154	777814.452	9204814.16	2680.6895

Tabla N° 30. Continuación ...

PUNTO	ESTE	NORTE	ELEVACIÓN (m.s.n.m)
155	777811.356	9204817.13	2679.2914
156	777831.616	9204815.14	2678.1633
157	777806.153	9204816.29	2679.4773
158	777830.847	9204817.04	2677.9136
159	777800.306	9204815.82	2679.3878
160	777829.324	9204820.18	2677.9343
161	777828.751	9204822.54	2680.2588
162	777827.105	9204827.08	2678.9452
163	777832.884	9204813.32	2680.253
164	777842.438	9204836.44	2678.6854
165	777844.96	9204829.1	2679.4993
166	777846.511	9204824.25	2677.6187
167	777846.776	9204821.8	2679.7723
168	777845.291	9204828.04	2677.6796
169	777846.473	9204826.02	2677.54
170	777925.353	9204860.95	2675.6844
171	777844.758	9204823.58	2677.6735
172	777844.186	9204825.46	2677.6259
173	777843.712	9204826.7	2677.698
174	777867.988	9204835.6	2677.2504
175	777869.934	9204833.27	2678.7441
176	777868.8	9204833.81	2677.1164
177	777867.471	9204836.63	2678.1464
178	777894.231	9204849.13	2676.2633
179	777896.821	9204845.82	2678.5428
180	777894.021	9204850.01	2677.6723
181	777895.611	9204846.67	2676.2783
182	777915.959	9204854.55	2675.8835
183	777914.86	9204857.7	2675.7415
184	777914.79	9204858.93	2678.0061
185	777916.999	9204853.73	2678.1521
186	777932.295	9204867.21	2675.7237
187	777933.087	9204865.43	2675.6171
188	777933.966	9204864.06	2675.4983
189	777953.969	9204881.65	2674.8465
190	777930.702	9204868.05	2677.7188
191	777955.671	9204878.88	2674.8386
192	777933.24	9204862.89	2677.4224
193	777956.472	9204877.43	2675.9906

Tabla N° 30. Continuación ...

PUNTO	ESTE	NORTE	ELEVACIÓN (m.s.n.m)
194	777971.19	9204890.99	2674.4324
195	777952.035	9204882.39	2677.1718
196	777972.071	9204889.7	2674.4338
197	777973.255	9204888.01	2674.4967
198	777970.862	9204892.65	2676.4689
199	777994.796	9204904.1	2675.6451
200	777996.773	9204905.33	2675.5812
201	777973.62	9204887.4	2676.3652
202	777994.302	9204908.79	2675.7689
203	777992.406	9204907.85	2675.8012
204	777993.804	9204904.97	2674.013
205	777992.385	9204907.03	2673.8298
206	778020.276	9204925.59	2673.0152
207	778021.298	9204923.09	2673.033
208	778039.438	9204931.97	2672.3253
209	778025.108	9204929.05	2672.9387
210	778024.854	9204930	2674.3257
211	778027.162	9204925.24	2672.9117
212	778027.687	9204923.98	2675.6132
213	778045.666	9204930.84	2674.4309
214	778044.091	9204934.49	2672.3093
215	778043.691	9204935.46	2675.2893
216	778075.024	9204943.23	2672.0269
217	778112	9204953.38	2671.2032
218	778074.717	9204944.38	2673.4581
219	778111.713	9204954.6	2673.728
220	778076.074	9204940.2	2672.0599
221	778076.152	9204939.63	2674.4334
222	778112.939	9204949.2	2671.6087
223	778112.751	9204948.37	2674.2868
224	778144.825	9204959.59	2670.5127
225	778145.348	9204956.27	2670.6097
226	778144.974	9204960.57	2673.0759
227	778145.007	9204955.48	2673.2469
228	778159.412	9204957.98	2670.0766
229	778158.245	9204962.65	2672.9948
230	778159.047	9204960.92	2670.0281
231	778254.278	9204984.28	2668.3217
232	778084.619	9204945.72	2672.0835

Tabla N° 30. Continuación ...

