

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABAD DEL  
CUSCO**

**FACULTAD DE INGENIERÍA GEOLÓGICA, MINAS Y METALÚRGICA  
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA GEOLÓGICA**



---

**EVALUACIÓN HIDROLÓGICO E HIDRÁULICO CON EL MODELO IBER  
PARA DETERMINAR EL RIESGO POR INUNDACIÓN EN LA POBLACIÓN  
RIBEREÑA AL RIO QOCHOQ, PROVINCIA CALCA - REGIÓN CUSCO 2017**

---

***PRESENTADO POR:***

***Bachiller: Mayumi Naisha Sequeiros Cuba***

***Bachiller: Susan Lucero Farfán Encalada***

***Para optar el Título Profesional de Ingeniero***

***Geólogo***

***ASESOR: Ing. Édison Santiago Mattos Ojeda***

***CUSCO-PERÚ***

***2019***



## DEDICATORIA

*Esta tesis está dedicada a:*

*A **Dios**, por ser mi fuerza y mi guía. Gracias padre mío porque contigo lo puedo y tengo todo. Gracias por permitirme ser para ti y por ti.*

*A mis padres **Roberto y Nancy**, a quienes amo profundamente, gracias por brindarme su esfuerzo, comprensión y amor, por permitirme cumplir hoy un sueño. Gracias por ser mi ejemplo de valentía y esfuerzo, ustedes iluminan mi camino.*

*A mis hermanos **Milagros, Luis, Pamela y Miguel**, por confiar y creer en mí siempre, porque con su amor, consejos, apoyo y palabras de aliento hicieron de mí una mejor persona. Gracias por ser parte de todos mis sueños y metas.*

*Mayumi Naisha Sequeiros Cuba*



## DEDICATORIA

*A Dios, por regalarme la mejor madre del mundo, que ha sido mi fuerza, mi guía, mi motivo y la razón de todos mis logros personales y profesionales, gracias Madre por la confianza y libertad que me diste, por el sacrificio y lucha incansable de darme lo mejor de ti. Este logro es especialmente para ti **Florencia Encalada** por haberme permitido llegar hasta este momento tan importante en mi carrera profesional.*

*También va dedicado a mi segunda madre, mi tía **Gloria** y a mis hermanos, **Waldir, Gaviota y Sara**; gracias por creer en mí, por su apoyo incondicional y porque pusieron toda su confianza en mí, ustedes son el motivo de ser alguien mejor.*

*Susan Lucero Farfán Encalada*



## AGRADECIMIENTOS

- A nuestra Universidad Nacional San Antonio Abad del Cusco, nuestro segundo hogar.
- A los docentes de la Escuela Profesional de Ingeniería Geológica, quienes contribuyeron en nuestra formación académica.
- Por su apoyo para aclarar nuestras inquietudes en el desarrollo de la presente tesis.  
A nuestro asesor Ing. Edison Santiago Mattos Ojeda
- A Ing. Jackeline Alejandra Peláez Gamarra por su dirección, paciencia, entrega y valiosos consejos que nos permitieron alcanzar los objetivos de esta tesis.
- Al Arq, Jorge Pozo Gonzales por brindarnos la información para la realización de la tesis.
- Por su orientación y atención a nuestras consultas al Ing. Tedy Marocho Ore.
- Al Ing. Roberto Sequeiros Soto por sus sabios consejos y apoyo incondicional.
- Al Ing. Luis Aragon Graneros por su ayuda y consejos en el tema de hidrología e hidráulica.
- A la Municipalidad Provincial de Calca, por su predisposición a resolver nuestras consultas y permitirnos el acceso a información.
- Por su apoyo y tiempo en el levantamiento topográfico al Arq. Jose Pimentel Tupayachi
- A nuestros padres, hermanos y familiares por inagotable e incesante apoyo.
- A nuestros amigos y todas las personas que contribuyeron en pro del desarrollo de la presente investigación.



## RESUMEN

La presente tesis “Evaluación Hidrológico e Hidráulico con el Modelo Iber para determinar el Riesgo por Inundación en la población ribereña al río Qochoq, provincia de Calca y región Cusco-2017” tiene como finalidad fortalecer la capacidad de manejo del riesgo ante eventos meteorológicos extremos, a fin de disminuir la vulnerabilidad y mejorar la capacidad de adaptación de la población urbana de Calca, se espera que el trabajo realizado sirva como insumo en la preparación de planes locales de mitigación.

La zona de estudio se encuentra dentro de la subcuenca Qochoq, geomorfológicamente se localiza dentro de un cono aluvial, que se debe a la acumulación de aluviones de la quebrada Qochoq, formado por bloques y gravas en una matriz limo-areno-arcilloso. Geológicamente se encuentra entre las formaciones rocosas del paleozoico inferior y superior del cretácico y cuaternarios; constituidas por pizarras, esquistos, cuarcitas y areniscas que afloran en la parte norte de la cuenca, en la zona sur afloran rocas del paleozoico superior (grupo Mitu) que constituyen las partes altas de los nevados.

La evaluación hidrológica e hidráulica se basa en la utilización de fórmulas y diferentes softwares; estudiando parámetros morfométricos e hidromorfométricos.

Para el análisis estadístico de la información hidrometeorológica se utilizó el Software Easyfit que permite ajustar las distribuciones de los datos de precipitaciones máximas en función a la densidad de probabilidad, para obtener los caudales de diferentes periodos de retorno se empleó el Software Hidroesta 2 y Hec-Hms obteniendo como resultado para  $Tr=50$  años  $Q=84.17$  m<sup>3</sup>/s,  $Tr=100$  años 117.04 m<sup>3</sup>/s y  $Tr=500$  años 202.63 m<sup>3</sup>/s.

Una vez obtenido los datos procesados se ejecutó el modelamiento y simulación hidrológica e hidráulica con el Software Iber.

La zona de estudio se ha dividido en 4 niveles para determinar peligro, vulnerabilidad y riesgo por inundación visto desde un enfoque multicriterio según CENEPRED.



Para el peligro se tiene como resultado que:  $Tr=50$  años, presenta un tirante que varía de 0.5 m a 1 m con una velocidad de 1.4 m/s a 1.7 m/s. lo que conlleva al inicio de inundación de la ciudad Calca en el tramo de la canalización del río Qochoq, por lo tanto, el Peligro por inundación es medio,  $Tr=100$  años, en el tramo de la canalización del río Qochoq los tirantes varían de 1.2 m a 3.1 m con una velocidad de 4.1 m/s a 6.2 m/s que los niveles alcanzados rebasan las secciones de los tramos canalizados que atraviesa la ciudad, por ello, el Peligro por inundación es alto, finalmente para  $Tr=500$  años el tramo de la canalización del río Qochoq los tirantes varían de 3 m a 4.4 m con una velocidad de 4.8 m/s a 7.1 m/s, por ende, el Peligro por inundación es muy alto.

En el aspecto de vulnerabilidad, en la ciudad de Calca, la mayoría de edificaciones y/o viviendas presentan uno y dos niveles, todas construidas con materiales de adobe y material noble, dentro de la dimensión económica, respecto al estado de conservación, 88% de las edificaciones expuestas a inundaciones están entre regular, malo y muy malo, solo el 12% están en buen y muy buen estado, aspecto que expresa la deficitaria actitud de la población respecto al riesgo por inundación.

El riesgo por inundación es el producto de la combinación del peligro y vulnerabilidad obteniendo como resultado que para  $Tr=50$  años, las zonas ribereñas al río Qochoq de la ciudad de Calca presenta un nivel de riesgo de inundación medio, para  $Tr=100$  y 500 años Presenta un riesgo alto debido a que afecta infraestructuras importantes como los colegios Humberto Luna, Nuestra Señora de Belén, Cesar Vallejo, la Plaza Principal, Comisaria, Municipalidad Provincial, Gobernatura.



## INTRODUCCIÓN

En los últimos años, el riesgo de desastres por inundación ha aumentado a nivel nacional, ocasionado principalmente por la concentración informal del territorio e intervención del hombre, que no sólo incrementa la condición de vulnerabilidad sino también contribuye a la generación de conflictos de uso en el territorio y nuevos peligros. Es por ello que las inundaciones es uno de los mayores desastres naturales, causando grandes pérdidas económicas y humanas, sin embargo, se puede de alguna manera mitigar los daños, previniendo, anticipando y es donde se debe poner mayor interés.

La cuenca del rio Qochoq y la ciudad de Calca ha sido estudiada y analizada por diferentes actores en diferentes etapas y momentos, lo que han generado diferentes conjeturas y acciones, motivo por el cual se plantea elaborar el presente estudio el cual consolida, y actualiza dicho análisis.

Con el procesamiento de la información hidrológica para el análisis de las condiciones del peligro y la vulnerabilidad, con las metodologías y procesos validos por ley se evalúa el nivel de riesgo por inundación de la zona de estudio.

La ciudad de Calca cuenta con más de veinte mil habitantes, por ello la finalidad es fortalecer la capacidad de manejo del riesgo ante eventos metereológicos extremos, a fin de disminuir la vulnerabilidad y mejor la capacidad de adaptación de la población urbana de Calca y la importancia del estudio radicara en conocer que centros urbanos y poblaciones podrían verse afectados, motivo por el cual este estudio será una herramienta clave para el gobierno regional y gobierno local en poder incorporar como recurso en la planificación del territorio.



## ÍNDICE GENERAL

<b>RESUMEN.....</b>	<b>5</b>
<b>INTRODUCCIÓN.....</b>	<b>7</b>
<b>CAPITULO I: GENERALIDADES .....</b>	<b>19</b>
1.1.    PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	19
1.1.1.    DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA .....	19
1.1.2.    OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN.....	20
1.1.3.    VARIABLES .....	20
1.1.4.    HIPÓTESIS DE LA INVESTIGACIÓN .....	21
1.1.5.    JUSTIFICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN .....	22
1.1.6.    IMPORTANCIA DEL ESTUDIO .....	23
1.1.7.    METODOLOGÍA DE TRABAJO .....	24
1.2.    UBICACIÓN Y ACCESIBILIDAD .....	25
1.2.1.    UBICACIÓN POLÍTICA .....	25
1.2.2.    UBICACIÓN HIDROGRÁFICA.....	25
1.2.3.    UBICACIÓN GEOGRÁFICA.....	26
1.3.    ACCESIBILIDAD .....	26
1.4.    CLIMA Y VEGETACIÓN .....	26
1.5.    CARACTERÍSTICAS SOCIALES .....	27
1.5.1.    POBLACIÓN.....	27
1.5.2.    VIVIENDA .....	28
1.5.3.    AGUA POTABLE .....	30
1.5.4.    ENERGÍA ELÉCTRICA .....	31
1.5.5.    EDUCACIÓN .....	31
1.5.6.    DIFICULTAD O LIMITACIÓN PERMANENTE.....	32
<b>CAPITULO II: GEOMORFOLOGÍA.....</b>	<b>33</b>
2.1.    GEOMORFOLOGÍA REGIONAL.....	33
2.1.1.    CORDILLERA ORIENTAL.....	33
2.1.2.    LADERAS .....	33
2.1.3.    PLANICIES .....	34
2.1.4.    MORFOLOGÍA MORRENICA .....	34
2.1.5.    TERRAZAS .....	35
2.2.    GEOMORFOLOGÍA LOCAL.....	35
2.2.1.    CONOS DE DEYECCIÓN .....	35
2.2.2.    VALLES.....	37
<b>CAPITULO III: GEOLOGÍA GENERAL.....</b>	<b>39</b>
3.1.    GRUPO MITU (PeTi-m) .....	39





3.1.1.	FORMACIÓN PISAC.....	39
3.2.	FORMACIÓN SAN JOSÉ (Om-sj).....	40
3.3.	FORMACIÓN SANDIA (Os-s).....	40
3.4.	FORMACIÓN HUANCANÉ (Kl-hn).....	41
3.5.	GRUPO YUNCAYPATA.....	41
3.5.1.	FORMACIÓN PAUCARBAMBA (Kl-pb).....	42
3.6.	DEPÓSITOS CUATERNARIOS.....	42
3.6.1.	DEPÓSITOS MORRENICOS (Q-g).....	42
3.6.2.	DEPÓSITOS ALUVIALES (Q-al).....	44
3.6.3.	DEPÓSITOS FLUVIALES (Q-f).....	44
3.6.4.	DEPÓSITOS COLUVIALES (Q-co).....	45
3.6.5.	DEPOSITO COLUVIO-ALUVIAL (Qr-Col-Al).....	45
3.7.	GEOLOGÍA ESTRUCTURAL.....	46
3.7.1.	PLIEGUES.....	46
3.7.2.	FALLAS.....	47
3.7.3.	FRACTURAMIENTO.....	48
<b>CAPITULO IV: HIDROLOGÍA.....</b>		<b>51</b>
2.2.	EVALUACIÓN HIDROLÓGICA.....	51
2.2.1.	DESCRIPCIÓN HIDROLÓGICA.....	51
2.3.	PARÁMETROS MORFOMÉTRICOS.....	51
2.3.1.	SUPERFICIE DE LA CUENCA.....	51
2.3.2.	ELEMENTOS DE DISTANCIAS.....	52
2.3.3.	ELEMENTOS DE FORMA DE LA SUBCUENCA.....	52
2.3.4.	ELEMENTOS DE RELIEVE DE LA SUBCUENCA.....	54
2.3.5.	DECLIVIDAD DE ALVEOS.....	58
2.3.6.	DECLIVIDAD DE TERRENO.....	60
2.4.	PARÁMETROS HIDROMORFOMÉTRICOS.....	62
2.4.1.	ORDEN DE LAS CORRIENTES.....	62
2.4.2.	RELACIÓN DE BIFURCACIÓN DE LOS RÍOS.....	63
2.4.3.	LEY DE RELACIÓN DE LONGITUD.....	63
2.4.4.	DENSIDAD DE DRENAJE.....	64
2.5.	PARÁMETROS ADICIONALES.....	65
2.5.1.	TIEMPO DE CONCENTRACIÓN.....	65
2.5.2.	LAG TIME.....	65
2.5.3.	COEFICIENTE DE ESCORRENTÍA.....	65
2.5.4.	NUMERO DE CURVA.....	66
2.5.5.	PERDIDAS INICIALES.....	69



2.5.6.	COEFICIENTE DE MANNING.....	70
2.6.	HIDROLOGÍA ESTADÍSTICA .....	71
2.6.1.	ANÁLISIS EXPLORATORIO .....	71
2.6.2.	PLUVIOMETRÍA .....	78
2.6.3.	ANÁLISIS DE CONSISTENCIA DE DATOS .....	79
2.6.4.	GENERACIÓN DE PRECIPITACIONES MÁXIMAS PARA DIFERENTES PERIODOS DE RETORNO. ....	99
2.6.5.	CALCULO DE INTENSIDADES (CURVAS IDF).....	103
2.7.	GENERACIÓN DE CAUDALES .....	111
2.7.1.	PATRÓN DE TORMENTA REGIONAL (Método Hidrograma Unitario SCS) ...	112
2.7.2.	CURVAS IDF .....	118
2.7.3.	HIDROGRAMA UNITARIO DE SNYDER.....	122
2.7.4.	RESUMEN DE GENERACIÓN DE CAUDALES.....	127
<b>CAPITULO V: MODELAMIENTO HIDROLÓGICO E HIDRÁULICO IBER .....</b>		<b>128</b>
5.1.	PRE PROCESO .....	129
5.1.1.	CREAR O IMPORTAR UNA GEOMETRÍA (TOPOGRAFÍA).....	129
5.1.2.	ASIGNACIÓN DE LA RUGOSIDAD DEL TERRENO (N-MANNING).....	133
5.1.3.	ASIGNACIÓN DE CONDICIONES DE CONTORNO Y CAUDALES .....	134
5.1.4.	GENERAR MALLAS.....	135
5.2.	PROCESO.....	137
5.3.	POST PROCESO .....	138
<b>CAPITULO VI: NIVEL DE PELIGRO .....</b>		<b>139</b>
5.4.	DEFINICIÓN DE INUNDACIÓN .....	139
5.5.	PARÁMETROS DE EVALUACIÓN.....	140
5.6.	ANÁLISIS DEL NIVEL DE PELIGRO .....	141
5.6.1.	FACTORES CONDICIONANTES Y DESENCADENANTES .....	141
5.6.2.	PONDERACIÓN DE PARÁMETROS .....	141
5.7.	DETERMINACIÓN DE NIVELES DE PELIGROSIDAD .....	153
5.8.	ESTRATIFICACIÓN DEL NIVEL DE PELIGRO .....	154
5.9.	RESULTADOS DEL MAPA DE NIVEL DE PELIGRO .....	155
<b>CAPITULO VII: NIVEL DE VULNERABILIDAD .....</b>		<b>157</b>
7.1.	ANÁLISIS DE LA VULNERABILIDAD.....	157
7.2.	ANÁLISIS DE LOS FACTORES DE VULNERABILIDAD.....	157
7.2.1.	EXPOSICIÓN .....	157
7.2.2.	FRAGILIDAD .....	158
7.2.3.	RESILIENCIA .....	158
7.3.	ANÁLISIS DE ELEMENTOS EXPUESTOS .....	158
7.3.1.	DIMENSIÓN SOCIAL .....	158



7.3.2.	DIMENSIÓN ECONÓMICA .....	164
7.4.	DETERMINACIÓN DE NIVEL DE VULNERABILIDAD.....	170
7.5.	ESTRATIFICACIÓN DE NIVEL DE VULNERABILIDAD.....	171
7.6.	RESULTADOS DEL MAPA DE NIVEL DE VULNERABILIDAD.....	172
<b>CAPITULO VIII: NIVEL DE RIESGO .....</b>		<b>174</b>
8.1.	DETERMINACIÓN DE NIVEL DE RIESGO.....	174
8.2.	ESTRATIFICACIÓN DE NIVEL DE RIESGO.....	176
8.3.	RESULTADOS DE MAPA DE NIVEL DE RIESGO .....	176
<b>CONCLUSIONES.....</b>		<b>177</b>
<b>RECOMENDACIONES.....</b>		<b>180</b>
<b>GLOSARIO .....</b>		<b>181</b>
<b>BIBLIOGRAFÍA.....</b>		<b>186</b>



## ÍNDICE DE TABLAS

<i>Tabla 1: Ubicación Política.</i>	25
<i>Tabla 2: Ubicación Hidrográfica</i>	26
<i>Tabla 3: Ubicación Política.</i>	26
<i>Tabla 4: Población de Calca por género.</i>	27
<i>Tabla 5: Grupo etario de la ciudad de Calca.</i>	27
<i>Tabla 6: Tipo de vivienda en la ciudad de Calca.</i>	28
<i>Tabla 7: Conexión de agua potable y alcantarillado.</i>	30
<i>Tabla 8: Categorías según el nivel educativo</i>	31
<i>Tabla 9: Dificultad o limitación permanente.</i>	32
<i>Tabla 10: Clasificación del tamaño de cuencas</i>	52
<i>Tabla 11: Clasificación de coeficiente de compacidad.</i>	53
<i>Tabla 12: Clasificación de factor forma.</i>	53
<i>Tabla 13: Cálculos para la Altitud de frecuencia Media.</i>	55
<i>Tabla 14: Cálculos mediante el método de la ecuación de Taylor y Schwarz.</i>	59
<i>Tabla 15: Cálculos para la pendiente de la cuenca.</i>	61
<i>Tabla 16: Longitud de drenajes.</i>	63
<i>Tabla 17: Tabla de Bifurcación de ríos</i>	63
<i>Tabla 18: Tabla de relación de longitud.</i>	64
<i>Tabla 19: Coeficiente de escorrentía.</i>	66
<i>Tabla 20: Numero de curva</i>	67
<i>Tabla 21: Tabla de clasificación de uso de suelos que existe en la cuenca según SCS.</i>	68
<i>Tabla 22: Cobertura vegetal y condición hidrológica según SCS.</i>	68
<i>Tabla 23: Tabla del grupo hidrológico según SCS.</i>	68
<i>Tabla 24: Numero de curva de la subcuenca Qochoq</i>	69
<i>Tabla 25: Pérdidas iniciales.</i>	70
<i>Tabla 26: Coeficiente de Manning.</i>	70
<i>Tabla 27: Valores críticos D para la prueba Kolmogorov – Smirnov.</i>	76
<i>Tabla 28: Cuadro de estaciones meteorológicas</i>	79
<i>Tabla 29: Precipitaciones máximas de 24 horas de la estación Colquepata</i>	80
<i>Tabla 30: Resultados de la prueba de bondad de ajuste del mes de agosto.</i>	81
<i>Tabla 31: Precipitaciones máximas de la estación Colquepata con datos completados.</i>	84
<i>Tabla 32: Precipitaciones máximas de 24 horas de la estación Kayra</i>	85
<i>Tabla 33: Precipitaciones máximas de 24 horas con datos completados de la estación Kayra</i>	86
<i>Tabla 34: Precipitaciones máximas de 24 horas de la estación Pisac</i>	87
<i>Tabla 35: Precipitaciones máximas de 24 horas con datos completados de la estación Pisac.</i>	87
<i>Tabla 36: Precipitaciones máximas de 24 horas de la estación Urubamba.</i>	88
<i>Tabla 37: Precipitaciones máximas de 24 horas con datos completados de la estación Urubamba</i>	89
<i>Tabla 38: Precipitaciones máximas de 24 horas de la estación Yauri</i>	90
<i>Tabla 39: Precipitaciones máximas de 24 horas con datos completados de la estación Urubamba</i>	91
<i>Tabla 40: Prueba de bondad de ajuste estación de Colquepata.</i>	93
<i>Tabla 41: Prueba de bondad de ajuste estación Kayra</i>	94
<i>Tabla 42: Prueba de bondad de la estación Pisac.</i>	96
<i>Tabla 43: Prueba de bondad de ajuste estación Urubamba.</i>	97
<i>Tabla 44: Prueba de bondad de ajuste estación Yauri</i>	99



Tabla 45: Precipitaciones máximas por estación, para periodos de retorno de 50,100 y 500 años.	101
Tabla 46: Ecuación de regresiones	101
Tabla 47: Precipitaciones máximas de 24 horas para 10, 50 y 500 años de retorno.	103
Tabla 48: Coeficientes para conversión de lluvias máximas diarias a lluvias máximas horarias.	104
Tabla 49: Precipitaciones máximas multiplicadas por los coeficientes de conversión	104
Tabla 50: Intensidad (mm/h) para diferentes tiempos de duración	105
Tabla 51: Intensidad máxima por tiempo de duración	107
Tabla 52: Precipitación máxima en una hora	110
Tabla 53: Intensidad media en una hora	111
Tabla 54: Resumen de caudales máximos para diferentes periodos retornos y diferentes métodos	127
Tabla 55: Tabla de Escala de Saaty	142
Tabla 56: Matriz de comparación de pares Factores condicionantes	142
Tabla 57: Matriz de Normalización Factores condicionantes	143
Tabla 58: Relación de Consistencia Factores condicionantes	143
Tabla 59: Matriz de comparación de pares-Cobertura vegetal	144
Tabla 60: Matriz de normalizacion-Cobertura vegetal.	145
Tabla 61: Vector de suma ponderada-Cobertura vegetal	145
Tabla 62: Peso ponderado-Cobertura vegetal	145
Tabla 63: Matriz de comparación de pares-Cercanía del cauce	146
Tabla 64: Matriz de normalización - Cercanía del cauce	146
Tabla 65 : Vector de suma ponderada-Cercanía de cauce	146
Tabla 66: Peso ponderado-Cercanía del cauce	147
Tabla 67: Matriz de comparación de pares-Intensidad de lluvia	147
Tabla 68: Vector de suma ponderada-Intensidad de lluvia.	147
Tabla 69: Matriz de normalización-intensidad de lluvia	148
Tabla 70: Peso ponderado-Intensidad de lluvia	148
Tabla 71: Matriz de comparación de pares-Pendiente de terreno	148
Tabla 72: Matriz de normalización-Pendiente de terreno	149
Tabla 73: Vector de suma ponderada-Pendiente de terreno	149
Tabla 74: Peso ponderado-Pendiente del terreno	149
Tabla 75: Matriz de comparación de pares-Tirante de 50 años de periodo de retorno	150
Tabla 76: Matriz de normalización-Tirante de 50 años de periodo de retorno	150
Tabla 77: Vector de suma ponderada-Tirante de 50 años de periodo de retorno	150
Tabla 78: Peso ponderado-Tirante de 50 años de periodo de retorno	151
Tabla 79 Matriz de comparación de pares-Tirante 100 años de periodo de retorno	151
Tabla 80 : Matriz de normalización-Tirante 100 años de periodo de retorno	151
Tabla 81: Vector de suma ponderada-Tirante 100 años de periodo de retorno	151
Tabla 82: Peso ponderado-Tirante 100 años de periodo de retorno.	152
Tabla 83: Matriz de comparación de pares-Tirante 500 años de periodo de retorno	152
Tabla 84: Matriz de normalización-Tirante 500 años de periodo de retorno	152
Tabla 85: Vector de suma ponderada-Tirante 500 años de periodo de retorno	153
Tabla 86: Peso ponderado-Tirante 500 años de periodo de retorno	153
Tabla 87: Resultados de pesos ponderados de los factores condicionantes y desencadenante	153
Tabla 88: Resultados de nivel de peligrosidad	154
Tabla 89: Niveles de peligro	154
Tabla 90: Tabla de nivel de peligro	154



<i>Tabla 91: Parámetros de fragilidad y resiliencia</i> .....	158
<i>Tabla 92: Matriz de comparación de pares-Grupo etario</i> .....	159
<i>Tabla 93: Matriz de normalización-Grupo etario</i> .....	159
<i>Tabla 94: Vector de suma ponderada-Grupo etario</i> .....	159
<i>Tabla 95: Peso ponderado-Grupo etario</i> .....	160
<i>Tabla 96: Matriz de comparación de pares-Discapacidad</i> .....	160
<i>Tabla 97: Matriz de normalización-Discapacidad</i> .....	160
<i>Tabla 98: Peso ponderado-Discapacidad</i> .....	161
<i>Tabla 99: Vector de suma ponderada-Discapacidad</i> .....	161
<i>Tabla 100: Matriz de comparación de pares-Nivel educativo</i> .....	161
<i>Tabla 101: Matriz de normalización-Nivel educativo</i> .....	162
<i>Tabla 102: Vector de suma ponderada-Nivel educativo</i> .....	162
<i>Tabla 103: Peso ponderado-Nivel educativo</i> .....	162
<i>Tabla 104: Matriz de comparación de pares</i> .....	163
<i>Tabla 105: Matriz de normalización-Tipo de seguro</i> .....	163
<i>Tabla 106: Vector de suma ponderada-Tipo de seguro</i> .....	163
<i>Tabla 107: Peso ponderado-Tipo de seguro</i> .....	164
<i>Tabla 108: Parámetros de fragilidad y resiliencia</i> .....	164
<i>Tabla 109: Matriz de comparación de pares-Material de paredes</i> .....	164
<i>Tabla 110: Matriz de normalización-Material de paredes</i> .....	165
<i>Tabla 111: Vector de suma ponderada-Material de paredes</i> .....	165
<i>Tabla 112: Peso ponderado-Material de paredes</i> .....	166
<i>Tabla 113: Matriz de comparación de pares-Material de techos</i> .....	166
<i>Tabla 114: Matriz de comparación de pares-Material de techos</i> .....	166
<i>Tabla 115: Vector de suma ponderada-Material de techos</i> .....	167
<i>Tabla 116: Peso ponderado-Material de techo</i> .....	167
<i>Tabla 117: Matriz de comparación de pares-Tipo de vivienda</i> .....	168
<i>Tabla 118: Matriz de normalización-Tipo de vivienda</i> .....	168
<i>Tabla 119: Vector de suma ponderada-Tipo de vivienda</i> .....	169
<i>Tabla 120: Peso ponderado-Tipo de vivienda</i> .....	169
<i>Tabla 121: Resultados de pesos ponderados de la dimensión social</i> .....	170
<i>Tabla 122: Resultados de pesos ponderados de la dimensión económica</i> .....	170
<i>Tabla 123: Nivel de Vulnerabilidad</i> .....	171
<i>Tabla 124: Estratificación de nivel de Vulnerabilidad</i> .....	171
<i>Tabla 125: Nivel de peligro para determinar nivel de riesgo</i> .....	175
<i>Tabla 126: Nivel de vulnerabilidad para determinar nivel riesgo</i> .....	175
<i>Tabla 127: Matriz de riesgo</i> .....	175
<i>Tabla 128: Resultados de nivel de riesgo</i> .....	175
<i>Tabla 129: Estratificación de nivel de riesgo</i> .....	176



## ÍNDICE DE GRÁFICOS

Gráfico 1: Distribución porcentual del tipo de material. Adaptado de LABANI. (2015).	29
Gráfico 2: Distribución porcentual del estado de conservación de las edificaciones. Adaptado de LABANI. (2015).	30
Gráfico 3: Material de construcción en I.E. de la ciudad de Calca. Adaptado de LABANI. (2015).	31
Gráfico 4: Curva Hipsométrica del área de la cuenca. Elaboración propia	56
Gráfico 5: Polígono de frecuencia. Elaboración propia	57
Gráfico 6: Perfil longitudinal del río Qochoq. Elaboración propia	57
Gráfico 7: Gráfico de ecuación de Taylor y Schwarz. Elaboración propia	60
Gráfico 8: Serie de tiempo-Estación Colquepata. Elaboración propia	72
Gráfico 9: Serie de tiempo-Estación Kayra. Elaboración propia	72
Gráfico 10: Serie de tiempo-Estación Pisac. Elaboración propia	73
Gráfico 11: Serie de tiempo-Estación Urubamba. Elaboración propia	73
Gráfico 12: Serie de tiempo-Estación Yauri. Elaboración propia	74
Gráfico 13: Histograma de distribución Gumbel máximo del mes de agosto. Adaptado del software Easyfit.	83
Gráfico 14: Función de densidad de probabilidad-estación Colquepata. Adaptado del software Easyfit.	92
Gráfico 15: Probabilidad-estación Colquepata. Adaptado del software Easyfit.	92
Gráfico 16: Función de densidad de probabilidad-estación Kayra. Adaptado de Easyfit	93
Gráfico 17: Probabilidad-estación Kayra. Adaptado de Easyfit	94
Gráfico 18: Función de densidad de probabilidad-estación Pisac. Adaptado de Easyfit.	95
Gráfico 19: Probabilidad-estación Pisac. Adaptado de Easyfit	95
Gráfico 20: Probabilidad estación Urubamba. Adaptado de Easyfit	97
Gráfico 21: Función de densidad de probabilidad estación Yauri. Adaptado de Easyfit.	98
Gráfico 22: Probabilidad estación Yauri. Adaptado de Easyfit.	98
Gráfico 23: Línea de tendencia de precipitación de 24 horas Vs altitud para un tiempo de retorno 50 años. Elaboración propia.	102
Gráfico 24: Línea de tendencia de precipitación de 24 horas Vs altitud para un tiempo de retorno 100 años. Elaboración propia.	102
Gráfico 25: Línea de tendencia de precipitación de 24 horas Vs altitud para un tiempo de retorno 500 años. Elaboración propia.	103
Gráfico 26: Curvas IDF para diferentes periodos de retorno de 50, 100 y 500 años.	108
Gráfico 27: Hietograma de P max 24h de la subcuenca Qochoq, T=50 años. Elaboración propia.	108
Gráfico 28: Hietograma de P max 24h de la subcuenca Qochoq, T=100 años. Elaboración propia.	109
Gráfico 29: Hietogramas de P. max 24h de la subcuenca Qochoq, T=500 años. Elaboración propia.	109
Gráfico 30: Comparación de hietogramas de P max 24h T=50, T=100 y T=500 años. Elaboración propia.	110
Gráfico 31: Porcentaje de edificaciones vulnerables para Tr=50 años. Elaboración propia.	172
Gráfico 32: Porcentaje de edificaciones vulnerables para Tr=100 años. Elaboración propia.	173
Gráfico 33: Porcentaje de edificaciones vulnerables para Tr=500 años. Elaboración propia.	173



## ÍNDICE DE IMÁGENES

<i>Imagen 1: Mapa de ubicación de la zona de estudio. Adaptado de Google Earth</i>	25
<i>Imagen 2: Laderas antrópicas o artificiales por construcción de infraestructura vial e hidráulica. Adaptado de PREDES</i>	33
<i>Imagen 3: Morrenas ubicadas por la laguna Azulcocha. (2008). Adaptado de PREDES</i>	34
<i>Imagen 4: Vista panorámica del cono aluvial Qochoq, ciudad de Calca. Adaptado de PREDES</i>	36
<i>Imagen 5: Puente de Llanchu. Elaboración propia</i>	36
<i>Imagen 6: Confluencia entre el río Vilcanota y el río Qochoq. Elaboración propia</i>	37
<i>Imagen 7: Valle del río Qochoq. Adaptado de PREDES</i>	38
<i>Imagen 8: Presencia de la formación Pisac del grupo Mitu en contacto con la formación Huancane en los cerros circundantes en la ciudad de Calca. Adaptado de PREDES</i>	39
<i>Imagen 9: Contacto entre la formación San José y formación Sandia con la formación Pisac (Grupo Mitu) por la cabecera de la cuenca. Adaptado de PREDES</i>	40
<i>Imagen 10: La formación Huancané se encuentra coronando la zona superior de Accha. Adaptado de PREDES</i>	41
<i>Imagen 11: Se aprecia la formación Paucarmaba que se emplaza junto a la formación Huancane por la parte de la comunidad de Accha. Adaptado de PREDES</i>	42
<i>Imagen 12: Morrenas en la zona de Suntucocha. Adaptado de PREDES</i>	43
<i>Imagen 13: Morrenas recientes- véase las morrenas frontales y laterales sin cohesión. Adaptado de PREDES</i>	44
<i>Imagen 14: Depósitos coluviales asentados en la carretera del centro poblado de Machacancha.: Elaboración propia</i>	45
<i>Imagen 15: Sinclinal de Suntucocha. Tomado de PREDES, 2008</i>	46
<i>Imagen 16: Falla inversa que delimita a rocas del Paleozoico inferior y superior, zona de Totora. Tomado de PREDES, 2008</i>	48
<i>Imagen 17: Pizarras y cuarcitas con fracturas de N-S. Tomado de PREDES, 2008</i>	49
<i>Imagen 18: Fracturamiento en el Grupo Mitu por la zona de Machacancha. Tomado de PREDES, 2008</i>	50
<i>Imagen 19: Mapa de Orden de drenajes. Elaboración propia</i>	62
<i>Imagen 20: Precipitaciones máximas de 24 horas del mes de agosto. Adaptado del software Easyfit.</i>	81
<i>Imagen 21: Generación de números aleatorios Gumbel máximo. Adaptado de Easyfit.</i>	83
<i>Imagen 22: Números aleatorios generados del software. Adaptado de Easyfit.</i>	84
<i>Imagen 23: Función de densidad de probabilidad-estación Urubamba. Adaptado de Easyfit.</i>	96
<i>Imagen 24: Se selecciona la distribución Gumbel del software Hidroesta 2</i>	99
<i>Imagen 25: Se inserta los datos para su procesamiento. Adaptado de Hidroesta 2</i>	100
<i>Imagen 26: Se observa los datos con el periodo de retorno y la precipitación máxima final.</i>	100
<i>Imagen 27: Calculo de regresión lineal. Adaptado del Software HIDROESTA 2</i>	106
<i>Imagen 28: Modelo de la cuenca (Basin Model). Adaptado del Software Hec-Hms</i>	112
<i>Imagen 29: Basin Model-Loss. Adaptado del Software Hec-Hms</i>	112
<i>Imagen 30: Basin Model-Transform. Adaptado del Software Hec-Hms</i>	113
<i>Imagen 31: Modelo meteorológico. Adaptado del Software Hec-Hms</i>	113
<i>Imagen 32: SCS Storm-Components. Adaptado del Software Hec-Hms</i>	113
<i>Imagen 33: Control de especificaciones. Adaptado del Software Hec-Hms</i>	114
<i>Imagen 34: Caudal máximo <math>T_r=50</math> años. Adaptado del Software Hec-Hms</i>	115
<i>Imagen 35: Pérdidas iniciales Vs caudal máximo para <math>T=50</math> años. Adaptado del Software Hec-Hms</i>	115





<i>Imagen 36: Caudal máximo <math>T_r=100</math> años. Adaptado del Software Hec-Hms.....</i>	116
<i>Imagen 37: Pérdidas iniciales Vs caudal máximo para <math>T=100</math> años. Adaptado del Software Hec-Hms .....</i>	116
<i>Imagen 38: Caudal máximo <math>T_r=100</math> años. Adaptado del Software Hec-Hms.....</i>	117
<i>Imagen 39: Pérdidas Iniciales VS Caudal máximo para <math>T = 500</math> años. Adaptado del Software Hec-Hms .....</i>	117
<i>Imagen 40: Control de Especificaciones <math>T=50</math> años. Adaptado del Software Hec-Hms.....</i>	118
<i>Imagen 41: Precipitation Gages-Time Windows. Adaptado del Software Hec-Hms.....</i>	118
<i>Imagen 42: Caudal máximo <math>T=50</math> años. Adaptado del Software Hec-Hms .....</i>	119
<i>Imagen 43: Pérdidas Iniciales VS Caudal máximo para <math>T = 50</math> años. Adaptado del Software Hec-Hms .....</i>	119
<i>Imagen 44: Caudal máximo <math>T=100</math> años. Adaptado del Software Hec-Hms .....</i>	120
<i>Imagen 45: Pérdidas Iniciales VS Caudal máximo para <math>T = 100</math> años. Adaptado del Software Hec-Hms .....</i>	120
<i>Imagen 46: Caudal máximo <math>T_r=500</math> años. Adaptado del Software Hec-Hms.....</i>	121
<i>Imagen 47: Pérdidas Iniciales VS Caudal máximo para <math>T = 500</math> años. Adaptado del Software Hec-Hms. ....</i>	121
<i>Imagen 48: Modelo de Cuenca (Basin Model)-Método Snyder. Adaptado del Software Hec-Hms .....</i>	122
<i>Imagen 49: Basin Model-Transform- Método Snyder. Adaptado del Software Hec-Hms .....</i>	123
<i>Imagen 50: Caudal máximo <math>T_r=50</math> años. Adaptado del Software Hec-Hms.....</i>	124
<i>Imagen 51: Pérdidas Iniciales VS Caudal máximo para <math>T = 50</math> años. Adaptado del Software Hec-Hms .....</i>	124
<i>Imagen 52: Caudal máximo <math>T_r=100</math> años. Adaptado del Software Hec-Hms.....</i>	125
<i>Imagen 53: Pérdidas Iniciales VS Caudal máximo para <math>T = 100</math> años. Adaptado del Software Hec-Hms .....</i>	125
<i>Imagen 54: Caudal máximo <math>T_r=500</math> años. Adaptado del Software Hec-Hms.....</i>	126
<i>Imagen 55: Pérdidas Iniciales VS Caudal máximo para <math>T = 500</math> años. Adaptado del Software Hec-Hms .....</i>	126
<i>Imagen 56: Modelo digital del terreno (MDT). Adaptado del Software ArcGis 10. ....</i>	129
<i>Imagen 57: Polígono de la zona de estudio de la ciudad Calca. Adaptado del Software ArcGis 10.4 .....</i>	130
<i>Imagen 58: Iber-Vista (insertar ortofoto). Adaptado del Software Iber 2.4.....</i>	130
<i>Imagen 59: Iber-Vista (mostrar ortofoto). Adaptado del Software Iber 2.4 .....</i>	130
<i>Imagen 60: Se muestra la ortofoto de la zona de estudio. Adaptado del Software Iber 2.4 .....</i>	131
<i>Imagen 61: Iber-Importar (Importamos el modelo geométrico). Adaptado del Software Iber 2.4</i>	131
<i>Imagen 62: Iber-Importar (importamos en formato shapefile).. Adaptado del Software Iber 2.4</i>	131
<i>Imagen 63: Iber-Geometria (colapsar el modelo geométrico). Adaptado del Software Iber 2.4 ..</i>	132
<i>Imagen 64: Iber-Geometria (superficie NURBS). Adaptado del Software Iber 2.4.....</i>	132
<i>Imagen 65: Se creo la superficie. Adaptado del Software Iber 2.4.....</i>	132
<i>Imagen 66: Iber-Rugosidad (se insertará valores de Manning). Adaptado del Software Iber 2.4</i>	133
<i>Imagen 67: Se muestra en el modelo geométrico los valores que se colocó según Manning. Adaptado del Software Iber 2.4 .....</i>	133
<i>Imagen 68: Se coloca el valor del caudal máximo para un periodo de retorno de 50 años. Adaptado del Software Iber 2.4 .....</i>	134
<i>Imagen 69: Se le asigna la entrada y salida para la condición de flujo. Adaptado del Software Iber 2.4.....</i>	135
<i>Imagen 70: Se le asigna el valor de mallado. Adaptado del Software Iber 2.4 .....</i>	136



<i>Imagen 71: Se genera la malla. Adaptado del Software Iber 2.4 .....</i>	136
<i>Imagen 72: Se le asigna la elevación con MDT. Adaptado del Software Iber 2.4.....</i>	137
<i>Imagen 73: Se inserta los datos de simulación. Adaptado del Software Iber 2.4 .....</i>	137
<i>Imagen 74: Interface de pre-proceso a post-proceso del modelamiento. Adaptado del software IBER .....</i>	138
<i>Imagen 75: Visualización de resultados según su tirante y velocidad. Adaptado del software IBER .....</i>	138
<i>Imagen 76: Parámetros de evaluación para inundación. Adaptado de CENEPRED (2011).....</i>	140



## **CAPITULO I: GENERALIDADES**

### **1.1.PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA**

#### **1.1.1. DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA**

##### **1.1.1.1. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA**

Según datos históricos ocurrido en el año 2002, así mismo ha sido recurrente en el año 2010 y 2016 donde sufrió daños importantes con estos eventos anómalos de lluvia que puso en zozobra a la población de Calca. La falta de planificación de expansión urbana permite que la población circundante al Rio Qochoq este propensa a sufrir riesgo por inundación debido a crecidas súbitas del Rio Qochoq.

Estos antecedentes son indicadores de la probabilidad de recurrencia de este evento; se ha podido apreciar que la población de Calca se encuentra expuesta a peligros por inundación, que en mayor parte se debe a falta de acciones de regulación, prevención y mitigación como la construcción de defensa ribereña y/o estabilidad de taludes, así como la preparación de la población a cerca de la gestión de riesgo. De continuar con la falta de planificación urbana en zonas ribereñas al rio Qochoq, así como también las obras de regulación hídrica a nivel de la cuenca, hace que el nivel de riesgo frente a procesos de inundación por desborde del rio Qochoq esté latente.

Por lo tanto, para mitigar los efectos y saber los alcances de un posible desborde, es necesario realizar un modelamiento Hidrológico e Hidráulico del rio Qochoq, cuyo proceso de simulación permitirá poner en alerta a las autoridades y población para tomar las medidas de seguridad correspondientes.



#### 1.1.1.2. PROBLEMA GENERAL

¿Cuál es el nivel de riesgo por inundación frente a posibles desbordes o crecidas súbitas en zonas ribereñas al río Qochoq de la ciudad Calca para diferentes periodos de retorno?

#### 1.1.1.3. PROBLEMA ESPECIFICO

- ¿Cuál es el nivel de peligro por inundación teniendo en cuenta sus factores condiciones y desencadenantes?
- ¿Cuál es el nivel de vulnerabilidad de la zona de estudio?

### 1.1.2. OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN

#### 1.1.2.1. OBJETIVO GENERAL

Realizar la evaluación hidrológico e hidráulico con el modelo Iber para determinar el Riesgo por Inundación en la población ribereña al río Qochoq

#### 1.1.2.2. OBJETIVO ESPECIFICO

- Determinar el nivel de peligro de inundación mediante la metodología de CENEPRED 2018
- Determinar el nivel de vulnerabilidad mediante la metodología de CENEPRED 2018

### 1.1.3. VARIABLES

#### 1.1.3.1. VARIABLES INDEPENDIENTES

- A. Nivel de Peligro
  - a. Intensidad
    - Tirante De Agua
    - Velocidades
  - b. Probabilidad de Ocurrencia



c. Periodo de Retorno

B. Nivel de Vulnerabilidad

- Dimensión social
- Dimensión económica

1.1.3.2. VARIABLES DEPENDIENTES

A. Nivel de riesgo

- Nivel de riesgo Muy Alto
- Nivel de riesgo Alto
- Nivel de riesgo Medio
- Nivel de riesgo Bajo

1.1.4. HIPÓTESIS DE LA INVESTIGACIÓN

1.1.4.1. HIPÓTESIS GENERAL

La subcuenca Qochoq se caracteriza por su complejidad geológica-geomorfológica con montañas elevadas, presencia de fallas y altas precipitaciones lo que podría ocasionar que en nuestra zona de estudio presente un nivel de riesgo alto marcada por la ocurrencia de inundaciones. La ocupación del hombre y el crecimiento paulatino de la ciudad Calca aumentan la recurrencia de dicho evento.

1.1.4.2. HIPÓTESIS ESPECÍFICO

- Por los factores condicionantes: la litología, geomorfología, topografía, cobertura vegetal y la pendiente del terreno; y factores desencadenantes que son las precipitaciones, se estimaría que es un peligro alto a causa de tirantes altos en el cauce del río Qochoq.
- Los impactos socioeconómicos, el incremento de la intervención del hombre y concentración de la población se han modificado con el tiempo por lo que se determinaría que la vulnerabilidad sea alta.