PUNTO	ESTE	NORTE	ELEVACIÓN (m.s.n.m)
233	778085.248	9204942.64	2672.13
234	778130.974	9204953.46	2671.3624
235	778131.617	9204951.47	2673.964
236	778116.331	9204949.03	2674.2158
237	778162.31	9204959.1	2670.2841
238	778161.637	9204962.23	2670.0677
239	778162.523	9204963.4	2672.919
240	778162.233	9204957.19	2672.974
241	778184.073	9204965.93	2669.5636
242	778183.916	9204968.64	2669.2671
243	778184.78	9204965.28	2672.528
244	778183.863	9204969.43	2671.8912
245	778213.804	9204972.91	2668.7253
246	778213.009	9204975.95	2668.743
247	778214.453	9204972.2	2671.4458
248	778212.999	9204976.9	2671.6588
249	778276.523	9204992.14	2671.0404
250	778276.799	9204993	2668.2306
251	778276.243	9204995.86	2668.2245
252	778276.147	9204996.93	2670.8422
253	778300.501	9205005.73	2668.1459
254	778300.8	9205004.81	2670.501
255	778300.094	9205008.41	2667.7534
256	778299.823	9205009.11	2670.4502
257	778311.462	9205008.25	2668.5276
258	778311.627	9205007.38	2669.5911
259	778308.581	9205008.92	2667.7863
260	778308.581	9205008.92	2667.7575
261	778298.906	9205003.1	2670.2499
262	778298.118	9205004.78	2668.1447
263	778297.38	9205007.81	2667.9471
264	778297.409	9205008.73	2670.602
265	778321.99	9205013.01	2669.7494
266	778321.173	9205014.84	2667.6126
267	778319.17	9205017.87	2667.5235
268	778318.49	9205018.5	2670.189
269	778332.861	9205018.36	2671.7297
270	778325.876	9205020.18	2667.534
271	778331.753	9205021.11	2667.3031

Tabla N° 30. Continuación ...

PUNTO	ESTE	NORTE	ELEVACIÓN (m.s.n.m)
272	778326.692	9205018.15	2667.5777
273	778352.885	9205029.99	2666.8169
274	778352.704	9205031.17	2668.2997
275	778354.625	9205026.65	2667.1682
276	778354.993	9205025.32	2669.5096
277	778370.722	9205037.79	2666.3971
278	778372.236	9205034.53	2666.4004
279	778370.648	9205038.4	2667.5279
280	778372.726	9205034.16	2669.1228
282	777462.961	9204937.34	2690.1
283	777473.866	9204956.4	2690.25
284	777511.972	9204930.65	2688.65
285	777510.634	9204916.57	2688.85
286	777480.884	9204872.19	2688.45
287	777587.534	9204858.4	2685.05
288	777684.583	9204825.01	2682.82
289	777693.747	9204845.35	2682.95
290	777690.038	9204838.68	2683.42
291	777864.402	9204842.68	2678.85
292	777793.356	9204814.77	2679.87
293	777832.327	9204747.44	2679.41
294	777891.782	9204856.54	2677.85
295	777968.762	9204895.11	2675.98
296	777950.175	9204884.55	2676.9
297	777995.324	9204891.17	2674.25
298	777998.166	9204893.66	2674.27
299	778154.163	9204938.2	2672.35
300	778180.842	9204952.7	2671.85
301	778203.83	9204962.5	2671.45
303	778294.822	9204993.69	2669.75
305	778378.401	9205029.15	2668.95
306	778354.455	9205072.28	2668.25
307	777742.307	9204909.99	2683.15
308	777424.196	9204937.8	2690.5
309	777433.156	9204942.77	2690.1
310	777449.721	9204902.47	2690.1
311	777446.811	9204877.12	2690.45
312	777491.624	9204890.24	2688.5
313	777538.501	9204906.57	2687.1

Tabla N° 30. Continuación ...