## 1.1.5. JUSTIFICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN

### 1.1.5.1. *Justificación Legal*

El presente trabajo de investigación se encuentra enmarcado dentro de las políticas nacionales, por lo que es necesario una adecuada gestión de riesgo de desastres. Nuestro país ya tiene avances en la implementación de formulación y adopción de políticas relacionadas a la gestión de riesgo de desastre, de esta forma se viene desarrollando y aprobando lineamientos y demás normas complementarias para el cumplimiento de los mismos, así como las políticas regionales y municipales.

Entre la base legal de Estimación de Riesgos de Desastres tenemos:

- **Resolución Jefatural N° 112-2014-CENEPRED/J:** Aprobó el "Manual para la Evaluación de riesgos originados por Fenómenos Naturales - 2da versión"
- **Resolución Ministerial N° 334-2012-PCM:** Aprueban Lineamientos Técnicos del Proceso de Estimación del Riesgo de Desastres.
- **Decreto Supremo N° 111-2012-PCM:** Decreto Supremo que incorpora la Política Nacional de Gestión del Riesgo de Desastres como Política Nacional de obligatorio Cumplimiento para las entidades del Gobierno Nacional.
- **Resolución Ministerial N° 276-2012-PCM:** Lineamientos para la Constitución y Funcionamiento de los Grupos de Trabajo de la Gestión del Riesgo de Desastres en los tres Niveles de Gobierno.
- **Resolución Ministerial N° 088-2012-PCM:** Aprueban los "Lineamientos Técnicos Generales para Implementación del Proceso de Estimación del Riesgo de Desastres en el marco de la Ley N° 29664 y su Reglamento".
- **Ley N° 29664:** Ley que crea el Sistema Nacional de Gestión del Riesgo de



Desastres (SINAGERD). Regula los objetivos, composición y funcionamiento del SINAGERD, cuya finalidad es identificar y reducir los riesgos asociados a peligros, minimizar sus efectos y atender situaciones de peligro mediante lineamientos de gestión.

- **Resolución Jefatural N° 317-2006-INDECI:** Se aprueba el Manual Básico para la Estimación del Riesgo.
- **Directiva N° 016-2006-INDECI/10.2:** Normas y procedimientos para la programación y ejecución de la estimación del riesgo.

#### *1.1.5.2. Justificación Técnica*

Desde el punto de vista técnico este trabajo de investigación tiene aportes multidisciplinarios no solo en la parte de hidrología, geología y riesgo, sino también en la hidráulica con la innovación de nuevos softwares que facilitan nuestra investigación.

#### *1.1.5.3. Justificación Social*

Permitirá que la población y autoridades de la Municipalidad de Calca conozcan el nivel de riesgo que existe en la población de sufrir inundación, ello también permitirá que se tome todas las acciones necesarias para mitigar las pérdidas humanas, materiales, etc. que se pueda dar.

### 1.1.6. IMPORTANCIA DEL ESTUDIO

Se obtendrá un mapa de riesgo de inundación de la ciudad de Calca el cual brindara información para resolver el problema actual y futuro de los impactos negativos de las inundaciones ocasionas por el desborde del rio Qochoq mediante el modelamiento hidrológico e hidráulico, una nueva planificación urbana y obras hidráulicas según sea necesario.



## 1.1.7. METODOLOGÍA DE TRABAJO

### 1.1.7.1. ETAPAS DE LA ELABORACIÓN DEL PROYECTO

**Pre-campo:** consistió en la revisión y recopilación de estudios anteriores de la zona, relacionados a la Geología, Geotecnia, Hidrología, evaluación de Riesgos, etc. como, por ejemplo:

- Registros meteorológicos de SENAMHI.
- Geología de los cuadrángulos de Urubamba y Calca – N° 65 serie A: Carta geológica Nacional – INGEMMET.
- Estudio hidrológico y geológico de la Subcuenca Qochoq – PREDES 2008
- Evaluación de Riesgo de Desastres de la Ciudad Calca – LABANI 2015
- Manual de estimación del riesgo ante Inundaciones fluviales - INDECI 2011.
- Estudio: Mapa de Peligros de la ciudad Calca – PROYECTO INDECI-PNUD PER/02/051 CIUDADES SOSTENIBLES

**Campo.** – En esta etapa se realizó la salida de campo a la zona de estudio, con la finalidad de obtener información precisa “in-situ”, levantamiento topográfico, identificación de las principales unidades litológicas y análisis e interpretación en campo.

**Gabinete.** - En esta etapa se realizó el procesamiento y sistematización de la información, tanto de la bibliografía utilizada como los datos obtenidos en campo, con la finalidad de garantizar la bondad y calidad de la información obtenida, permitiendo la elaboración final del mapa de nivel de riesgo por inundación.



## 1.2. UBICACIÓN Y ACCESIBILIDAD

### 1.2.1. UBICACIÓN POLÍTICA

Esta investigación se realizó en la población ribereña al río Qochoq, que pertenece a la Provincia de Calca, Región Cusco. (Ver anexo I-Mapa N°01)

Tabla 1: Ubicación Política.

UBICACIÓN POLÍTICA	
DISTRITO	CALCA
PROVINCIA	CALCA
REGIÓN	CUSCO

Fuente: Elaboración propia



Imagen 1: Mapa de ubicación de la zona de estudio. Adaptado de Google Earth

### 1.2.2. UBICACIÓN HIDROGRÁFICA

Hidrográficamente la zona de estudio se encuentra dentro de la siguiente unidad hidrográfica: (Ver anexo I-Mapa N°02)

Tabla 2: Ubicación Hidrográfica

UBICACIÓN HIDROGRÁFICA	
GRAN CUENCA	AMAZONAS
CUENCA	VILCANOTA
SUBCUENCA	QOCHOQ
MICROCUENCAS	HUAMANCHOQUE
	CHAYÑAHUAYCO
	HUACHANHUAYCO
	QOCHOQ BAJO

Fuente: Elaboración propia

### 1.2.3. UBICACIÓN GEOGRÁFICA

Los datos de ubicación geográfica de la subcuenca están registrados en proyección WG84S, Zona 19S, con las coordenadas geográficas y UTM siguientes:

Tabla 3: Ubicación Política.

COORDENADAS GEOGRÁFICAS		COORDENADA UTM		ALTITUD MEDIA
LATITUD SUR	LONGITUD OESTE	ESTE	NORTE	msnm
13°19'17.91"	71°57'21.66"	179722.6388 m	8525372.656 m	2940

Fuente: Elaboración propia

### 1.3. ACCESIBILIDAD

Se accede a través de las siguientes vías:

- Carretera asfaltada de Cusco- Pisac- Calca con una distancia de 51 km siendo la vía principal y la más corta
- Carretera asfaltada Cusco -Chincheru- Urubamba-Calca con una distancia de 75 Km
- Carretera asfaltada Cusco- San Salvador-Pisac-Calca

### 1.4. CLIMA Y VEGETACIÓN

La ciudad de Calca se ubica en la zona climática Semiárido Templado con invierno seco,



correspondiente al piso ecológico: bosque seco-Montano Bajo Subtropical, presentando un clima seco, con una intensa radiación solar durante el día y una baja capacidad de almacenamiento de calor por una escasa cobertura vegetal y baja humedad relativa, que determina *Tabla 5: Grupo etario de la ciudad de Calca.* drásticos cambios de temperatura durante el día y la noche. Los valores de temperatura durante el año oscilan entre una máxima de 25°C y una mínima de 2°C con un promedio de 13.5° durante el año. (LABANI, 2015) Se presenta dos temporadas marcadas de lluvias y de secas, la primera ocurre entre los meses de octubre a marzo, siendo las precipitaciones promedio durante el año de 540 mm y 600 mm, que caracterizan el clima de la zona. (LABANI, 2015)

## 1.5. CARACTERÍSTICAS SOCIALES

### 1.5.1. POBLACIÓN

Según el último censo nacional 2017 el distrito Calca cuenta con **20,628 habitantes**

#### A) POBLACIÓN POR GENERO

La población masculina de la ciudad de Calca representa el 48.35% del total los habitantes, mientras que la población femenina es de 51.65% lo que representa que existen 9,974 varones y 10,654 mujeres.

*Tabla 4: Población de Calca por género.*

GENERO	CANTIDAD	%
Hombres	9974	48.35
Mujeres	10654	51.65
<b>TOTAL</b>	<b>20628</b>	<b>100</b>

*Fuente: INEI. (2017). Censos Nacionales 2017.*

*Sitio web: <https://www.inei.gob.pe/>*

#### B) POBLACIÓN POR EDAD

En la ciudad de Calca se observa que cuenta con una población bastante joven que representa 53% (de 15 a 49 años); el siguiente cuadro muestra el cuadro etario.

GRUPO ETARIO (años)	PERSONAS	%
< 1	340	1.65
1 a 4	1518	7.36
5 a 9	1961	9.51
10 a 14	2217	10.75
15 a 19	2101	10.19
20 a 24	1694	8.21
25 a 29	1518	7.36
30 a 34	1576	7.64
35 a 39	1497	7.26
40 a 44	1291	6.26
45 a 49	1134	5.5
50 a 54	983	4.77
55 a 59	802	3.89
60 a 64	596	2.89
> 65	1400	6.79
<b>TOTAL</b>	<b>20628</b>	<b>100</b>

Fuente: INEI. (2017). Censos Nacionales 2017. Sitio web: <https://www.inei.gob.pe/>

### 1.5.2. VIVIENDA

Los datos del último censo de población y vivienda del INEI (2017), nos indican que en el distrito de Calca existe un total de 20,235 viviendas, de los cuales el mayor porcentaje son casas independientes con 18,114 viviendas.

Tabla 6: Tipo de vivienda en la ciudad de Calca

TIPO DE VIVIENDA	CANTIDAD	%
Casa independiente	18114	89.52
Departamento en edificio	103	0.51
Vivienda en quinta	453	2.24
Vivienda en casa de vecindad	1185	5.86
Choza o cabaña	295	1.46
Vivienda improvisada	73	0.36
Local no habitable	12	0.06
<b>TOTAL</b>	<b>20235</b>	<b>100</b>

Fuente: INEI. (2017). Censos Nacionales 2017. Sitio web: <https://www.inei.gob.pe/>

En el estudio realizado por la Municipalidad de Calca, del levantamiento de campo en el área urbana, se tiene que las edificaciones son de adobe que representa el 82% y de ladrillo

que representa el 17%, significa que en 8 años se ha duplicado la participación porcentual de las edificaciones de este material. Este aspecto es positivo ya que el comportamiento estructural del ladrillo respecto al adobe es mejor lo que reduce la vulnerabilidad y por consiguiente el riesgo de desastre.

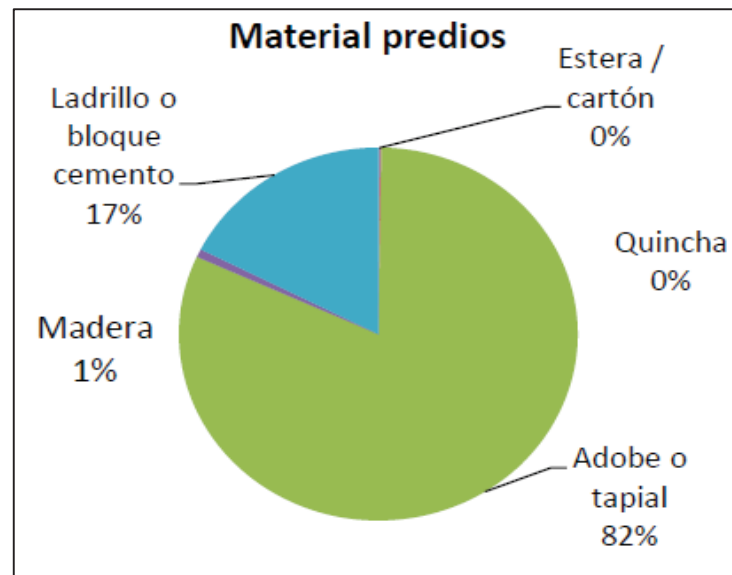


Gráfico 1: Distribución porcentual del tipo de material. Adaptado de LABANI. (2015).

- ESTADO DE CONSERVACIÓN

Respecto al estado de conservación de las edificaciones, se tiene que en muy buen estado y buen estado hay 379 edificaciones que representan el 15% del total levantado, en regular estado 1006 edificaciones que representan el 39%; en mal estado 766 edificaciones que representan el 30% y en muy mal estado 404 edificaciones que representa el 16%.

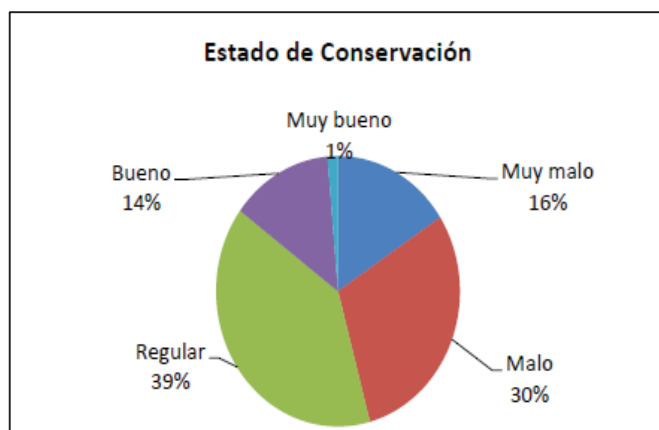


Gráfico 2: Distribución porcentual del estado de conservación de las edificaciones. Adaptado de LABANI. (2015).

### 1.5.3. AGUA POTABLE

El servicio de agua en la ciudad de Calca están a cargo de la administración de la EPS Empresa Municipal de Servicios de Agua Potable y Alcantarillado - EMSAPA Calca SRL; de manera que el sistema operativo, las cobranzas de tarifas y las acciones de operación y mantenimiento de los sistemas las efectúa dicha Empresa de propiedad de la Municipalidad Provincial. (LABANI,2015)

Tabla 7: Conexión de agua potable y alcantarillado.

CATEGORÍA	SUB-CATEGORÍA	VOLUMEN ASIGNADO (m <sup>3</sup> )
Domestica	Domestica A	20
	Domestica B	40
	Domestica C	15
Comercial	Comercial IA	50
	Comercial IB	80
	Comercial IIA	100
Industrial	Industrial A	100
	Industrial B	200
Estatad	Estatad A	50
	Estatad B	100
Social	Social A	15
	social B	40

Fuente: LABANI. (2015). Evaluación de riesgos de desastres de la ciudad de Calca. Calca: Municipalidad provincial de Calca.

#### 1.5.4. ENERGÍA ELÉCTRICA

La empresa Electro Sur Este sector típico 4 correspondiente al sistema eléctrico modelo Valle Sagrado 1 Calca, Pisac, Urubamba es la que brinda el servicio de energía eléctrica a nivel domiciliario en la ciudad de Calca las 24 horas del día. El 98.6% de las viviendas de la ciudad cuentan con este servicio, mientras que el 1.4% de viviendas carecen del mismo. (LABANI, 2015)

#### 1.5.5. EDUCACIÓN

Se aprecia en el siguiente cuadro:

Tabla 8: Categorías según el nivel educativo

NIVEL EDUCATIVO	CANTIDAD	%
Sin nivel	1984	10.0
Inicial	991	5.0
Primaria	5855	30.0
Secundaria	6465	33.0
Básica especializada	23	0.0
Sup. No universitario incompleto	701	4.0
Sup. No universitario completo	1281	7.0
Sup. Universitario incompleto	681	3.0
Sup. Universitario completo	1358	7.0
Maestría/doctorado	179	1.0
<b>TOTAL</b>	<b>19518</b>	<b>100.0</b>

Fuente: LABANI. (2015). Evaluación de riesgos de desastres de la ciudad de Calca. Calca: Municipalidad provincial de Calca.

Respecto al material de construcción en instituciones educativas, se aprecia que el 64 % es de ladrillo, mientras que el 36% es de adobe que es ante sismos e inundaciones un material inapropiado, debiendo considerarse su cambio paulatino a nivel del sector correspondiente. (LABANI, 2015)

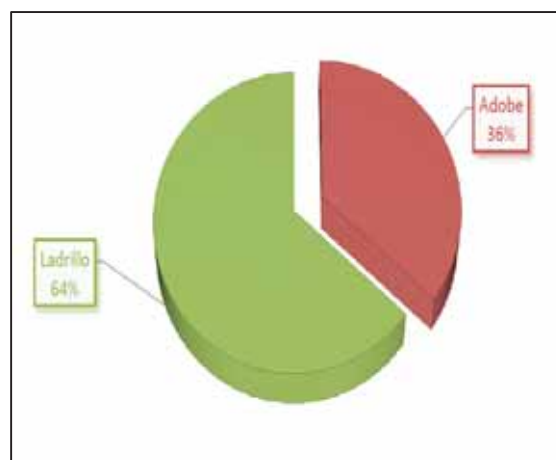


Gráfico 3: Material de construcción en I.E. de la ciudad de Calca. Adaptado de LABANI. (2015).



## 1.5.6. DIFICULTAD O LIMITACIÓN PERMANENTE

Tabla 9: Dificultad o limitación permanente.

DIFICULTAD O LIMITACIÓN PERMANENTE	CANTIDAD
Ver, aun usando anteojos	798
Oír, aun usando audífonos	305
Hablar, aun usando la lengua de señas u otros	89
Moverse o caminar para usar brazos y/o piernas	498
Entender o aprender (concentrarse o recordar)	215
Relacionarse con los demás por sus pensamientos, sentimientos, emociones, etc.	129
Ninguno	14369

Fuente: LABANI. (2015). *Evaluación de riesgos de desastres de la ciudad de Calca*. Calca: Municipalidad provincial de Calca.



## CAPITULO II: GEOMORFOLOGÍA

Según los informes recopilados de la municipalidad provincial de Calca (PREDES y INDECI-PNUD) nos describe la geomorfología de la subcuenca Qochoq.

### 2.1. GEOMORFOLOGÍA REGIONAL

La subcuenca Qochoq está ubicada en el extremo occidental de la Cordillera Oriental, esta subcuenca conforma el río Qochoq que desemboca en el río Vilcanota. (Ver anexo I-Mapa N°03)

#### 2.1.1. CORDILLERA ORIENTAL

La subcuenca se enmarca en el contexto cordillerano, contrastando con el valle del Vilcanota, en la que se aprecia las cumbres del Pituseray, Sarasiray y Colquecruz a una altura de 5000 m.s.n.m. en una orientación andina bastante marcada (NE-SE). Las rocas que afloran en la Cordillera Oriental de la zona de estudio son esencialmente metamórficas del Paleozoico inferior y rocas vulcano-sedimentarias del grupo Mítu, también afloran rocas de edad Meso-Cenozoicas y depósitos cuaternarios. (López, Cuenca y Zevallos, 2008, p. 11)

#### 2.1.2. LADERAS

En esta sección se considera a las laderas como taludes, por tanto, un talud es la inclinación de un terreno y pueden ser considerados como laderas, las vías de comunicación son en realidad “taludes artificiales” y al estar dentro de la demarcación de la zona de estudio



*Imagen 2: Laderas antrópicas o artificiales por construcción de infraestructura vial e hidráulica. Adaptado de PREDES*

podemos considerarlo como tales. (López, Cuenca y Zevallos, 2008, p. 14)

### 2.1.3. PLANICIES

Se denomina en el presente estudio a las geoformas cuya pendiente natural del terreno puede llegar a 10% como máximo, en áreas mayores a dos hectáreas. En estas planicies se ubican algunos poblados de las comunidades o son utilizados como terrenos de cultivo. (López, Cuenca y Zevallos, 2008, p. 14)

### 2.1.4. MORFOLOGÍA MORRENICA

Las morrenas tienen una configuración morfológica muy peculiar, y se puede denominar a alguna de estas formas que presentan las morrenas como camellones o lomo de ballena, ya que se asemejan a una ballena que gira, principalmente cuando son morrenas laterales, pues estas tienen una alineación en su cresta resultado de la dirección del flujo de las morrenas. Ampliamente distribuido se tiene en la planicie de Pampallacta, es la zona con mayor extensión, que significa un gran desarrollo de nevados en esta zona nor oriental durante el pleistoceno, extendiéndose estas hasta las partes bajas de microcuenca de Quiscomayo, al sur de las lagunas de Pampacocha y Suntucocha. (López, Cuenca y Zevallos, 2008, p. 15)



Imagen 3: Morrenas ubicadas por la laguna Azulcocha. (2008). Adaptado de PREDES.



### 2.1.5. TERRAZAS

En la zona se presentan amplias terrazas de relieve llano, ubicados a ambos márgenes del río Vilcanota, mientras que en el fondo del valle del río Qochoq las terrazas son angostas y están dispuestas por etapas (terrazas superpuestas) de relieve suave a regular. (Loayza, 2008, p. 11)

## 2.2. GEOMORFOLOGÍA LOCAL

### 2.2.1. CONOS DE DEYECCIÓN

En las laderas de pendiente suave podemos encontrar conos de deyección, que por la estructura de suelos que presenta son depósitos mixtos, es decir de procesos aluviales y coluviales, en los que se han asentado poblados importantes en la subcuenca.

#### 2.1.1.1. CONO ALUVIAL QOCHOQ

El río Qochoq es el afluente del río Vilcanota en su margen derecha. Sobre depósitos de varios conos aluviales se emplaza la ciudad de Calca, así como las zonas de expansión y territorios agrícolas. Esta subunidad comprende toda el área del cono aluvial Calca (Qochoq), que se debe a la construcción de varios aluviones procedentes principalmente de la quebrada Qochoq y está formado por bloques y gravas en una matriz limo-areno-arcillosa. Es de amplia extensión y baja inclinación, donde se asienta la ciudad de Calca y la mayoría de nuevas expansiones urbanas. Se extiende desde la cota aproximada de 2900 m.s.n.m. que corresponde al límite con el río Vilcanota, hasta las partes bajas de las laderas de los cerros que circundan a la ciudad. Desde el punto urbanístico esta subunidad geomorfológica es importante porque debido a sus grandes extensiones, ha permitido el crecimiento de la ciudad de Calca. (INDECI-PNUD, 2011, p. 10) (Ver anexo I-Mapa N°03-A)



Imagen 4: Vista panorámica del cono aluvial Qochoq, ciudad de Calca. Adaptado de PREDES

#### 2.1.1.2. CONOS COLUVIO ALUVIALES.

Estas geformas se encuentran ubicadas en la unión de algunas quebradas con el río Qochoq, sobre las cuales se han asentado algunas poblaciones como Llanchu que es cono deyectivo de la quebrada Huamanchoque. Otro poblado importante es el de Totorá, asentado sobre otro cono deyectivo Pijchubamba. Algunas comunidades como Pampallacta que se asentó sobre un cono aluvial, la comunidad de Ayapata y Huayllapata que están ubicadas en conos coluviales. (López, Cuenca y Zevallos, 2008, p. 13)



Imagen 5: Puente de Llanchu. Elaboración propia

## 2.2.2. VALLES

### 2.1.1.3. VALLE VILCANOTA

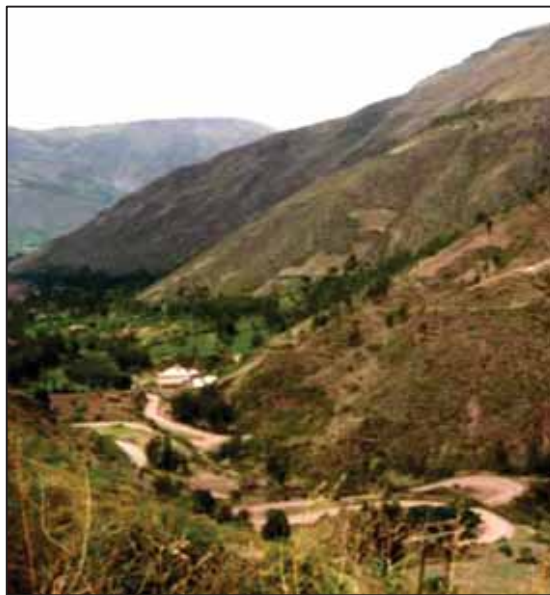
Considerado como un valle interandino que, en la zona de estudio, presenta una dirección preferencial SEE a NOO. Se hace referencia a este valle porque constituye el principal colector de la cuenca hidrográfica, en el cual desemboca el río Qochoq; este valle es el más importante en el Cusco, en el que se ubican principales ciudades en conos o abanicos aluviales similar al de Calca. En este valle existen terrazas fluviales, que indican un proceso de socavación reciente, el cauce del río es aprovechada como canteras de agregados en periodos de estío, las que en temporadas de precipitación pueden ser responsables de inundaciones o socavamiento de zonas inestables, que existe en la ribera del río. (López, Cuenca y Zevallos, 2008, p. 11)



*Imagen 6: Confluencia entre el río Vilcanota y el río Qochoq. Elaboración propia*

#### 2.1.1.4. VALLE DEL RIO QOCHOQ

Tiene una dirección de SW-NE. Este valle se inicia a la población de Totorá, por la confluencia entre las quebradas Totorá y Quicopampa. En este valle se encuentran ubicadas las poblaciones de Totorá, Machacancha, Llancho, Accha baja, Piste y la ciudad de Calca. La llanura aluvial y fluvial corresponde a la zona del valle del río Qochoq cuyas laderas están constituidas por depósitos de deslizamiento, de aluviones y coluviales. Se tiene áreas de cultivo en terrazas fluviales, conos aluviales y planicies de deslizamientos que tiene muy poca pendiente y que han permitido la formación de suelos edáficos aptos para los cultivos y también donde están sentadas las comunidades de Accha baja y Machacancha. (López, Cuenca y Zevallos, 2008, p. 12)



*Imagen 7: Valle del río Qochoq. Adaptado de PREDES*

### **CAPITULO III: GEOLOGÍA GENERAL**

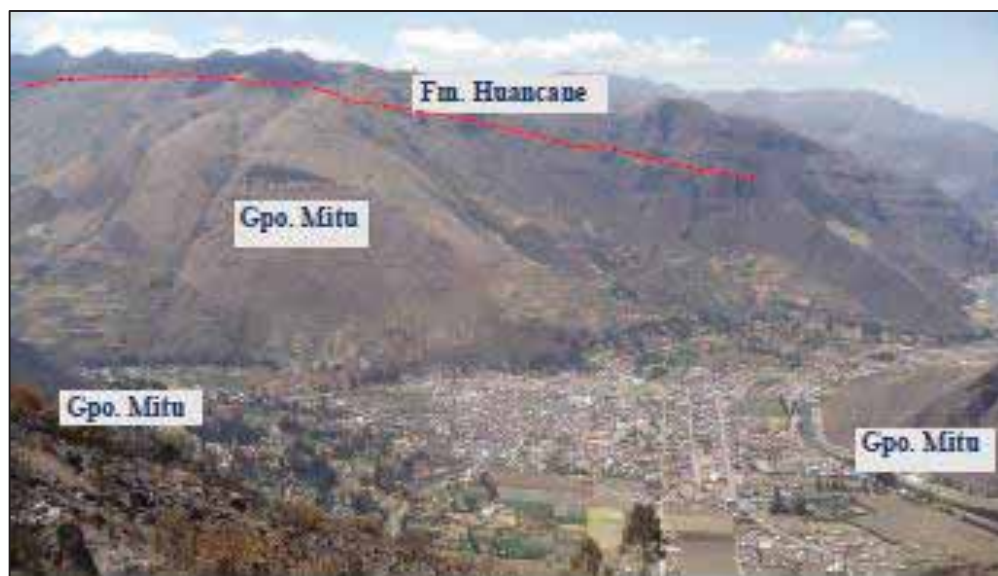
En este capítulo se describen las diferentes formaciones geológicas existentes en la subcuenca Qochoq y alrededores, tipificando sus características. (Ver anexo I-Mapa N°04)

#### **3.1. GRUPO MITU (PeTi-m)**

El grupo Mitu aflora ampliamente en toda la zona de estudio abarcando grandes extensiones en ambos flancos del río Qochoq. La unidad litoestratigráfica que aparece en la zona es la formación Pisac. (Carlotto, Gil, Cárdenas y Chavez, 1996)

##### 3.1.1. FORMACIÓN PISAC

Aflora en el anticlinal del Vilcanota, descansando en discordancia erosional sobre el Grupo Copacabana que compone de un nivel volcánico, sobre el cual se encuentran secuencias de grano estrato creciente de brechas y conglomerados intercalados con areniscas y limolitas rojas, estas secuencias han sido interpretadas como originadas por conos aluviales. (Carlotto et al. ,1996)



*Imagen 8: Presencia de la formación Pisac del grupo Mitu en contacto con la formación Huancané en los cerros circundantes en la ciudad de Calca. Adaptado de PREDES*

### 3.2. FORMACIÓN SAN JOSÉ (Om-sj)

Se localiza en la cabecera de la subcuenca Qochoq entre los 4700 a 4400 m.s.n.m. y se encuentra supra yaciendo al Grupo Mitu, constituidas por pizarras, cuarcitas, esquistos y areniscas en algunos niveles, estas rocas metamórficas tienen similar comportamiento geomecánico debido a que en conjunto han sufrido movimientos tectónicos importantes que se alteraron en su constitución física y química. También fueron alterados en su estructura cristalina interna durante el metamorfismo. (López, Cuenca y Zevallos, 2008)

### 3.3. FORMACIÓN SANDIA (Os-s)

Esta formación sobreyace entre 4700 a 4500 m.s.n.m. las cuarcitas al parecer son predominantes. Constituida por pizarras intercalados con cuarcitas y esquistos. El paso de la formación San José a la formación Sandia, está en concordancia y aparente continuidad estratigráfica, siendo difícil determinar el contacto. (Carlotto et al.,1996)

Estas rocas tienen una composición mineralógica y petrográfica similar que las asemejan en su comportamiento físico-mecánico frente a los agentes condicionantes de los procesos de geodinámica externa. (López et al., 2008)

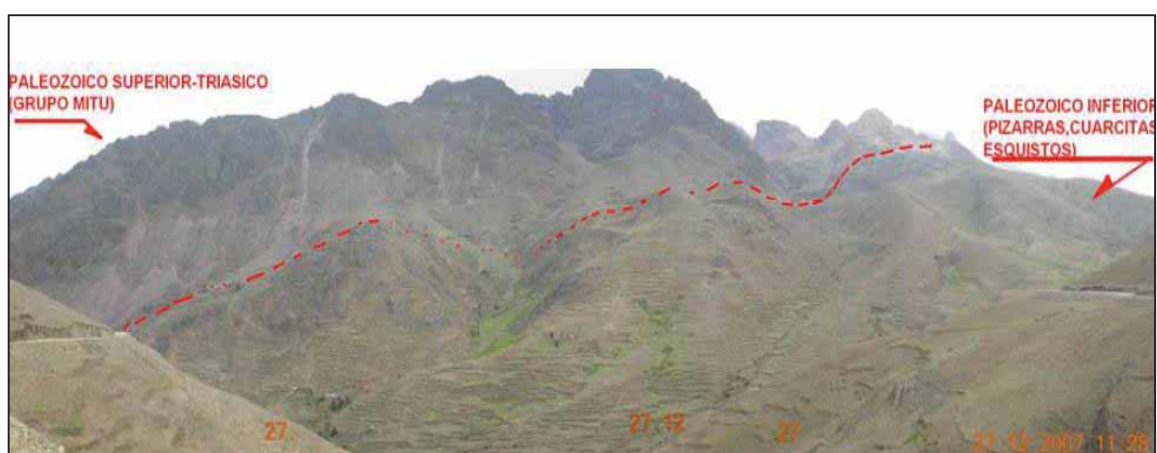


Imagen 9: Contacto entre la formación San José y formación Sandia con la formación Pisac (Grupo Mitu) por la cabecera de la cuenca. Adaptado de PREDES.



### 3.4. FORMACIÓN HUANCANÉ (Kl-hn)

La Formación Huancané reposa en discordancia erosional sobre el Grupo Mitu. Esta formación rocosa aflora; en las partes altas de la zona sureste de la subcuenca, en una zona pequeña (parte alta) y constituye el basamento rocoso de la Laguna Pocchin, constituida principalmente por areniscas cuarzosas limpias y estratificadas de color blanco con tonos rosados, areniscas conglomerádicas y conglomerados. Estas areniscas son bastante resistentes a la erosión por su alto contenido de cuarzo, son permeables por lo que tienen la capacidad de almacenar agua, es decir son buenos acuíferos, debajo de los cuales suele discurrir algunos manantes. (López et al 2008)



*Imagen 10: La formación Huancané se encuentra coronando la zona superior de Accha. Adaptado de PREDES*

### 3.5. GRUPO YUNCAYPATA

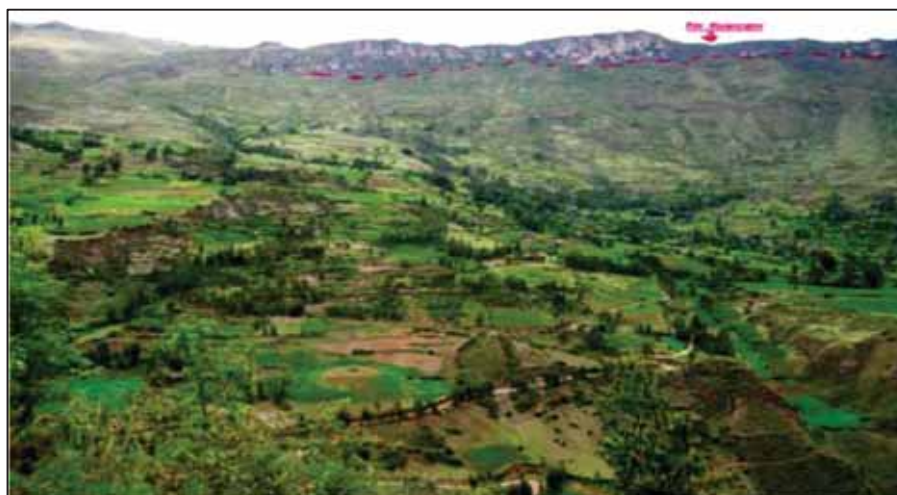
El Grupo Yuncaypata aflora preponderantemente al Sureste de Calca en las partes altas de ambos márgenes del río Vilcanota. Cabe resaltar que los sedimentos pertenecientes a este grupo no forman parte de los depósitos de la quebrada Qochoq y la ciudad de Calca. Este grupo se divide en 4 formaciones: Paucarbamba, Maras, Ayavacas y Puquín. (PNUD, 2011)

En la subcuenca Qochoq aflora la formación Paucarbamba.

### 3.5.1. FORMACIÓN PAUCARBAMBA (Kl-pb)

La Formación Paucarbamba reposa concordantemente sobre la Formación Huancané y aflora en casi todos los lugares donde lo hace la Formación Huancané, del que se distingue claramente por su coloración rojiza. (Carlotto et al.,1996)

Esta formación está constituida por una alternancia de areniscas calcáreas, margas, lutitas amarillas, rojizas y verdes, formando secuencias grano-estrato crecientes depositados en una plataforma litoral. (Carlotto et al., 1996)



*Imagen 11: Se aprecia la formación Paucarbamba que se emplaza junto a la formación Huancané por la parte de la comunidad de Accha. Adaptado de PREDES.*

## 3.6. DEPÓSITOS CUATERNARIOS

### 3.6.1. DEPÓSITOS MORRENICOS (Q-g)

Depósitos de origen glaciar, constituidos por gravas, arenas, limos y arcillas en proporciones diferentes englobando bloques y bolones de diversos tamaños, se ha clasificado las morrenas existentes en la subcuenca Qochoq en dos tipos atendiendo a su origen, tipo de materiales constitutivos y su comportamiento físico-mecánico (López et al., 2008). (Ver anexo I-Mapa N°04-A)

- **MORRENAS PLEISTOCÉNICAS**

Son morrenas que se han formado durante el cuaternario pleistoceno. Afloran en cabeceras de las microcuencas, que sirven en la mayoría de las lagunas como diques naturales de embalse, a veces con morrenas laterales que cubren los flancos laterales de las lagunas. Estas morrenas están constituidas por material proveniente de la erosión de las rocas del substrato rocoso sobre el cual se encuentra desplazándose el glaciar. (López et al., 2008)



*Imagen 12: Morrenas en la zona de Suntucocha. Adaptado de PREDES*

- **MORRENAS RECIENTES**

Son las que se están formando en este último periodo de retroceso glaciar, se puede observar la formación de una morrena completa debajo del glaciar del nevado Colquecruz y Condorhuachana en la Microcuenca Huamanchoque. Estas morrenas permiten evidenciar lo sucedido con las morrenas pleistocénicas de la zona de Huamanchoque, en el que se aprecia el carácter detrítico con ausencia de material fino, ya que están erosionando los acantilados de rocas volcánicas- sedimentarias del grupo Mitu. Por estas características se comportan de manera muy permeable, dejando discurrir las aguas debajo de esta morrena reciente. (López et al., 2008)



*Imagen 13: Morrenas recientes- véase las morrenas frontales y laterales sin cohesión. Adaptado de PREDES*

### 3.6.2. DEPÓSITOS ALUVIALES (Q-al)

Dentro de estos depósitos se consideran los conos aluviales, en la zona de estudio se ha identificado el mayor cono aluvial Qochoq sobre la cuales se emplaza la ciudad de Calca y zonas aledañas. (LABANI ,2015)

Este tipo de depósitos son los que afloran con mayor incidencia en las laderas del valle de Qochoq, que tienen comportamientos diferentes según sea la constitución de estos depósitos, pueden ser muy estables, como también inestables, también es un factor el grado de consolidación, es decir dependerá de la antigüedad del depósito. (López et al., 2008)

### 3.6.3. DEPÓSITOS FLUVIALES (Q-f)

Se ubica a lo largo del cauce del río Qochoq, generalmente estos materiales son inconsolidados y tienen alta permeabilidad; están constituidos por bancos de gravas y arenas, formando una o varias terrazas, las que en algunos casos vienen siendo explotados

para agregados en tiempo de estiaje. Se ubican algunos asentamientos humanos, como Llancho, Totorá y Piste. (López et al., 2008)

#### 3.6.4. DEPÓSITOS COLUVIALES (Q-co)

Son depósitos originados por la descomposición in situ de las rocas, además tienen algún movimiento por gravedad. Estos depósitos se reconocen en las laderas de pendiente fuerte de los cerros circundantes a la ciudad de Calca, así como en las laderas de la quebrada Qochoq, compuestos por material inconsolidado o débilmente consolidado de bloques, gravas en una matriz limo-arcillosa. Las gravas son de pizarras, areniscas, rocas volcánicas, calizas y yesos. (LABANI, 2015)



*Imagen 14: Depósitos coluviales asentados en la carretera del centro poblado de Machacancha.: Elaboración propia*

#### 3.6.5. DEPOSITO COLUVIO-ALUVIAL (Qr-Col-Al)

Formado por clastos cantos y gravas heterométricos, subangulosos a subredondeados en matriz de arena, limo y arcilla porosos y permeables, ubicadas en quebradas, laderas de baja pendiente y piedemonte. (Loayza, 2008)

### 3.7. GEOLOGÍA ESTRUCTURAL

A partir del informe de “Estudio Geológico Geodinámico cuenca Qochoq” elaborado por el Centro de estudios y prevención de desastres (PREDES), al igual que en el boletín del INGEMMET en el cuadrángulo de Urubamba y Calca se considera:

#### 3.7.1. PLIEGUES

En su estudio de López, Cuenca y Zevallos (2008) manifiestan que “El anticlinal del Vilcanota es la estructura plegada de mayor dominio en el área, siendo el flanco norte que tiene una inclinación de  $35^{\circ}$  NE en promedio de las rocas del paleozoico superior (grupo Mítu) en la microcuenca de Huamanchoque, en la zona de Accha baja tiene una inclinación de  $40^{\circ}$ NE, es decir existe una tendencia de la dirección andina (sureste-noroeste) del anticlinal con los rumbos y buzamientos en ese orden”. Así como también al sur este de la Laguna de Suntucocha se puede apreciar una estructura sinclinal con dirección  $160^{\circ}$ NE que atraviesa a las lagunas de Pampacocha y Huymillacocha, lo que significa que el sistema de plegamiento andino ha influido de manera sustancial en la configuración estructural y de deformación de las rocas paleozoicas y también en las del Cretácico”.



Imagen 15: Sinclinal de Suntucocha. Tomado de PREDES, 2008.



### 3.7.2. FALLAS

- FALLA LLANCHU

Es una falla inversa que pone en contacto las rocas del Paleozoico superior (grupo Mitu) con las rocas del cretácico (formación Huancané y Yuncaypata), atraviesa el valle de Qochoq siguiendo la dirección andina, como producto del plegamiento de esta región, haciendo que las rocas más antiguas (paleozoicas) estén en el mismo nivel de las rocas más jóvenes (cretácicas). Esta falla es la causante de la presencia de aguas termales en la zona de Machacancha, ya que sobre este alineamiento fluyen resurgencias termales con presencia de soluciones ricas en carbonatos, que pueden ser del grupo Yuncaypata. (López, Cuenca y Zevallos, 2008, p. 23)

- FALLA TOTORA

La falla inversa que pone en contacto las formaciones rocosas del paleozoico superior (grupo Mitu) con las rocas del paleozoico inferior (pizarras, areniscas y cuarcitas), con una dirección también NW – SE, atravesando desde la comunidad de Pampallacta, pasando por Totora continuando hacia la comunidad de Jatumpampa hacia el abra de Lares. Esta falla delimita la morfología de la subcuenca, dividiéndola en dos sectores claramente definidos, una norte y otra sur, la del norte del paleozoico inferior con un relieve más suave y más erodable a los fenómenos erosivos y de deslizamientos y la zona sur más resistente a estos fenómenos y más proclive a los fenómenos de flujo de derrubios y escombros. (López, Cuenca y Zevallos, 2008, p. 23)



Imagen 16: Falla inversa que delimita a rocas del Paleozoico inferior y superior, zona de Totorá. Tomado de PREDES, 2008.

### 3.7.3. FRACTURAMIENTO

Según López, Cuenca y Zevallos (2008) “El grado de fracturamiento a nivel de la subcuenca es muy alto, habiendo establecido cuatro principales sistemas de fracturas” que son:

- SISTEMA NORTE SUR.

Este sistema de fracturamiento se evidencia en las rocas del grupo Mitu, en el que muestra una alta intensidad de fracturamiento, con una separación entre juntas de pocos centímetros. Las pizarras y esquistos tienen una preferencia NNE-SSW, tal vez un poco perpendiculares a los esfuerzos de compresión del plegamiento. (López, Cuenca y Zevallos, 2008, p. 24)





*Imagen 17: Pizarras y cuarcitas con fracturas de N-S.  
Tomado de PREDES, 2008.*

- SISTEMA ESTE-OESTE

En las pizarras del paleozoico, existe este sistema de fracturas formando un enrejado de rombos con las fracturas del sistema NNE-SSW en la zona de Pampacocha y en la laguna de Huymillacocha. Estas fracturas parecen ser resultado de esfuerzos de tensión de formación de los plegamientos. (López, Cuenca y Zevallos, 2008, p. 24)

- SISTEMA NOROESTE-SURESTE

En las rocas del grupo Mitu también se tiene este sistema de fracturamiento en que existe un conspicuo fracturamiento paralelo a la estratificación de las rocas. Las zonas medidas son cercanas a la Laguna de Azulcocha de Huamachoque y en la parte alta de la microcuenca de Pijchubamba. (López, Cuenca y Zevallos, 2008, p. 25)

- SISTEMA NORESTE-SUROESTE.

Este sistema es la más extendida en la subcuenca, ya que aparece en todos los tipos de rocas, tanto en las pizarras y cuarcitas del paleozoico inferior, como en las rocas volcánicas y sedimentarias del grupo Mitu. Estas fracturas en el mayor de los casos se encuentran con aberturas de algunos milímetros, es decir, son las fracturas de los

que se debe tener muy en cuenta para trabajos de estabilización y otros tipos de obras de infraestructura. (López, Cuenca y Zevallos, 2008, p. 25)



*Imagen 18: Fracturamiento en el Grupo Mitu por la zona de Machacancha. Tomado de PREDES, 2008.*

-



## **CAPITULO IV: HIDROLOGÍA**

En este capítulo se analizará la información hidrológica e hidráulica de la subcuenca Qochoq y el río principal de la ciudad de Calca.

### **4.1. EVALUACIÓN HIDROLÓGICA**

#### **4.1.1. DESCRIPCIÓN HIDROLÓGICA**

La subcuenca del río Qochoq es integrante del sistema hidrográfico del río Vilcanota corresponde a la región hidráulica del Amazonas.

Esta subcuenca posee cuatro microcuencas tributarias: Qochoq bajo, Huamanchoque, Chayñahuaycco y Huaccanhuayco.

El colector principal de la subcuenca es el río Qochoq que se origina de las lagunas ubicadas en las microcuencas de Chayñahuaycco a la margen izquierda y Huaccanhuayco en la margen derecha.

Además de las precipitaciones pluviales se encuentran las masas nivales propias de los andes, de ella la más importante el nevado Pitusiray que se encuentra a 5200 m.s.n.m.

### **4.2. PARÁMETROS MORFOMÉTRICOS**

#### **4.2.1. SUPERFICIE DE LA CUENCA**

- **ÁREA DE LA CUENCA**

Es el área planar (proyección horizontal) incluida en su divisoria topográfica (Villon, 2002, p. 24) que corresponde a **165.03 km<sup>2</sup>** subdividida en sus cuatro microcuencas tributarias.

- *CLASIFICACIÓN*

Según la clasificación del tamaño de la cuenca de Máximo Villon (ver Tabla 11), la cuenca del río Qochoq es una cuenca **PEQUEÑA**, ya que es menor a 250 km<sup>2</sup>.

Tabla 10: Clasificación del tamaño de cuencas

TAMAÑO DE LA CUENCA	DESCRIPCIÓN
<250 km <sup>2</sup>	PEQUEÑA
>250 Km <sup>2</sup>	Grande

Fuente: Villon. (2002). Hidrología. Lima: Edición Villon.