PUNTO	ESTE	NORTE	ELEVACIÓN (m.s.n.m)
314	777540.955	9204915.52	2687.08
315	777553.197	9204874.42	2686.18
316	777547.75	9204864.74	2686.15
317	777558.957	9204895.11	2685.75
318	777562.624	9204904.13	2685.61
319	777582.141	9204846.71	2685.01
320	777598.308	9204883.74	2684.96
321	777605.984	9204899.89	2684.91
322	777623.894	9204864.52	2684.43
323	777629.204	9204874.23	2683.83
324	777641.117	9204849.02	2684.13
325	777643.71	9204860.71	2684.23
326	777636.527	9204841.15	2683.813
327	777686.581	9204829.88	2683.531
328	777720.062	9204829.36	2682.18
329	777712.685	9204815.95	2682.95
330	777750.163	9204803.81	2682.755
331	777762.861	9204800.13	2682.36
332	777753.066	9204796.54	2681.26
333	777772.799	9204792.43	2680.62
334	777772.216	9204782.07	2680.58
335	777760.796	9204784.49	2680.48
336	777820.222	9204803.13	2679.212
337	777834.656	9204810.04	2679.15
338	777849.326	9204818.46	2678.772
339	777866.776	9204838.08	2679.146
340	777870.991	9204831.59	2679.146
341	777893.478	9204851	2678.472
342	777919.386	9204849.86	2677.152
343	777936.31	9204858.54	2676.52
344	777913.02	9204863.2	2677.852
345	777957.476	9204876.02	2676.191
346	777959.957	9204872.51	2675.5
347	777975.883	9204883.41	2675.365
348	778045.334	9204931.74	2672.39
349	778043.006	9204937.26	2675.89
350	778047.758	9204927.46	2673.699
351	778075.6	9204945.5	2674.28
352	778076.533	9204938.19	2674.58

Tabla N° 30. Continuación ...

PUNTO	ESTE	NORTE	ELEVACIÓN (m.s.n.m)
353	778130.631	9204956.77	2671.432
354	778130.618	9204958.45	2673.962
356	777851.067	9204896.67	2679.085
357	778329.656	9205023.22	2671.65
358	778015.555	9204857.72	2674.17
359	778083.934	9204897.28	2673.67
360	777918.347	9204797.52	2677.67
363	778369.305	9205040.96	2668.98
364	778363.26	9205049.03	2668.328
366	778036.645	9204802.63	2674.28
367	778116.498	9204848.05	2673.81
368	778179.588	9204894.52	2673.35
369	777978.175	9204725.26	2702.95
370	777980.12	9204570.36	2715.58
371	778068.155	9204687.26	2674.54
372	777934.531	9204676.72	2680.15
373	777983.76	9204673.28	2707.55
374	777864.67	9204708.29	2679.5
376	777733.339	9204714.04	2682.72
377	777630.312	9204680.97	2685
378	777618.781	9204768.02	2684.65
379	777702.482	9204766.52	2682.75
380	777466.489	9204820.24	2688.65
381	777536.289	9204810.5	2686.52
382	777428.884	9204716.02	2690.75
383	777520.056	9204709.83	2686.75
384	777437.76	9204629.2	2691.1
385	778190.39	9204885.14	2673.38
386	778139.131	9204794.56	2673.8
388	778216.952	9204844	2673.1
390	778162.795	9204741.92	2673.81
392	778258.501	9204794.42	2671.9
393	778306.488	9204948.34	2669.84
394	778237.61	9204909.09	2671.85
395	778347.618	9204878.72	2669.58
396	778342.499	9204824.75	2669.5
398	778343.562	9204772.85	2670.52
406	778188.425	9204683.24	2673.61
407	778130.819	9204652.84	2674.15

Tabla N° 30. Continuación ...