#### 4.2.2. ELEMENTOS DE DISTANCIAS

- *PERÍMETRO DE LA CUENCA*

Se considera todo el entorno a partir del interfluvio o divortium acuarium y tiene influencia en la forma y tiempo de concentración de la cuenca. (Villon, 2002, p. 32). El perímetro de la subcuenca Qochoq es de **64.97 km**

- *LONGITUD AXIAL*

Es la distancia que en línea recta une la desembocadura del drenaje y el punto más extremo de la Microcuenca (Villon, 2002, p. 33). La longitud axial de la cuenca es de **17.89 km**

- *ANCHO MEDIO O PROMEDIO DE LA MICROCUENCA*

El ancho promedio de la cuenca es de **9.22 km**

#### 4.2.3. ELEMENTOS DE FORMA DE LA SUBCUENCA

- *COEFICIENTE DE COMPACIDAD O ÍNDICE DE GRAVELIUS*

Al calcular este resultado Villon, 2002, expresa que “el coeficiente de compacidad es la influencia del perímetro y el área de una cuenca en la escorrentía” (p. 42), se refleja mediante la siguiente formula:

$$Kc = 0,28 \frac{P}{\sqrt{A}}$$

Donde:

- A=Área de la cuenca 165.03 km<sup>2</sup>
- P=Perímetro de la cuenca 64.97 km

Tabla 11: Clasificación de coeficiente de compacidad.

RANGO	DESCRIPCIÓN
1-1.25	Corresponde a forma redonda a oval redonda
1.25-1.5	Corresponde a forma oval redonda a oval oblonda
1.5-1.75	Corresponde a forma oval oblonda a rectangular oblonda

Fuente: Horton. (1993).

El valor indica que la cuenca tiene una **forma oval redonda** porque el valor de Kc es de **1.43**.

#### ▪ FACTOR FORMA

Expresa la relación, entre el ancho promedio de la cuenca y su longitud (Villon, 2002, p. 39)

$$Ff = \frac{Ap}{Lax}$$

Donde

- Ap=Ancho de la cuenca 9.22 km
- Lax= Longitud Axial 17.89 km

Tabla 12: Clasificación de factor forma.

Ff	Descripción
F>1	Redonda
F<1	Alargada

Fuente: Horton. (1993).

Obteniendo como resultado **0.52**, nos indica que la cuenca tiene una **forma alargada** por lo que está menos sujeta a alto riesgo de inundación y erosión superficial, sin embargo, este resultado no indica el grado de incidencia en la cuenca.

- **RECTÁNGULO EQUIVALENTE**

Es una transformación geométrica, que permite representar a la cuenca, con la forma de un rectángulo, que tiene el mismo área y perímetro. (Villon, 2002, p. 42) mediante las siguientes formulas:

Donde:

- $Kc$ =Índice de compacidad 1.43
- $A$ =Área de la cuenca 165.03 km<sup>2</sup>
  - i. Lado Mayor

$$L = \frac{Kc + \sqrt{\pi \cdot A}}{2} + \left(1 + \sqrt{1 - \frac{4}{\pi \cdot Kc^2}}\right)$$

Reemplazando en la formula se obtiene como resultado que el lado mayor tiene **26.28 km**

- ii. Lado menor

$$l = \frac{Kc + \sqrt{\pi \cdot A}}{2} + \left(1 - \sqrt{1 - \frac{4}{\pi \cdot Kc^2}}\right)$$

El lado menor es **6.30 km**.

#### 4.2.4. ELEMENTOS DE RELIEVE DE LA SUBCUENCA

Son características que nos muestra la variación de la inclinación de la superficie de la subcuenca y estas se considera con referencia al nivel del mar, teniendo los siguientes indicios:

- **ALTITUD DE FRECUENCIA MEDIA**

Es la altitud correspondiente al punto de abscisa media de la curva de frecuencia de altitudes (Villon, 2002, p. 38) y se calcula con la siguiente ecuación:

$$Hm = \frac{\sum(ai \times hi)}{Ac}$$

Donde:

- Ac=Área de la cuenca
- Ai\*Hi= Sumatoria entre área parcial y altitud media

Tabla 13: Cálculos para la Altitud de frecuencia Media

COTAS		ÁREA PARCIAL	ALTITUD MEDIA	
		Ai	Hi	Ai*Hi
2900	3000	2.54	2950	7488.24
3000	3100	1.43	3050	4351.42
3100	3200	1.38	3150	4350.47
3200	3300	2.19	3250	7113.77
3300	3400	2.95	3350	9882.59
3400	3500	3.17	3450	10939.02
3500	3600	3.56	3550	12641.38
3600	3700	3.79	3650	13837.60
3700	3800	4.88	3750	18313.22
3800	3900	6.20	3850	23851.97
3900	4000	8.11	3950	32029.83
4000	4100	9.43	4050	38204.57
4100	4200	13.52	4150	56108.75
4200	4300	19.65	4250	83499.35
4300	4400	20.80	4350	90485.83
4400	4500	20.64	4450	91854.02
4500	4600	16.36	4550	74442.61
4600	4700	10.46	4650	48618.56
4700	4800	5.91	4750	28077.68
4800	4900	3.44	4850	16664.07
4900	5000	1.99	4950	9849.81
5000	5100	1.09	5050	5502.22
5100	5200	0.59	5150	3020.50
5200	5300	0.31	5250	1647.36
5300	5400	0.30	5350	1593.48
5400	5500	0.16	5450	865.32
5500	5600	0.17	5550	957.21
<b>Área</b>		<b>165.011</b>		<b>696190.85</b>

Fuente: Elaboración propia

La altitud de frecuencia media de la cuenca es de **4219.06 m.s.n.m.**

▪ **ALTITUD MEDIA**

Es la ordenada media de la curva hipsométrica, en ella el 50% del área de la cuenca, está situado por encima de esa altitud y el 50% está situado por debajo de ella (Villon, 2002, p. 36-37), La curva hipsométrica representa la relación entre la altitud y la superficie de la cuenca que queda sobre esa altitud

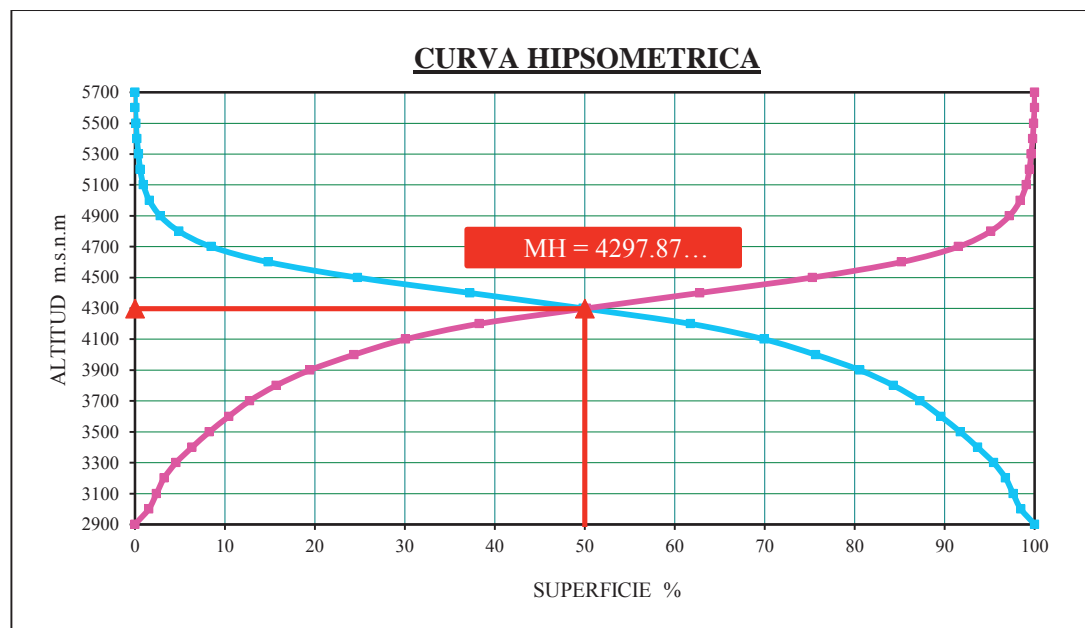


Gráfico 4: Curva Hipsométrica del área de la cuenca. Elaboración propia

Por la curva hipsométrica la altitud media es de **4297.87 m.s.n.m.**



- **POLÍGONO DE FRECUENCIAS O ALTITUDES.**

Viene a constituir un diagrama o histograma invertido que nos indica la diferencia porcentual del área que ocupa diferentes altitudes. Esta gráfica se debe determinar alturas características de la subcuenca. (Villon, 2002, p. 37).

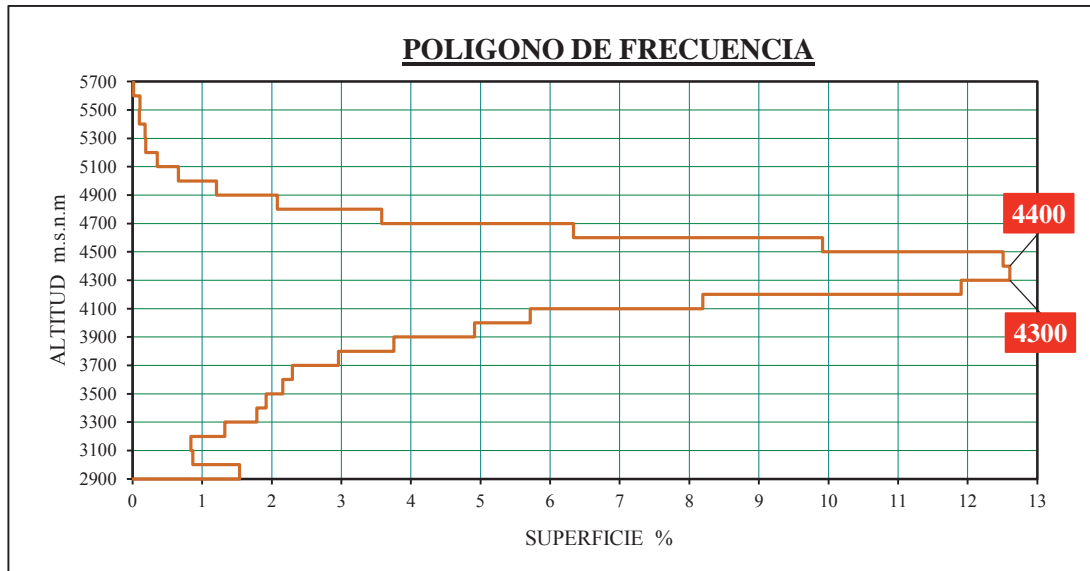


Gráfico 5: Polígono de frecuencia. Elaboración propia

El mayor porcentaje de área esta entre las altitudes de 4300 y 4400 m.s.n.m.

- **PERFIL LONGITUDINAL**

El cauce del rio Qochoq nace en subcuenca del rio Huacanhuyco, naciente en la laguna Azulcocha (4700 m.s.n.m.) hasta el rio Vilcanota (2900 m.s.n.m.)

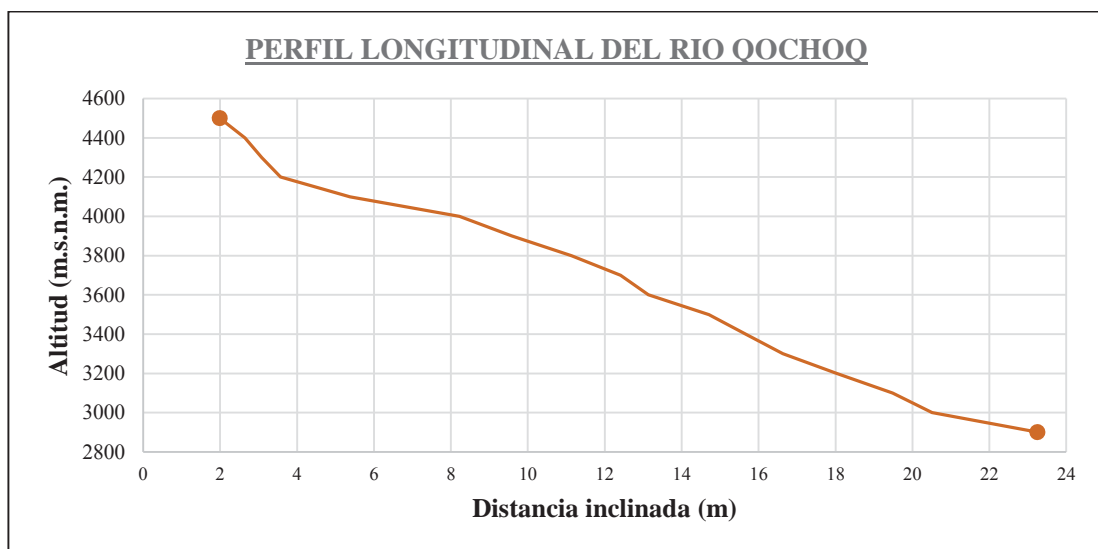


Gráfico 6: Perfil longitudinal del rio Qochoq. Elaboración propia



#### 4.2.5. DECLIVIDAD DE ÁLVEOS

El cauce principal y su red tributaria discurre con una velocidad que depende directamente de la declividad de estos, a mayor declividad habrá mayor velocidad de escurrimiento y erosión fluvial.

- *PENDIENTE DEL CAUCE*

En el libro de Hidrología General, Villon (2002) considera la pendiente del cauce “como el cociente que resulta de dividir el desnivel de los extremos del río entre la longitud horizontal de dicho tramo” (p. 54) Se desarrolla por dos tipos de métodos que son:

##### **Método I: Pendiente Uniforme**

$$S = \frac{H}{L} \cdot 100$$

Donde:

- L= Longitud del cauce            23.17 km
- H= Diferencia de cotas            1.7 km

Obteniendo como resultado **7.34%**

##### **Método II: Ecuación de Taylor y Schwarz**

Este método considera que un río está formado por “n” tramos de igual longitud, cada uno de ellos con pendiente uniforme. (Villon, 2002, p. 56)

Se utiliza la siguiente ecuación:

$$S = \left( \frac{\sum Li}{\sum \frac{Li}{Si^{0.5}}} \right)^2 \eta$$

Donde:

- $\sum Li$ = Sumatoria de longitud del tramo i
- $\sum Si$ =Sumatoria de pendiente del tramo i

Tabla 14: Cálculos mediante el método de la ecuación de Taylor y Schwarz

Cota Inf		Diferencia de cotas	Distancia Horizontal	Distancia Inclinada	Promedio	Acumulado de DH	Pendiente por segmento	S <sup>0.5</sup>	DI/S <sup>0.5</sup>
		Dif	DH	DI		Hi	S		
		m	m	m	m		m/m		
2900	3000	100	2740.55	2742.37	2950.00	2740.55	0.04	0.19	14356.37
3000	3100	100	1983.87	1986.39	3050.00	4724.42	0.05	0.22	8847.51
3100	3200	100	1014.79	1019.71	3150.00	5739.21	0.10	0.31	3248.35
3200	3300	100	1444.50	1447.96	3250.00	7183.71	0.07	0.26	5503.18
3300	3400	100	1404.53	1408.08	3350.00	8588.23	0.07	0.27	5277.08
3400	3500	100	958.89	964.09	3450.00	9547.13	0.10	0.32	2985.41
3500	3600	100	957.78	962.99	3550.00	10504.91	0.10	0.32	2980.25
3600	3700	100	1570.03	1573.21	3650.00	12074.94	0.06	0.25	6233.65
3700	3800	100	714.38	721.34	3750.00	12789.32	0.14	0.37	1927.99
3800	3900	100	1266.99	1270.93	3850.00	14056.30	0.08	0.28	4523.83
3900	4000	100	1555.48	1558.69	3950.00	15611.78	0.06	0.25	6147.39
4000	4100	100	1353.93	1357.62	4050.00	16965.71	0.07	0.27	4995.46
4100	4200	100	2845.68	2847.44	4150.00	19811.39	0.04	0.19	15189.62
4200	4300	100	1799.46	1802.24	4250.00	21610.85	0.06	0.24	7645.09
4300	4400	100	482.16	492.42	4350.00	22093.01	0.21	0.46	1081.28
4400	4500	100	426.22	437.79	4450.00	22519.23	0.23	0.48	903.83
4500	4600	100	648.49	656.16	4550.00	23167.72	0.15	0.39	1670.95
<b>TOTAL</b>		1700	23167.72	23249.42			1.64	1.28	93517.23

Fuente: Elaboración propia

Por el método de la ecuación de Taylor y Schwarz la pendiente media del cauce es de **6.18%**

A partir de la Tabla 14 se obtiene el siguiente gráfico:

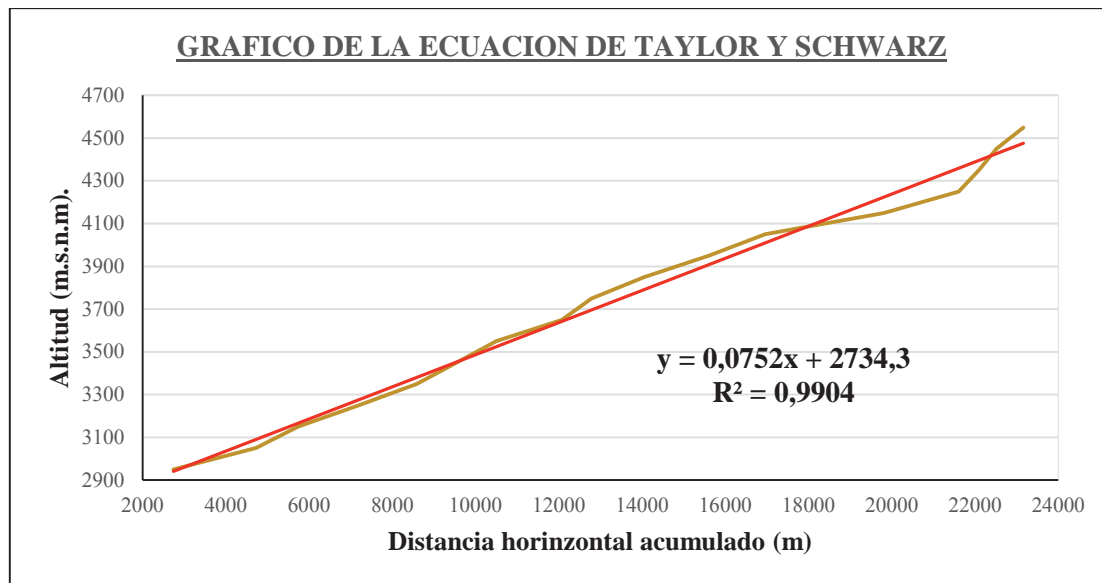


Gráfico 7: Gráfico de ecuación de Taylor y Schwarz. Elaboración propia

El valor que se obtuvo de la gráfica es de **7.52%** según la ecuación de Taylor y Schwarz.

Se selecciono el método de grafico de la ecuación de Taylor y Schwarz para la pendiente del cauce ya que es el valor máximo de los diferentes métodos empleados. Por lo tanto, la pendiente del cauce principal de la subcuenca Qochoq es de **7.52%**

#### 4.2.6. DECLIVIDAD DE TERRENO

Influye directamente en el escurrimiento superficial controlando en gran parte su velocidad y afectando al tiempo que el agua de lluvia demora en concentrarse en los lechos fluviales que forman la red de drenaje de la cuenca. Se utilizarán los siguientes parámetros:

- **PENDIENTE DE LA CUENCA**

Para hallar la pendiente de la cuenca se tomó el criterio del rectángulo equivalente. (Villon, 2002, p. 53).

$$I_p = \sum_{i=2}^n \sqrt{\beta_i(a_i - a_{i-1})} \times \frac{1}{\sqrt{L}}$$

**Dónde:**

$I_p$  = Índice de pendiente.

$$\beta_i = \frac{A_i}{A_t}$$

L = Longitud del lado mayor del rectángulo equivalente.

Tabla 15: Cálculos para la pendiente de la cuenca.

COTA		ÁREA	Bi	Ip
msnm				
2900	3000	2.54	0.0154	0.0392
3000	3100	1.43	0.0086	0.0294
3100	3200	1.38	0.0084	0.0289
3200	3300	2.19	0.0133	0.0364
3300	3400	2.95	0.0179	0.0423
3400	3500	3.17	0.0192	0.0438
3500	3600	3.56	0.0216	0.0465
3600	3700	3.79	0.0230	0.0479
3700	3800	4.88	0.0296	0.0544
3800	3900	6.20	0.0375	0.0613
3900	4000	8.11	0.0491	0.0701
4000	4100	9.43	0.0572	0.0756
4100	4200	13.52	0.0819	0.0905
4200	4300	19.65	0.1191	0.1091
4300	4400	20.80	0.1261	0.1123
4400	4500	20.64	0.1251	0.1118
4500	4600	16.36	0.0992	0.0996
4600	4700	10.46	0.0634	0.0796
4700	4800	5.91	0.0358	0.0599
4800	4900	3.44	0.0208	0.0456
4900	5000	1.99	0.0121	0.0347
5000	5100	1.09	0.0066	0.0257
5100	5200	0.59	0.0036	0.0189
5200	5300	0.31	0.0019	0.0138
5300	5400	0.30	0.0018	0.0134
5400	5500	0.16	0.0010	0.0098
5500	5600	0.17	0.0010	0.0102
5600	5700	0.02	0.0001	0.0036
<b>ÁREA</b>		<b>165.011</b>		<b>1.4144</b>
<b>ÍNDICE DE PENDIENTE DE LA CUENCA</b>			<b>Ip</b>	<b>27.64%</b>

Fuente: Elaboración propia

La pendiente de la subcuenca Qochoq es de **27.64%**. (Ver anexo I-Mapa N°05)

### 4.3. PARÁMETROS HIDROMORFOMÉTRICOS

#### 4.3.1. ORDEN DE LAS CORRIENTES

En toda red fluvial hay una jerarquía de cauces. En el libro de Hidrología, Villon (2002) describió que “Las corrientes de orden uno, son aquellas que no tienen ningún tributario; de orden dos, a las que solo tienen tributarios de orden dos; de orden tres, aquellas corrientes con dos o más tributarios de orden dos, etc” (p. 61)

El nivel de categoría del cauce principal es de **cuarto orden**

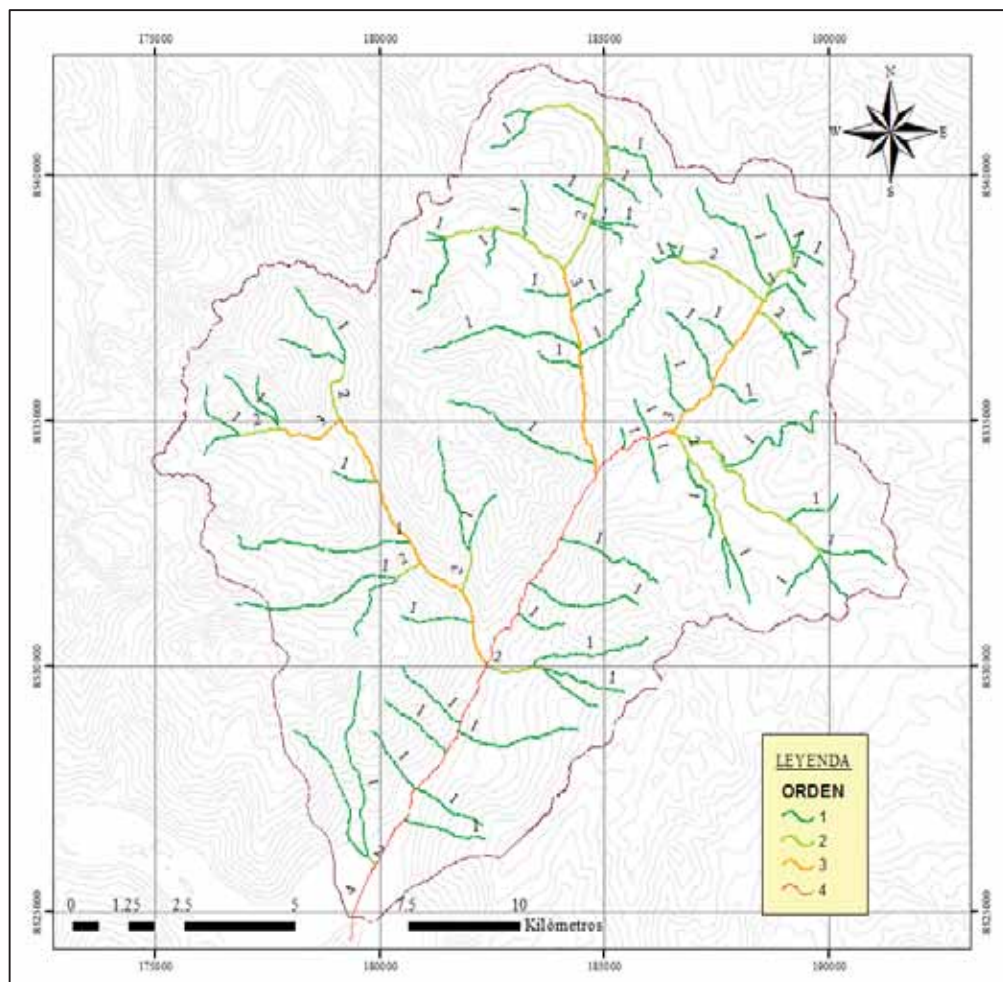


Imagen 19: Mapa de Orden de drenajes. Elaboración propia

- **LONGITUD TOTAL DE DRENAJES**

Se presenta el cuadro de corrientes de cada orden con su respectiva longitud.

Tabla 16: Longitud de drenajes.

GRADO	N° DE RÍOS	LONGITUD (km)
1	71	116.62
2	14	26.11
3	4	17.01
4	1	14.02
<b>TOTAL</b>	<b>90</b>	<b>173.77</b>

Fuente: Elaboración propia

#### 4.3.2. RELACIÓN DE BIFURCACIÓN DE LOS RÍOS

Según Villon, (2011) Horton introdujo este concepto para definir el cociente entre el número de drenaje de cualquier orden y el número de drenaje del orden del siguiente orden superior, es decir:

$$Rb = \frac{Nn}{N(n+1)}$$

Donde:

- $Nn$  = Numero de drenaje anterior
- $N(n+1)$  = Numero de drenaje superior

Tabla 17: Tabla de Bifurcación de ríos

GRADO	N° DE RÍOS	LONGITUD (km)	R. BIFURCACIÓN
1	71	116.62	
2	14	26.11	5
3	4	17.01	4
4	1	14.02	4
		<b>Promedio</b>	<b>4.19</b>

Fuente: Elaboración propia

Es decir que por cada drenaje de 2° orden existen 5 drenajes de primer orden, por cada drenaje de 3° orden se halla 5 drenajes de segundo orden, así como de 4° orden se encuentra 4 drenajes de tercer orden.

#### 4.3.3. LEY DE RELACIÓN DE LONGITUD

La relación de longitud es igual a la longitud promedio de un orden sobre la longitud promedio del orden inferior.

$$Ri = \frac{\text{Promedio}_i}{\text{Promedio}_{i-1}}$$

Tabla 18: Tabla de relación de longitud

GRADO	Nº DE RÍOS	LONGITUD (km)	PROMEDIO	Ri (km)
1	71	116.62	1.64	
2	14	26.11	1.87	1.14
3	4	17.01	4.25	2.28
4	1	14.02	14.02	3.30

Fuente: Elaboración propia

Por cada km de drenaje de 2° orden se halla 1.14 km de drenaje de primer orden, por cada km de drenaje de 3° orden existe 2.28 km de drenaje de segundo orden, por último, por cada km de drenaje de 4° orden se encuentra 3.30 km de drenaje tercer orden.

#### 4.3.4. DENSIDAD DE DRENAJE

Es un parámetro que indica la posible naturaleza de los suelos, que se encuentra en la cuenca. También proporciona una idea sobre la cobertura que existe en la cuenca. (Villon, 2002, p. 63). Esta denotado por:

$$Dc = \frac{Nc}{A}$$

Donde:

- Nc= Numero de drenaje superior 90 (Tabla 16)
- A= Área de la cuenca 165.03 km<sup>2</sup>

Nos indica un valor de **0.55**, es decir bajo por lo que se deduce que hay suelos duros, poco erosionables o muy permeables y cobertura vegetal densa.





#### 4.4. PARÁMETROS ADICIONALES

##### 4.4.1. TIEMPO DE CONCENTRACIÓN

Para hallar el tiempo de concentración se realizó mediante la fórmula de Kirpich.

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

Donde:

- L= Longitud del cauce 23249.42 m
- H= Diferencia de cotas 1700.00 m

El resultado que se obtiene es **120.216 min**, que es **2.004 hr**

##### 4.4.2. LAG TIME

El tiempo de retraso (lag time) se estima mediante el tiempo de concentración (Villon, 2002, p. 226) con la siguiente formula:

$$lag\ time = 0.6 * t_c$$

Donde:

- T<sub>c</sub>= Tiempo de concentración.

Obteniendo como resultado de **73.13 min** y **1.20 en hr**.

##### 4.4.3. COEFICIENTE DE ESCORRENTÍA

Es el agua que llega al cauce de evacuación, representa una fracción de la precipitación total. A esa fracción se le denomina coeficiente de escorrentía, que no tiene dimensiones. Los valores dependen de factores topográficos (pendiente), textura de suelo y uso de suelo. (Villon, 2002, p. 256).

Se presentan valores del coeficiente de escorrentía en función a pendientes, textura de suelo y uso de suelos (Villon, 2002, p. 257): (Ver anexo I-Mapa N°06-07)

Tabla 19: Coeficiente de escorrentía.

USO DE SUELO	TIPO DE SUELO	PENDIENTES				
		>50%	20-50 %	5-20%	1-5%	0-1%
Sin Vegetación	Impermeable	0.8	0.75	0.7	0.65	0.6
	Semipermeable	0.7	0.65	0.6	0.55	0.5
	Permeable	0.5	0.45	0.4	0.35	0.3
Cultivos	Impermeable	0.7	0.55	0.6	0.55	0.5
	Semipermeable	0.6	0.55	0.5	0.45	0.4
	Permeable	0.4	0.35	0.3	0.25	0.2
Pastos, Vegetación ligera	Impermeable	0.65	0.6	0.55	0.5	0.45
	Semipermeable	0.55	0.5	0.45	0.4	0.35
	Permeable	0.35	0.3	0.25	0.2	0.15
Hierba, Grama	Impermeable	0.6	0.55	0.5	0.45	0.4
	Semipermeable	0.5	0.45	0.4	0.35	0.3
	Permeable	0.3	0.25	0.2	0.15	0.1
Bosque, Densa Vegetación	Impermeable	0.55	0.5	0.45	0.4	0.35
	Semipermeable	0.45	0.4	0.35	0.3	0.25
	Permeable	0.25	0.2	0.15	0.1	0.05

Fuente: Elaboración propia

Cuando la cuenca se compone de superficies de distintas características, el valor de  $C_e$  se obtiene como una media ponderada, se presenta la siguiente ecuación: (Ver anexo I-Mapa N°08)

$$C_e = \frac{\sum_{i=1}^n C_i * A_i}{\sum_{i=1}^n A_i}$$

Los cálculos se realizaron en ArcMap, obteniendo como resultado **0.59**

#### 4.4.4. NUMERO DE CURVA

El número de curva (CN) es un parámetro empírico desarrollado por el Servicio de Conservación de Suelos (SCS) para determinar las pérdidas de precipitación (infiltración).

Tabla 20: Numero de curva

USO DE LA TIERRA	TRATAMIENTO O PRACTICA	CONDICIÓN HIDROLÓGICA	NUMERO DE CURVA			
			A	B	C	D
Descuido, en descanso, sin cultivos	Surcos rectos		77	86	88	91
Cultivos	Surcos rectos	pobre	72	81	85	89
		buena	67	78	84	88
	Curvas de nivel	pobre	70	79	82	86
		buena	65	75	80	82
	Curva de nivel y en terrazas	pobre	66	74	78	81
		buena	62	71	84	88
Pequeños granos	Surcos rectos	pobre	65	76	83	87
		buena	63	75	82	85
	Curvas de nivel	pobre	63	74	81	84
		buena	61	73	79	82
	Curva. de nivel y en terrazas	pobre	61	72	78	81
		buena	59	70	85	89
Sembríos cerrados, legumbres o sembríos en rotación	Surcos rectos	pobre	66	77	81	85
		buena	58	72	83	85
	Curvas de nivel	pobre	64	75	78	83
		buena	55	69	80	83
	Curva. de nivel y en terrazas	pobre	63	73	76	80
		buena	51	67	86	89
Pastizales o similares		pobre	68	79	79	84
		regular	49	69	74	80
		buena	39	61	81	88
	Curvas de nivel	pobre	47	67	75	83
		regular	25	59	70	79
		buena	6	35	71	78
Praderas		buena	30	58	77	83
Bosques		pobre	45	66	73	79
		regular	36	60	70	77
		buena	59	55	82	86
Caminos, incluyendo derecho de vía	Cieno		72	74	87	89
	Superficie firme		74	82	90	92

Fuente: Villon. (2002). Hidrología. Lima: Edición Villon.

Mediante el mapa de uso de suelos se determinó el impacto, producido por la presencia o ausencia de cubierta vegetal, en la velocidad con que escurre el agua en la cuenca, además de la cantidad de agua infiltrada en el suelo y la cantidad de agua interceptada.

Según SCS clasificamos el uso de suelos de la subcuenca Qochoq de la siguiente manera:

Tabla 21: Tabla de clasificación de uso de suelos que existe en la cuenca según SCS

<b>USO DE SUELOS</b>	<b>SCS</b>
Tierras de cultivo	Cultivos
Afloramiento Rocoso	Descuidado, en descanso, sin cultivos
Tierra sin uso	
Población	
Tierras improductivas	
Laguna	Pastizales o similares
Pantanos y Ciénegas	Praderas

Fuente: Villón. (2002). Hidrología. Lima: Edición Villón.

Tabla 22: Cobertura vegetal y condición hidrológica según SCS

<b>COBERTURA VEGETAL</b>	<b>CONDICIÓN HIDROLÓGICA</b>
>75% del área	BUENA
entre 50% y 75% del área	REGULAR
<50% del área	POBRE

Fuente: Elaboración propia.

También se utilizó el mapa de textura de suelos, para la condición y el grupo hidrológico. (Villón, 2002, p. 268)

Tabla 23: Tabla del grupo hidrológico según SCS

<b>GRUPO HIDROLÓGICO DE SUELO</b>	
<b>A</b>	Bajo potencial de escorrentía
<b>B</b>	Moderado bajo potencial de escorrentía
<b>C</b>	Moderado alto potencial de escorrentía
<b>D</b>	Alto potencial de escorrentía

Fuente: Villón. (2002). Hidrología. Lima: Edición Villón.

Se presenta el CN de la subcuenca Qochoq en la siguiente tabla:

Tabla 24: Numero de curva de la subcuenca Qochoq

<b>USO DE SUELOS</b>	<b>SCS</b>	<b>Grupo Hidr</b>	<b>CN</b>
Afloramiento Rocoso	Descuidado, en descanso y sin cultivo	C	90
		D	91
Laguna	Pastizales o similares	A	70
Pantanos y Ciénegas	Praderas	A	30
		B	58
		C	71
Población	Descuidado, en descanso y sin cultivo	B	61
		D	94
Tierra sin uso	Descuidado, en descanso y sin cultivo	B	86
		C	91
Tierras de cultivo	Cultivos	A	62
		B	71
		C	78
Tierras improductivas	Descuidado, en descanso y sin cultivo	B	86
		C	91
		D	94
<b>PROMEDIO</b>			<b>69.14</b>

Fuente: Elaboración propia.

Por lo tanto, el número de curva de nuestra zona de estudio es **69** (Ver anexo I-Mapa N°09)

#### 4.4.5. PERDIDAS INICIALES

Se realizó por el método de SCS para abstracciones (Ven Te Chow, 1994, p. 150) con la siguiente formula:

$$Ia = 0.2 \times S$$

Donde:

- **S**=Infiltración potencial máxima (mm) y se relacionado con el número de curva

$$S = \frac{25400}{CN} - 245$$

La infiltración potencial máxima es de **123.12 mm**.

Se calculó las pérdidas iniciales, teniendo:

Tabla 25: Pérdidas iniciales.

CUENCA	S	Ia
Qochoq	123.12	24.62

Fuente: Elaboración propia.

#### 4.4.6. COEFICIENTE DE MANNING

Según el libro de Hidrología, Villon (2011) “El coeficiente de Manning es encargado de estudiar la rugosidad teniendo en cuenta las características del cauce, para elegir el coeficiente de rugosidad (n-Manning) se muestran valores para canales naturales calculados por U.S. Geological Survey y presentado por Barnes en su libro Roughness Characteristics of Natural Channels.”

Tabla 26: Coeficiente de Manning.

Tabla 6.2 Valores de $n$ dados por Horton para ser usados en las fórmulas de Kutter y de Manning				
Superficie	Condiciones de las paredes			
	Perfectas	Buonas	Medianas	Malas
Tubería hierro forjado negro comercial	0.012	0.013	0.014	0.015
Tubería hierro forjado galvanizado comercial	0.013	0.014	0.015	0.017
Tubería de latón o vidrio	0.009	0.010	0.011	0.013
Tubería acero remachado en espiral	0.013	0.015*	0.017*	
Tubería de barro vitrificado	0.010	0.013*	0.015	0.017
Tubos comunes de barro para drenaje	0.011	0.012*	0.014*	0.017
Tabique vidriado	0.011	0.012	0.013	0.015
Tabique con mortero de cemento; albañales de tabique	0.012	0.013	0.015*	0.017
Superficies de cemento pulido	0.010	0.011	0.012	0.013
Superficies aplanadas con mortero de cemento	0.011	0.012	0.013*	0.015
Tuberías de concreto	0.012	0.013	0.015*	0.016
Tuberías de duela	0.010	0.011	0.012	0.013
Acueductos de tablón:				
Labrado	0.010	0.012*	0.013	0.014
Sin labrar	0.011	0.013*	0.014	0.015
Con astillas	0.012	0.015*	0.016	
Canales revestidos con concreto	0.012	0.014*	0.016*	0.018
Superficie de mampostería con cemento	0.017	0.020	0.025	0.030
Superficie de mampostería en seco	0.025	0.030	0.033	0.035
Acueducto semicirculares metálicos, lisos	0.011	0.012	0.013	0.015
Acueducto semicirculares	0.0225	0.025	0.0275	0.030
metálicos corrugados				
Canales y zanjas:				
En tierra, alineados y uniformes	0.017	0.020	0.0225	0.025*
En roca, lisos y uniformes	0.025	0.030	0.033*	0.035
En roca, con salientes y sinuosos	0.035	0.040	0.045	
Sinuosos y de escurrimiento lento	0.0225	0.025*	0.0275	0.030
Degradados en tierra	0.025	0.0275*	0.030	0.033
Con lecho pedregoso y bordos de tierra enhiervados	0.025	0.030	0.035*	0.040
Plantilla de tierra, taludes asperos	0.028	0.030*	0.033*	0.035
Corrientes naturales:				
(1) Limpios, bordos rectos, llenos, sin hendeduras ni charcos profundos.	0.025	0.0275	0.030	0.033
(2) Igual al (1) pero con algo de hierba y piedra.	0.030	0.033	0.035	0.040
(3) Sinuosos, algunos charcos y escollos, limpio	0.033	0.035	0.040	0.045
(4) Igual al (3), de poco tirante, con pendiente y sección menos eficiente.	0.040	0.045	0.050	0.055
(5) Igual al (3), algo de hierba y piedras.	0.035	0.040	0.045	0.050
(6) Igual al (4), secciones pedregosas.	0.045	0.050	0.055	0.060
(7) Ricos con tramos lentos, cauce enhiervado o con charcos profundos.	0.050	0.060	0.070	0.080
(8) Playas muy enhiervadas	0.075	0.100	0.125	0.150

(\*) Valores de uso común en proyectos

Fuente: Villón. (2002). Hidrología. Lima: Edición Villón.



## 4.5. HIDROLOGÍA ESTADÍSTICA

En el libro de Hidrología Estadística, Villon (2011) expreso que para comprender los principios fundamentales de la probabilidad y la estadística aplicada a la hidrología es necesario contar con algunas herramientas estadísticas que han sido aplicadas con éxito para la solución de problemas hidrológicos. Los datos recopilados solo representan una información en bruto, pero si estos se organizan y analizan en forma adecuada proporcionan una herramienta de gran utilidad

### 4.5.1. ANÁLISIS EXPLORATORIO

El análisis exploratorio de una serie de precipitaciones consiste en detectar por medios gráficos y cuantitativos la existencia o no de alguna tendencia y/o cambio, y la homogeneidad de la serie. El esquema metodológico de un análisis exploratorio empieza por un análisis gráfico, continua con las pruebas estadísticas (Smirnov Kolmogorov) para confirmar la posible distribución normal de los datos

#### 4.5.1.1. ANÁLISIS EXPLORATORIO GRAFICO (AEG)

El AEG es el primer análisis para realizar antes de cualquier análisis confirmatorio o cuantitativo. Dentro de ello se recomienda utilizar:

- La grafica de serie de tiempos con el propósito de observar cambios, saltos y/o tendencias.
- La grafica de doble que permite detectar cambios o errores en la serie
- La grafica de normalidad, para comprobar la distribución de los datos mensuales que se ajustan a una distribución normal.

Se utilizará el primer análisis de serie de tiempo, donde observará los cambios, saltos y/o tendencias como se muestra en los siguientes gráficos.