PUNTO	ESTE	NORTE	ELEVACIÓN (m.s.n.m)
409	778073.924	9204609.02	2675.5
410	778286.784	9204742.54	2673.11
413	778272.006	9204851.72	2671.65
414	778388.165	9204986.88	2668.45
415	778388.978	9204839.46	2669.85
416	778349.075	9204715.59	2672.15
417	778057.34	9204921.14	2673.85
418	778142.819	9204945.62	2672.58
419	777471.007	9204690.93	2689.1
420	777697.487	9204643.76	2683.15
421	777813.637	9204629.13	2680.75
422	777730.531	9204541.92	2683.5
423	777901.097	9204541.99	2680.25
424	777567.501	9204974.37	2686.89
425	777674.643	9204992.21	2684.5
426	777562.737	9204941.49	2687.1
427	777647.933	9204925.73	2684.11
428	777670.789	9204960.64	2684.05
429	777619.376	9204930.77	2685.012
431	777676.579	9204866.79	2684.15
432	777697.166	9204907.5	2684.05
434	777723.061	9205016.05	2684.1
435	777712.8	9204958.17	2683.85
436	777685.665	9205000.62	2684.15
437	777785.918	9205042.02	2681.58
438	777808.36	9204997.4	2680.54
439	777884.398	9205071.63	2680.81
441	777938.762	9205051.56	2679.85
443	777829.452	9204946.64	2679.15
444	777772.102	9204862.31	2682.86
446	777898.435	9204973.68	2677.75
447	777908.752	9204918.75	2677.89
448	777910.738	9204871.95	2677.95
449	777955.478	9205091.38	2677.54
450	777960.846	9204999.63	2676.02
451	777982.239	9204948.1	2675.886
452	777994.472	9204917.2	2675.82
453	778042.218	9205116.2	2674.95
454	778050.183	9205021.58	2674.68

Tabla N° 30. Continuación ...

PUNTO	ESTE	NORTE	ELEVACIÓN (m.s.n.m)
455	778057.379	9204970.52	2674.89
456	778115.342	9205119.76	2673.85
457	778123.696	9205087.03	2673.68
458	778184.141	9205055.38	2673.58
459	778146.003	9204992.09	2673.5
460	778205.481	9205146.63	2671.45
461	778215.96	9205088.63	2671.75
462	778226.753	9205038.28	2671.54
463	778222.537	9205009.44	2671.85
464	778270.749	9205025.98	2670.58
465	778267.151	9205084.24	2670.38
466	778255.908	9205165.72	2671.25
467	778324.11	9205181.12	2668.45
468	778340.721	9205152.41	2668.28
469	778354.668	9205124.29	2668.23
470	778355.453	9205093.06	2668.378
472	778287.381	9205151.97	2670.47
473	778353.083	9204924.91	2669.25
474	777677.382	9204587.17	2683.85
476	778007.1	9205042.74	2675.58
477	778047.145	9205073.35	2674.37
478	777586.326	9204720.45	2685.4
479	777955.115	9204762.62	2677.85
480	777981.115	9204803.19	2676.95
481	778015.642	9204798.98	2674.68
482	778247.979	9204796.79	2673.15
484	778316.599	9204742.51	2672.012
485	778138.871	9204590.59	2674.35
486	778266.476	9204666.4	2673.54
487	777655.239	9204802.4	2683.1
488	777659.22	9204729.09	2683.65
489	777716.125	9204741.99	2682.9
490	777708.118	9204793.86	2682.65
491	777778.203	9204760.67	2680.65

ANEXO II. Panel Fotográfico



Figura N° 30: Fotografía de tramo de la Quebrada Chinchinmanrca.



Figura N° 31: Fotografía del primer puente que se encuentra en la zona de estudio.
También indica hasta donde llega el nivel del agua.



Figura N° 32: Fotografía del segundo puente en la zona de estudio.



Figura N° 33: Fotografía de expansión urbana en la lotización 2010.



Figura N° 34: Fotografía de expansión urbana en la Lotización Civil Las Begonias



Figura N°35 y N° 36: Fotografías de levantamiento topográfico y toma de puntos de la sección de la Quebrada.



Figura N°37 y N° 38: Fotografías de las secciones de la quebrada donde se realizó el levantamiento topográfico.

ANEXO III. Planos