### Estación Colquepata

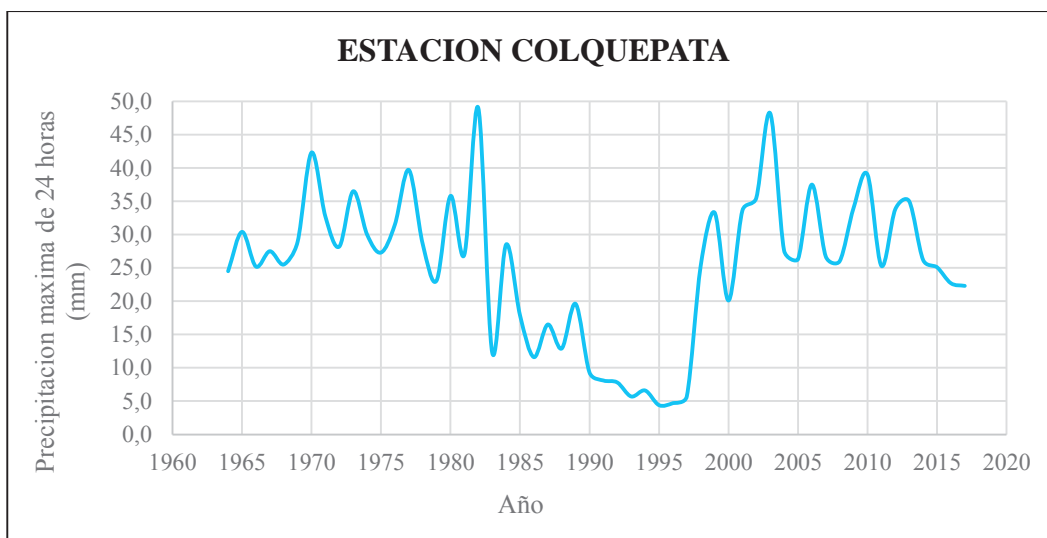


Gráfico 8: Serie de tiempo-Estación Colquepata. Elaboración propia

### Estación Kayra

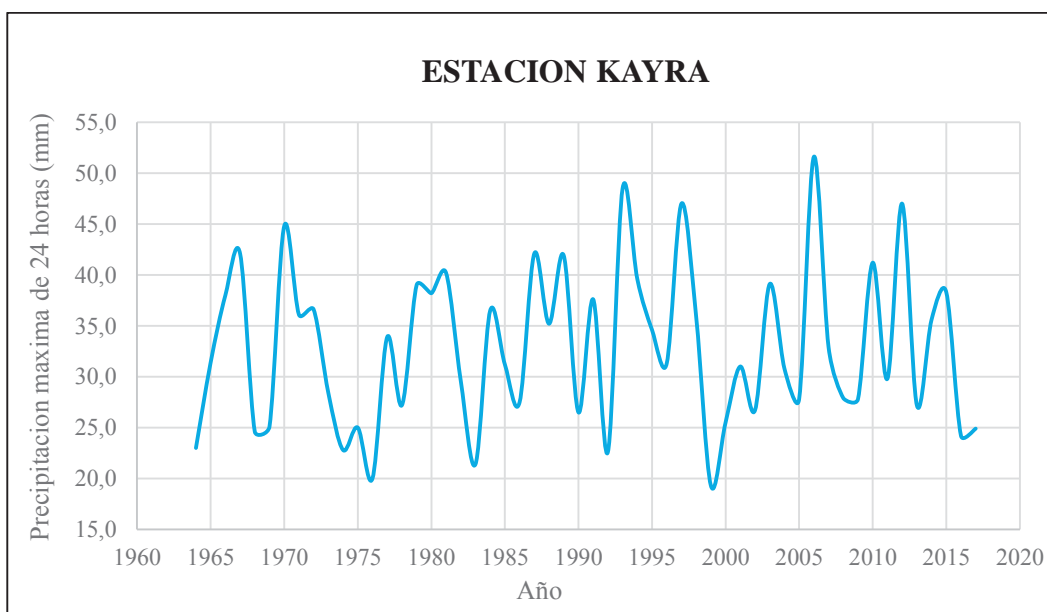


Gráfico 9: Serie de tiempo-Estación Kayra. Elaboración propia



### Estación Pisac

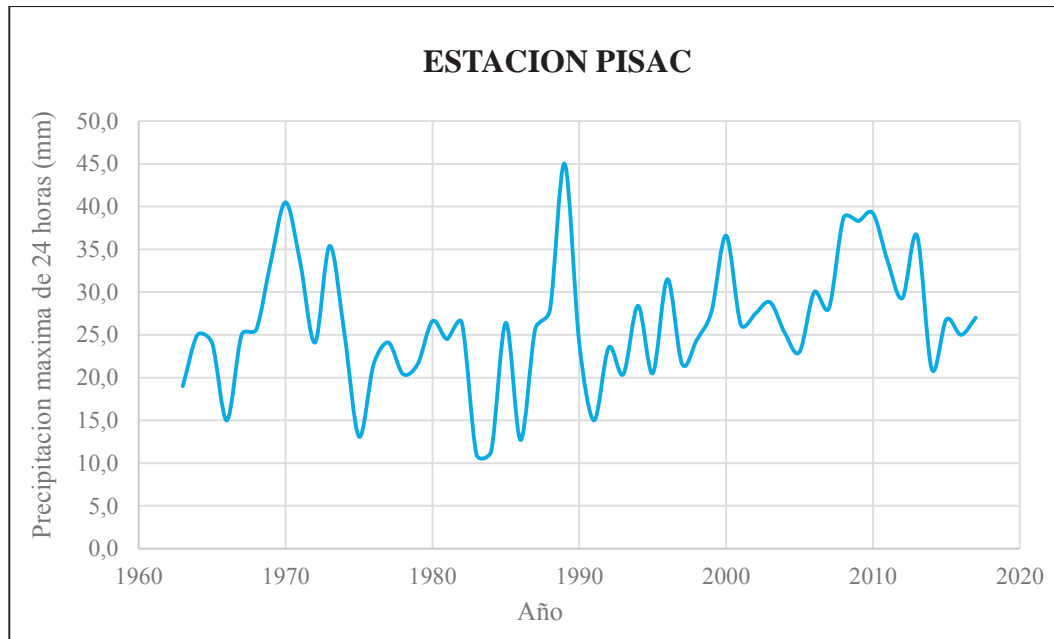


Gráfico 10: Serie de tiempo-Estación Pisac. Elaboración propia

### Estación Urubamba

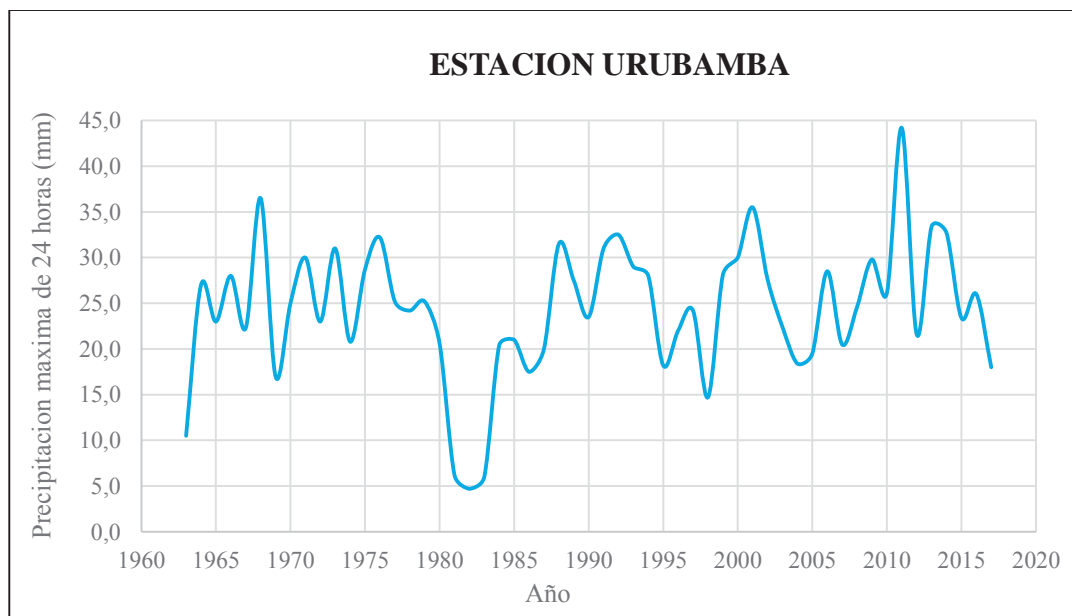


Gráfico 11: Serie de tiempo-Estación Urubamba. Elaboración propia

### Estación Yauri

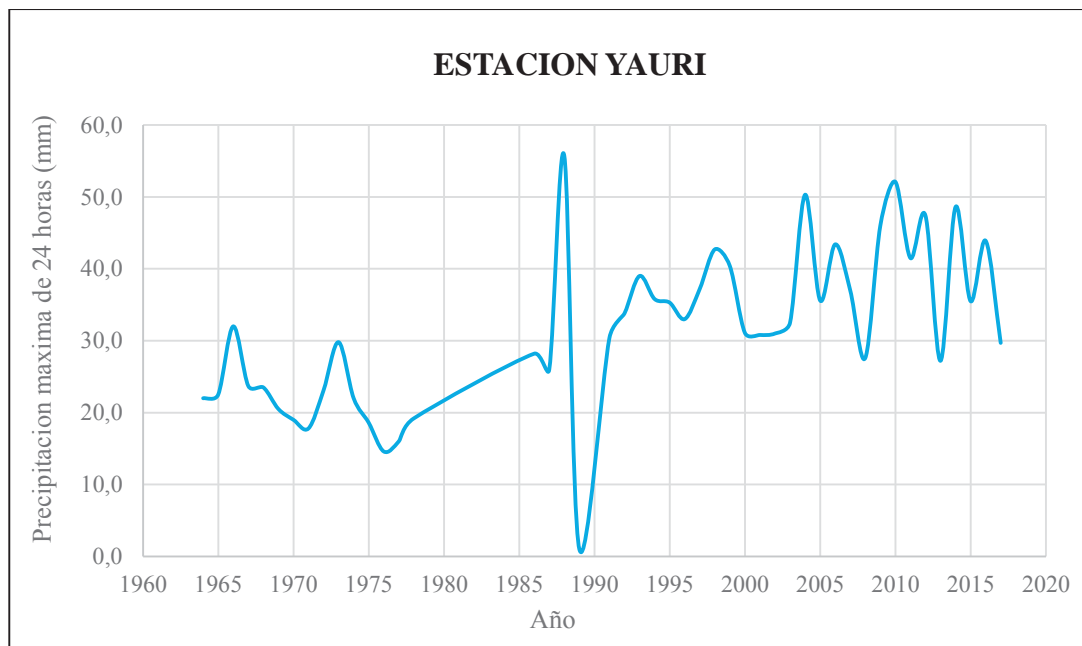


Gráfico 12: Serie de tiempo-Estación Yauri. Elaboración propia

Las gráficas de serie de tiempo muestran una alta dispersión en los datos ya que puede producir un cambio en la media de tendencia central y la varianza, es por ello que se utilizó datos de los últimos 30 años para homogenizar datos de precipitaciones.

#### 4.5.1.2. ANÁLISIS CUANTITATIVO

Una vez realizado el AEG se realiza un análisis confirmatorio con el fin de comprobar estadísticamente lo que por medio visual se detectó. Para realizar este análisis se utilizó las pruebas de Chi-Cuadrado y Smirnov-Kolmogorov que dependerá de los últimos 30 años de datos de precipitación

#### PRUEBA DE CHI CUADRADO

La prueba chi cuadrado se basa en el cálculo de frecuencias, tanto de valores observados, como valores esperados, para un número determinado de intervalos. Esta prueba es comúnmente usada, para verificar la bondad de ajuste de la distribución

empírica, una distribución teórica conocida, fue propuesta por Karl Pearson 1990. (MTC, 2011)

Para aplicar la prueba, el primer paso es dividir los datos en un número  $k$  de intervalos de clase. Luego se calcula el parámetro estadístico:

$$D = \sum_{i=1}^k (\theta_i - \varepsilon_i)^2 / \varepsilon_i$$

Donde:

- $\theta_i$  es el número observado de eventos en el intervalo  $i$  y  $\varepsilon_i$  es el número esperado de eventos en el mismo intervalo.
- $\varepsilon_i$  se calcula como:

$$\varepsilon_i = n[F(S_i) - F(I_i)]$$

$$i = 1, 2, \dots, k$$

Asimismo;  $F(S_i)$  es la función de distribución de probabilidad en el límite superior del intervalo  $i$ ,  $F(I_i)$  es la misma función en el límite inferior y  $n$  es el número de eventos.

Una vez calculado el parámetro  $D$  para cada función de distribución considerada, se determina el valor de una variable aleatoria con distribución  $X^2$  para  $v = k - 1 - m$  grados de libertad y un nivel de significancia  $\alpha$ , donde  $m$  es el número de parámetros estimados a partir de los datos.

Para aceptar una función de distribución dada, se debe cumplir:

$$D \leq X_{1-\alpha, k-1-m}^2$$

El valor de  $X_{1-\alpha, -1-m}^2$  se obtiene de tablas de la función de distribución  $X^2$ .

Cabe recalcar que la prueba del  $X^2$ , desde un punto de vista matemático solo debería usarse para comprobar la normalidad de las funciones y Log normal.

### SMIRNOV KOLMOGOROV

Método por el cual se comprueba la bondad de ajuste de las distribuciones, asimismo permite elegir la más representativa, es decir la de mejor ajuste.

Esta prueba consiste en comparar el máximo valor absoluto de la diferencia D entre la función de distribución de probabilidad observada  $F_o(x_m)$  y la estimada  $F(x_m)$ :

$$D = \text{máx} / F_o(x_m) - F(x_m)/$$

Con un valor crítico d que depende del número de datos y el nivel de significancia seleccionado (Tabla 17). Si  $D < d$ , se acepta la hipótesis nula. Esta prueba tiene la ventaja sobre la prueba de  $X^2$  de que compara los datos con el modelo estadístico sin necesidad de agruparlos. La función de distribución de probabilidad observada se calcula como:

$$F_o(x_m) = 1 - m / (n+1)$$

Donde m es el número de orden de dato  $x_m$  en una lista de mayor a menor y n es el número total de datos.

Tabla 27: Valores críticos D para la prueba Kolmogorov – Smirnov.

TAMAÑO DE LA MUESTRA	$\alpha=0,10$	$\alpha=0,05$	$\alpha=0,01$
5	0,51	0,56	0,67
10	0,37	0,41	0,49
15	0,30	0,34	0,40

<b>20</b>	0,26	0,29	0,35
<b>25</b>	0,24	0,26	0,32
<b>30</b>	0,22	0,24	0,29
<b>35</b>	0,20	0,22	0,27
<b>40</b>	0,19	0,21	0,25

*Fuente: Aparicio, 1999*

#### 4.5.1.3. ANÁLISIS DE MODELOS DE DISTRIBUCIÓN

El análisis de frecuencias tiene la finalidad de estimar precipitaciones, intensidades o caudales máximos según sea el caso, para diferentes periodos de retorno mediante la aplicación de modelos probabilísticos, los cuales pueden ser discretos o continuos.

Se utilizo las siguientes distribuciones:

##### DISTRIBUCIÓN GUMBEL

Esta distribución es la más apropiada para ajustarse a las precipitaciones y obtener valores probables de esa variable, es recomendable su uso por su rapidez y facilidad de cálculos. (MTC, 2011).

Tiene como función de distribución de probabilidades la siguiente expresión:

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

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

$$\alpha = \frac{1,2825}{\sigma}$$
$$\beta = \mu - 0,45\sigma$$

Donde:

- A=Parámetro de concentración.
- $\beta$ =Parámetro de localización.



### DISTRIBUCIÓN DE LOG PEARSON TIPO III

La distribución Pearson tipo III o Gamma de 3 parámetros fue aplicada por primera vez en la hidrología para la descripción de la probabilidad de valores picos de crecientes máximos por años. Log-Pearson tipo III es considerada estándar para analizar frecuencias de crecienta anuales máximas en Estados Unidos (Chow, 2000)

La función de densidad es:

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

Donde:

- $x_0$ =Parámetro de posición
- $\gamma$ =Parámetro de forma
- $\beta$ =Parámetro de escala

#### 4.5.2. PLUVIOMETRÍA

La información pluviométrica considerada, corresponde a 5 estaciones meteorológicas, próximas a la cuenca.

El registro con que se cuenta es de precipitaciones máximas de 24 horas. El punto más bajo de registros encuentra a una altura de 2863 m.s.n.m. (estación Urubamba) y el más alto se encuentra a una altura de 3927 m.s.n.m. (Estación Yauri).

La distribución espacial de las estaciones consideradas se muestra en la siguiente tabla, por ello es necesario encontrar un método para el análisis de la información y para el cálculo de la precipitación ponderada. Los periodos de registro de las estaciones

pluviométricas se presentan en las fichas de recolección de datos, en ellas podemos ver que en promedio se cuenta con registros a partir del año 1963 hasta el año 2017.

Tabla 28: Cuadro de estaciones meteorológicas

CÓDIGO	NOMBRE	TIPO	UBICACIÓN			LATITUD (°,')	LONGITUD (°,')	ALTITUD (msnm)
			Dpto.	Provincia	Distrito			
1	URUBAMBA	CP-812	Cusco	URUBAMBA	URUBAMBA	13°18'38"	72°07'26"	2863
2	PISAQ	CO-812	Cusco	CALCA	PISAQ	13° 24' 58"	71° 50'59"	2950
3	COLQUEPATA		Cusco	PAUCARTAMBO	COLQUEPATA	13°22'3"	71° 40'54"	3679
4	KAYRA	MAP-884	Cusco	CUSCO	SAN JERÓNIMO	14° 29'	70° 59'	3219
5	YAURI	PLU-	Cusco	ESPINAR	YAURI	14°49'	71°25'	3927
CP = Estación Principal			CO = Estación Ordinaria		PLU = Pluviométrica		A = Automática	

Fuente: Elaboración propia.

#### 4.5.3. ANÁLISIS DE CONSISTENCIA DE DATOS

A continuación, analizaremos las precipitaciones máximas de 24 horas de los últimos 30 años, existe datos faltantes en diferentes años, para ello se completara el cuadro mediante la generación de datos aleatorios con el software Easyfit que se encarga del ajuste de los datos de precipitaciones en función a la densidad de probabilidad, el cual permitirá completar los datos faltantes en base a la distribución probabilística que mejor se ajusta (Gumbel máximo y Log Pearson III) y así extender los registros con datos que no alteren la media ni la desviación estándar de la serie de datos completados y extendidos.

##### 4.5.3.1. COMPLETACIÓN DE DATOS DE PRECIPITACIONES MÁXIMAS

En la siguiente tabla se muestra la serie histórica de precipitaciones máximas de la estación Colquepata donde se muestran datos faltantes



Tabla 29: Precipitaciones máximas de 24 horas de la estación Colquepata

Año	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC
1988	10.8	12.9	9.1	10.8	4.2	2.1	0.0	0.0	4.3	0.0	1.1	5.7
1989	17.4	19.6	15.1	10.1	8.7	1.1	0.0	1.1	4.1	4.6	3.5	8.1
1990	6.4	4.2	4.2	0.0	1.2	4.2	4.2	1.4	1.1	7.4	7.2	9.3
1991	7.8	6.9	8.1	1.5	4.7	4.6	0.0	0.0	3.2	1.9	2.7	3.0
1992	2.1	2.2	7.8	7.8	3.4	2.5	2.3	6.8	2.3	3.7	4.7	3.5
1993	5.2	2.3	2.4	2.3	4.2	2.1	2.4	5.7	2.3	3.0	3.6	3.7
1994	2.4	3.3	6.6	3.4	1.5	1.1	1.3	0.0	2.2	2.3	2.2	4.5
1995	2.5	4.4	2.6	2.3	3.5	2.2	1.1	2.3	3.5	3.2	2.3	2.5
1996	4.7	2.3	2.3	1.2	0.0	0.0	0.0	2.2	1.2	1.2	1.2	2.4
1997	2.5	5.7	4.4	2.3	2.2	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.2	1.2
1998	3.4	25.3	5.2	0.1	1.1	2.2	0.1	1.1	1.5	3.2	5.2	5.0
1999	11.2	25.1	20.1	4.4	2.1	1.2	2.1	1.2	5.1	4.4	3.1	33.3
2000	18.4	18.1	20.1	11.3	1.2	1.2	1.2	1.1	2.3	16.5	0.6	14.3
2001	33.6	21.8	21.6	28.8	17.6	0.7	9.4	10.5	9.4	24.4	33.5	12.4
2002	27.7	35.5	18.2	11.5	4.1	8.9	10.3	5.7	10.8	24.5	12.2	18.6
2003	17.7	48.2	19.8	12.5	7.0	5.7	1.8	7.4	1.6	5.6	8.5	24.9
2004	26.1	27.6	11.7	3.3	6.2	3.0	12.8	10.0	8.4	16.5	13.6	16.2
2005	13.0	26.3	13.1	14.6	7.2	0.0	4.4	3.1	4.3	5.3	7.7	15.5
2006	37.5	14.6	15.5	13.1	1.5	0.5	0.0	14.3	3.4	19.4	14.5	16.5
2007	14.2	15.5	26.7	12.1	6.2	0.4	3.7	5.5	4.3	8.3	14.5	18.8
2008	21.5	26.0	21.1	9.1	8.6	10.6	3.1	15.8	4.9	17.8	11.5	16.3
2009	34.0	22.2	25.0	7.4	0.7	0.0	8.2	1.7	4.5	2.0	30.9	12.4
2010	33.2	16.0	39.0	6.8	2.2	7.5	5.0	1.3	5.5	19.0	8.8	32.7
2011	25.3	24.1	17.4	17.8	5.5	9.8	10.1	7.0	9.7	12.7	11.2	14.2
2012	17.1	29.4	16.6	6.2	4.5	2.7	1.8	2.5	10.6	3.7	14.5	33.8
2013	34.2	22.8	23.2	14.2	5.8	6.2	3.4	14.5	6.2	18.9	8.2	35.0
2014	26.2	11.9	22.0	15.1	4.8	4.3	3.2	6.7	2.5	12.4	10.3	18.8
2015	10.4	25.1	17.3	22.0	11.1	1.7	7.6	9.0	4.6	4.9	24.2	16.4
2016	17.2	22.7	4.1	13.0	4.2	8.6	11.0	2.2	8.5	9.3	7.5	13.7
2017	20.0	22.3	19.4	10.7	12.2	1.5	0.6					

Fuente: SENAMHI

Con la aplicación del software Easyfit se completará los datos faltantes del cuadro de precipitaciones máximas, realizando un análisis para cada mes detallando el procedimiento para la completación de los datos faltantes.

En la siguiente imagen se muestra los datos del mes de agosto introducidos al software Easyfit para su análisis.



Imagen 20: Precipitaciones máximas de 24 horas del mes de agosto. Adaptado del software Easyfit.

Posteriormente a través de las pruebas de Kolmogorov-Smirnov, Anderson Darling y Chi Cuadrado se analizó a que se ajusta de mejor manera la serie de precipitaciones para el mes de agosto, en el cual se observa las distribuciones a su mejor ajuste.

Tabla 30: Resultados de la prueba de bondad de ajuste del mes de agosto.

#	Distribución	Kolmogorov		Anderson		Chi-cuadrado	
		Smirnov		Darling		Estadística	Rango
		Estadística	Rango	Estadística	Rango		
1	Beta	0.46166	54	17.911	55	N/A	
2	Burr	0.47491	55	68.202	58	N/A	
3	Burr	0.50849	57	N/A		N/A	
4	Cauchy	0.26792	42	3.2865	12	1.8671	13
5	Chi-Squared	0.20855	27	6.7299	39	3.8627	20
6	Chi-Squared	0.20855	28	6.7299	40	3.8627	19
7	Dagum	0.62906	58	29.961	56	40.558	52
8	Dagum	0.27742	44	6.6203	38	7.688	40
9	Erlang	0.37246	49	13.149	50	21.321	47
10	Erlang	0.16055	10	4.6197	17	0.14816	4
11	Error	0.21617	34	1.4533	8	6.0581	25
12	Error Function	0.5	56	14.444	53	29.43	51
13	Exponential	0.12511	3	4.5391	14	1.6316	11
14	Exponential (2P)	0.12511	2	9.8103	45	1.6316	10
15	Fatigue Life	0.21211	32	6.1985	33	8.7327	44
16	Fatigue Life	0.21211	31	6.1985	32	8.7327	45
17	Frechet	0.19543	16	5.1862	20	0.07424	1
18	Frechet	0.19902	18	6.2108	34	6.1762	34
19	Gamma	0.22083	36	5.7941	24	6.9046	37
20	Gamma	0.13361	7	4.6248	18	2.978	17
21	Gen. Extreme Value	0.14749	9	0.75046	4	1.8885	14
22	Gen. Gamma	0.19972	20	5.8965	26	5.1577	23
23	Gen. Gamma	0.22122	37	5.7537	23	6.9229	38
24	Gen. Logistic	0.16173	12	0.90741	6	3.2928	18



25	<a href="#">Gen. Pareto</a>	0.13181	6	0.49179	3	1.2674	7
26	<a href="#">Gumbel Max</a>	0.17806	13	0.90521	5	1.7463	12
27	<a href="#">Gumbel Min</a>	0.26434	41	3.5027	13	8.0775	42
28	<a href="#">Hypersecant</a>	0.24902	39	1.728	10	8.281	43
29	<a href="#">Inv. Gaussian</a>	0.20133	22	5.9744	27	6.1346	33
30	<a href="#">Inv. Gaussian</a>	0.21034	29	6.2875	37	4.3376	21
31	<a href="#">Johnson SB</a>	0.1461	8	0.4268	1	0.64927	5
32	<a href="#">Kumaraswamy</a>	0.37752	50	7.2798	41	N/A	
33	<a href="#">Laplace</a>	0.27449	43	2.0989	11	8.7429	46
34	<a href="#">Levy</a>	0.31173	46	9.1174	43	6.1979	35
35	<a href="#">Levy</a>	0.31173	45	9.1174	44	6.1979	36
36	<a href="#">Log-Logistic</a>	0.18053	14	5.2231	21	0.0904	2
37	<a href="#">Log-Logistic</a>	0.19338	15	5.8766	25	7.3933	39
38	<a href="#">Logistic</a>	0.23366	38	1.5594	9	7.7851	41
39	<a href="#">Lognormal</a>	0.20222	25	5.9891	28	6.1336	31
40	<a href="#">Lognormal</a>	0.20222	26	5.9891	29	6.1336	32
41	<a href="#">Normal</a>	0.21255	33	1.4433	7	5.9412	24
42	<a href="#">Pareto 2</a>	0.12512	4	4.5412	15	1.6307	8
43	<a href="#">Pearson 5</a>	0.20208	24	6.2126	36	6.1217	30
44	<a href="#">Pearson 5</a>	0.20208	23	6.2126	35	6.1217	29
45	<a href="#">Pearson 6</a>	0.20078	21	6.1716	31	6.1117	27
46	<a href="#">Pearson 6</a>	0.19972	19	6.1463	30	6.1111	26
47	<a href="#">Pert</a>	0.16134	11	10.013	46	2.2692	16
48	<a href="#">Phased Bi-Exponential</a>	0.12265	1	4.5973	16	1.6316	9
49	<a href="#">Phased Bi-Weibull</a>	0.31327	47	7.4327	42	2.1486	15
50	<a href="#">Power Function</a>	0.41427	53	16.084	54	N/A	
51	<a href="#">Rayleigh</a>	0.33021	48	10.747	47	22.896	48
52	<a href="#">Rayleigh</a>	0.39883	51	14.158	51	24.311	49
53	<a href="#">Rice</a>	0.39883	52	14.158	52	24.311	50
54	<a href="#">Student's t</a>	0.70353	59	38.926	57	85.617	53
55	<a href="#">Triangular</a>	0.25052	40	11.527	48	6.1206	28
56	<a href="#">Uniform</a>	0.19685	17	11.675	49	N/A	
57	<a href="#">Wakeby</a>	0.13181	5	0.49179	2	1.2674	6
58	<a href="#">Weibull</a>	0.21951	35	5.6232	22	5.1021	22
59	<a href="#">Weibull</a>	0.21171	30	5.1728	19	0.12489	3
60	Johnson SU	No hay ajuste					
61	Log-Gamma	No hay ajuste					
62	Log-Pearson 3	No hay ajuste					
63	Nakagami	No hay ajuste					
64	Pareto	No hay ajuste					
65	Reciprocal	No hay ajuste					

Fuente: Software Easyfit.

En la tabla se muestra que el mejor ajuste es de Gumbel máximo, se muestra el histograma de distribución de Gumbel máximo.

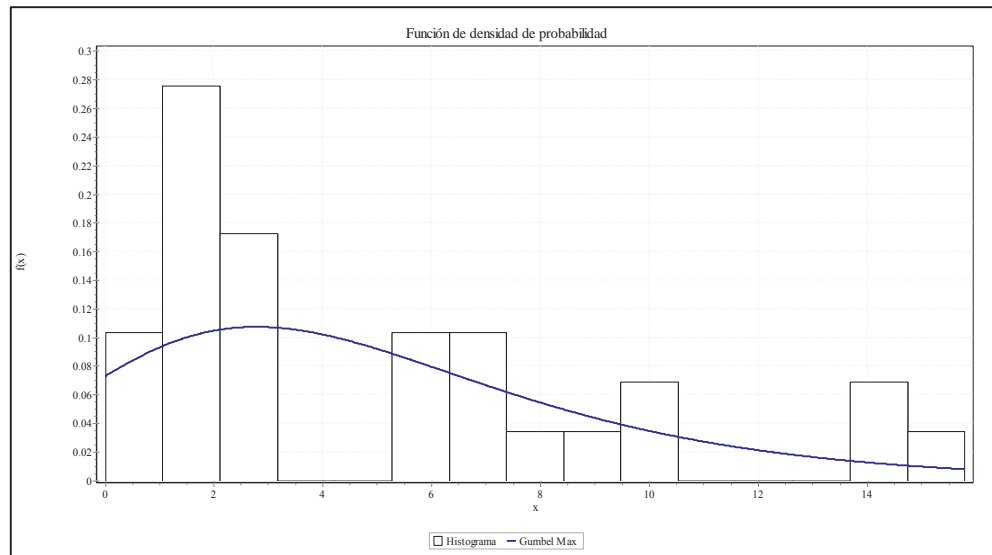


Gráfico 13: Histograma de distribución Gumbel máximo del mes de agosto. Adaptado del software Easyfit

A continuación, se generará los datos faltantes con la distribución Gumbel máximo.

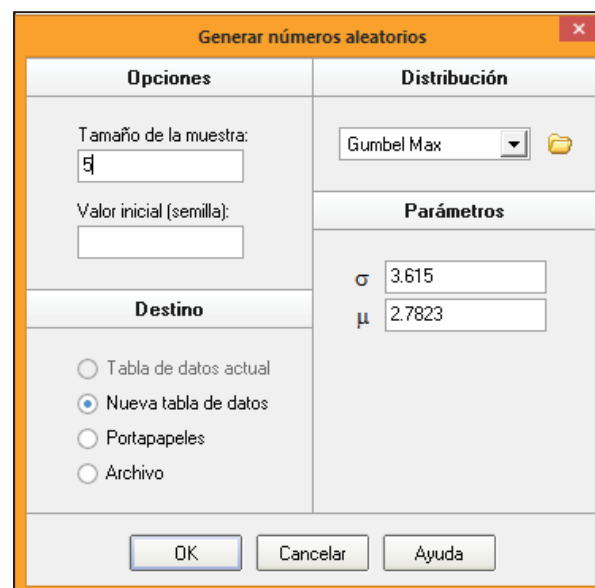


Imagen 21: Generación de números aleatorios Gumbel máximo. Adaptado de Easyfit.

El software Easyfit generará como mínimo 5 valores aleatorios, por consiguiente, se tomará el primer valor para completar la serie de datos de precipitación máxima del mes de agosto del año 2017.

Árbol de proyecto		A	B
Tablas de datos	1	4.40274341666126	
Agosto	2	13.6789799524037	
Table1	3	14.550046193445	
Table2	4	-0.594276241162067	
Resultados	5	7.82268932403801	
Agosto			

Imagen 22: Números aleatorios generados del software. Adaptado de Easyfit.

De la misma forma se realizará el mismo procedimiento para los datos faltantes de los siguientes meses.

Finalmente, como resultado se muestra los datos completados de la estación Colquepata.

Tabla 31: Precipitaciones máximas de la estación Colquepata con datos completados

Año	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC
1988	10.8	12.9	9.1	10.8	4.2	2.1	0.0	0.0	4.3	0.0	1.1	5.7
1989	17.4	19.6	15.1	10.1	8.7	1.1	0.0	1.1	4.1	4.6	3.5	8.1
1990	6.4	4.2	4.2	0.0	1.2	4.2	4.2	1.4	1.1	7.4	7.2	9.3
1991	7.8	6.9	8.1	1.5	4.7	4.6	0.0	0.0	3.2	1.9	2.7	3.0
1992	2.1	2.2	7.8	7.8	3.4	2.5	2.3	6.8	2.3	3.7	4.7	3.5
1993	5.2	2.3	2.4	2.3	4.2	2.1	2.4	5.7	2.3	3.0	3.6	3.7
1994	2.4	3.3	6.6	3.4	1.5	1.1	1.3	0.0	2.2	2.3	2.2	4.5
1995	2.5	4.4	2.6	2.3	3.5	2.2	1.1	2.3	3.5	3.2	2.3	2.5
1996	4.7	2.3	2.3	1.2	0.0	0.0	0.0	2.2	1.2	1.2	1.2	2.4
1997	2.5	5.7	4.4	2.3	2.2	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.2	1.2
1998	3.4	25.3	5.2	0.1	1.1	2.2	0.1	1.1	1.5	3.2	5.2	5.0
1999	11.2	25.1	20.1	4.4	2.1	1.2	2.1	1.2	5.1	4.4	3.1	33.3
2000	18.4	18.1	20.1	11.3	1.2	1.2	1.2	1.1	2.3	16.5	0.6	14.3
2001	33.6	21.8	21.6	28.8	17.6	0.7	9.4	10.5	9.4	24.4	33.5	12.4
2002	27.7	35.5	18.2	11.5	4.1	8.9	10.3	5.7	10.8	24.5	12.2	18.6
2003	17.7	48.2	19.8	12.5	7.0	5.7	1.8	7.4	1.6	5.6	8.5	24.9
2004	26.1	27.6	11.7	3.3	6.2	3.0	12.8	10.0	8.4	16.5	13.6	16.2
2005	13.0	26.3	13.1	14.6	7.2	0.0	4.4	3.1	4.3	5.3	7.7	15.5
2006	37.5	14.6	15.5	13.1	1.5	0.5	0.0	14.3	3.4	19.4	14.5	16.5
2007	14.2	15.5	26.7	12.1	6.2	0.4	3.7	5.5	4.3	8.3	14.5	18.8
2008	21.5	26.0	21.1	9.1	8.6	10.6	3.1	15.8	4.9	17.8	11.5	16.3
2009	34.0	22.2	25.0	7.4	0.7	0.0	8.2	1.7	4.5	2.0	30.9	12.4
2010	33.2	16.0	39.0	6.8	2.2	7.5	5.0	1.3	5.5	19.0	8.8	32.7
2011	25.3	24.1	17.4	17.8	5.5	9.8	10.1	7.0	9.7	12.7	11.2	14.2



<b>2012</b>	17.1	29.4	16.6	6.2	4.5	2.7	1.8	2.5	10.6	3.7	14.5	33.8
<b>2013</b>	34.2	22.8	23.2	14.2	5.8	6.2	3.4	14.5	6.2	18.9	8.2	35.0
<b>2014</b>	26.2	11.9	22.0	15.1	4.8	4.3	3.2	6.7	2.5	12.4	10.3	18.8
<b>2015</b>	10.4	25.1	17.3	22.0	11.1	1.7	7.6	9.0	4.6	4.9	24.2	16.4
<b>2016</b>	17.2	22.7	4.1	13.0	4.2	8.6	11.0	2.2	8.5	9.3	7.5	13.7
<b>2017</b>	20.0	22.3	19.4	10.7	12.2	1.5	0.6	<b>4.4</b>	<b>3.4</b>	<b>6.7</b>	<b>10.0</b>	<b>14.5</b>

Fuente: SENAMHI

Igualmente se realizará el procedimiento de completación de datos para las estaciones Kayra, Pisac, Urubamba y Yauri.

#### ▪ Estación Kayra

Se muestra la serie histórica de precipitaciones máximas originales.

Tabla 32: Precipitaciones máximas de 24 horas de la estación Kayra

Año	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC
<b>1988</b>	28.4	14.3	35.2	23.8	1.8	0.0	0.0	0.0	7.7	20.2	18.4	25.2
<b>1989</b>	21.2	41.9	15.5	16.3	3.6	6.1	0.0	3.8	16.0		14.0	24.1
<b>1990</b>	26.5	20.3	11.3	8.9	3.6	9.3	0.0	3.6	5.3	14.0	14.5	19.5
<b>1991</b>	25.5	37.6	37.1	14.2	4.8	2.7	1.5	0.0	12.8	13.4	17.5	25.2
<b>1992</b>	13.9	18.8	21.2	6.8	0.0	19.1	0.0	14.0	5.2	16.2	22.6	15.4
<b>1993</b>	48.5	17.4	24.2	2.9	0.9	0.0	1.5	5.3	6.9	14.6	15.6	44.1
<b>1994</b>	39.6	30.0	20.4	12.3	8.6	0.0	0.0	0.0	10.5	17.4	7.1	28.3
<b>1995</b>	23.2	18.5	14.3	6.8	0.0	0.0	0.4	1.2	19.8	8.3	34.6	20.7
<b>1996</b>	24.6	17.3	31.3	7.4	6.0	0.0	0.0	3.0	8.3	11.6	10.5	23.8
<b>1997</b>	20.1	18.2	24.9	9.5	4.1	0.0	0.0	3.5	5.1	12.9	47.0	30.0
<b>1998</b>	35.9	23.1	4.9	11.7	1.0	1.9	0.0	1.5	3.3	11.1	18.9	14.1
<b>1999</b>	12.7	14.9	17.0	13.6	1.3	3.2	1.0	0.0	10.9	7.2	19.3	16.4
<b>2000</b>	25.5	24.9	22.6	5.7	0.8	4.5	1.5	2.4	4.9	9.5	17.3	11.4
<b>2001</b>	15.6	31.0	21.4	10.6	4.3	0.0	9.9	3.6	5.4	15.9	23.1	11.6
<b>2002</b>	21.2	25.1	13.5	8.1	5.7	1.0	6.9	2.4	2.6	15.2	26.7	23.5
<b>2003</b>	24.6	24.0	18.0	39.1	1.0	6.4	0.0	10.8	1.7	10.2	7.0	23.4
<b>2004</b>	24.5	30.8	12.6	6.4	1.4	12.6	8.0	4.9	7.3	14.7	11.0	25.2
<b>2005</b>	23.0	13.2	27.8	23.2	2.0	0.4	1.2	2.2	2.1	13.6	11.7	17.2
<b>2006</b>	37.3	51.6	26.4	30.2	0.2	4.0	0.0	5.4	4.1	15.0	12.6	15.3
<b>2007</b>	26.7	13.7	19.7	32.9	3.4	0.0	3.0	0.0	1.0			16.9
<b>2008</b>	25.6	27.9	11.2	5.6	2.8	1.0	0.0	2.0	8.3	11.2	24.5	16.4
<b>2009</b>	27.8	17.8	23.6	5.9	2.5	0.0	1.8	0.4	7.6	2.2	24.1	11.9
<b>2010</b>	41.2	25.7	25.7	5.1	1.3	0.0	1.4	2.6	3.0	18.6	10.9	35.9
<b>2011</b>	22.6	22.0	25.0	15.6	1.7	3.2	3.0	0.0	9.6	18.9	29.8	14.6
<b>2012</b>	14.8	47.0	8.1	28.4	3.4	1.2	0.0	0.1	10.3	9.2	30.7	24.3
<b>2013</b>	20.5	21.1	18.7	4.5	14.6	3.0	1.0	6.2	2.7	17.9	13.7	27.2



<b>2014</b>	31.1	21.9	8.8	16.9	4.4	0.0	1.4	3.0	7.0		15.8	35.6
<b>2015</b>	38.3	23.6	9.7	12.5	8.0	2.3	5.5	3.0	6.2	6.3	16.5	23.1
<b>2016</b>	19.1	24.2	9.0	5.4	3.0	0.0	4.5	0.5	2.9	22.7	12.8	14.5
<b>2017</b>	24.6		24.9	9.8	5.9	5.8	0.0	7.0				

Fuente: SENAMHI

Ya procesado en el software Easyfit se muestra en la tabla 37 ya los datos completados de la estación Kayra.

Tabla 33: Precipitaciones máximas de 24 horas con datos completados de la estación Kayra

Año	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC
1988	28.4	14.3	35.2	23.8	1.8	0.0	0.0	0.0	7.7	20.2	18.4	25.2
1989	21.2	41.9	15.5	16.3	3.6	6.1	0.0	3.8	16.0	17.2	14.0	24.1
1990	26.5	20.3	11.3	8.9	3.6	9.3	0.0	3.6	5.3	14.0	14.5	19.5
1991	25.5	37.6	37.1	14.2	4.8	2.7	1.5	0.0	12.8	13.4	17.5	25.2
1992	13.9	18.8	21.2	6.8	0.0	19.1	0.0	14.0	5.2	16.2	22.6	15.4
1993	48.5	17.4	24.2	2.9	0.9	0.0	1.5	5.3	6.9	14.6	15.6	44.1
1994	39.6	30.0	20.4	12.3	8.6	0.0	0.0	0.0	10.5	17.4	7.1	28.3
1995	23.2	18.5	14.3	6.8	0.0	0.0	0.4	1.2	19.8	8.3	34.6	20.7
1996	24.6	17.3	31.3	7.4	6.0	0.0	0.0	3.0	8.3	11.6	10.5	23.8
1997	20.1	18.2	24.9	9.5	4.1	0.0	0.0	3.5	5.1	12.9	47.0	30.0
1998	35.9	23.1	4.9	11.7	1.0	1.9	0.0	1.5	3.3	11.1	18.9	14.1
1999	12.7	14.9	17.0	13.6	1.3	3.2	1.0	0.0	10.9	7.2	19.3	16.4
2000	25.5	24.9	22.6	5.7	0.8	4.5	1.5	2.4	4.9	9.5	17.3	11.4
2001	15.6	31.0	21.4	10.6	4.3	0.0	9.9	3.6	5.4	15.9	23.1	11.6
2002	21.2	25.1	13.5	8.1	5.7	1.0	6.9	2.4	2.6	15.2	26.7	23.5
2003	24.6	24.0	18.0	39.1	1.0	6.4	0.0	10.8	1.7	10.2	7.0	23.4
2004	24.5	30.8	12.6	6.4	1.4	12.6	8.0	4.9	7.3	14.7	11.0	25.2
2005	23.0	13.2	27.8	23.2	2.0	0.4	1.2	2.2	2.1	13.6	11.7	17.2
2006	37.3	51.6	26.4	30.2	0.2	4.0	0.0	5.4	4.1	15.0	12.6	15.3
2007	26.7	13.7	19.7	32.9	3.4	0.0	3.0	0.0	1.0	9.1	14.2	16.9
2008	25.6	27.9	11.2	5.6	2.8	1.0	0.0	2.0	8.3	11.2	24.5	16.4
2009	27.8	17.8	23.6	5.9	2.5	0.0	1.8	0.4	7.6	2.2	24.1	11.9
2010	41.2	25.7	25.7	5.1	1.3	0.0	1.4	2.6	3.0	18.6	10.9	35.9
2011	22.6	22.0	25.0	15.6	1.7	3.2	3.0	0.0	9.6	18.9	29.8	14.6
2012	14.8	47.0	8.1	28.4	3.4	1.2	0.0	0.1	10.3	9.2	30.7	24.3
2013	20.5	21.1	18.7	4.5	14.6	3.0	1.0	6.2	2.7	17.9	13.7	27.2
2014	31.1	21.9	8.8	16.9	4.4	0.0	1.4	3.0	7.0	11.9	15.8	35.6
2015	38.3	23.6	9.7	12.5	8.0	2.3	5.5	3.0	6.2	6.3	16.5	23.1
2016	19.1	24.2	9.0	5.4	3.0	0.0	4.5	0.5	2.9	22.7	12.8	14.5
2017	24.6	28.1	24.9	9.8	5.9	5.8	0.0	7.0	6.7	18.8	9.98	21.3
Distribución de mejor ajuste		Gumbel Max							Gumbel Max	LogP	LogP	Gumbel Max

Fuente: SENAMHI-Easyfit.



▪ **Estación Pisac**

Tabla 34: Precipitaciones máximas de 24 horas de la estación Pisac

Año	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC
1988	12.9	18.8	27.9	10.7	2.0	0.0	0.0	0.0	2.3	5.0	6.0	16.6
1989	12.4	45.0	19.2	9.4	5.0	0.0	2.0	4.1	4.2	7.1	8.2	6.4
1990	9.4	24.0	5.2	14.6	4.2	13.2	0.0	3.0	6.4	6.2	16.0	23.4
1991	15.0	12.0	13.4	14.2	4.3	6.0	0.0	2.0	2.0	10.0	12.2	13.0
1992	21.0	9.2	9.4	9.0	0.0	22.0		8.2	4.0	14.0	23.5	12.8
1993	20.4	14.2	5.2	8.0	4.0	4.2	8.2	5.2	2.0	6.0	15.2	18.4
1994	25.0	17.4	17.4	8.2	5.3	0.0	0.0	0.0	6.4	24.0	6.0	28.4
1995	20.5	14.0	10.0	4.0	4.2	0.0	0.0	0.0	7.0	17.0	7.2	17.0
1996	20.0	16.3	13.4	16.3	4.1	0.0	0.0	6.2		19.2	31.5	
1997			13.0	1.3	2.6	0.0	0.0	10.1	7.0	4.2	21.6	17.4
1998	24.4	17.0	10.0	6.1	2.2	2.1	0.0	0.5	13.5	13.7	17.7	11.0
1999	12.4	27.7	9.5	9.2	4.9		2.1	0.0	5.5	7.5	10.1	17.1
2000	36.6	18.0	12.5	1.8	2.9	2.0	0.0	1.0	2.9	9.1	6.9	13.5
2001	26.2	23.1	18.4	11.2	5.7	0.0	12.8	2.8	2.8	21.8	14.6	17.7
2002	17.0	25.0	21.5	11.6	4.2	3.1	20.6	2.9	4.1	7.6	25.8	27.5
2003	18.1	15.7	19.5	6.5	1.5	6.8	0.0	12.6	3.5	10.9	5.6	28.8
2004	23.7	19.6	17.2	4.8	1.2	6.4	7.2	5.9	10.2	20.3	14.2	25.2
2005	23.0	11.0	18.0	13.5	0.0	0.0	1.5	2.0	1.7	3.8	14.1	9.2
2006	21.5	17.8	20.0	13.0	0.0	30.0	0.0	5.4	2.5	9.8	11.3	29.0
2007	20.9	13.2	28.1	15.5	3.4	0.0	1.4	0.0	2.9	10.3	19.7	20.6
2008	22.6	38.7	17.6	2.8	3.3	2.8	0.3	2.0	3.8	12.2	25.9	30.4
2009	26.8	19.8	21.3	8.6	0.2	0.0	1.0	0.4	14.9	3.0	38.3	21.0
2010	30.6	26.4	20.6	2.5	5.0	1.1	1.4	5.2	1.0	14.4	10.8	39.2
2011	24.3	33.6	24.8	7.8	5.3	6.0	4.9	0.4	7.3	7.4	19.3	17.2
2012	15.0	29.1	8.8	6.0	0.6	0.5	0.8	0.5	10.2	4.0	27.2	29.3
2013	20.6	22.6	19.8	7.5	5.8	3.8	2.5	10.8	2.2	17.6	15.3	36.6
2014	19.0	11.8	11.5	21.0	6.2	0.0	0.8	1.2	10.2	17.9	3.3	16.4
2015	15.1	10.2	9.2		9.3	0.0	26.8	3.6	8.2	5.2	6.2	15.3
2016		20.2	10.2		22.5		5.3	0.0	7.7	14.0	6.8	25.0
2017	14.8	10.8	27	25.6	3.2	3.2	0.8		3.3			

Fuente: SENAMHI

Se muestra la serie histórica de precipitaciones con los datos completados

Tabla 35: Precipitaciones máximas de 24 horas con datos completados de la estación Pisac

Año	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC
1988	12.9	18.8	27.9	10.7	2.0	0.0	0.0	0.0	2.3	5.0	6.0	16.6
1989	12.4	45.0	19.2	9.4	5.0	0.0	2.0	4.1	4.2	7.1	8.2	6.4
1990	9.4	24.0	5.2	14.6	4.2	13.2	0.0	3.0	6.4	6.2	16.0	23.4
1991	15.0	12.0	13.4	14.2	4.3	6.0	0.0	2.0	2.0	10.0	12.2	13.0
1992	21.0	9.2	9.4	9.0	0.0	22.0	5.5	8.2	4.0	14.0	23.5	12.8



1993	20.4	14.2	5.2	8.0	4.0	4.2	8.2	5.2	2.0	6.0	15.2	18.4
1994	25.0	17.4	17.4	8.2	5.3	0.0	0.0	0.0	6.4	24.0	6.0	28.4
1995	20.5	14.0	10.0	4.0	4.2	0.0	0.0	0.0	7.0	17.0	7.2	17.0
1996	20.0	16.3	13.4	16.3	4.1	0.0	0.0	6.2	4.2	19.2	31.5	16.4
1997	28.6	13.2	13.0	1.3	2.6	0.0	0.0	10.1	7.0	4.2	21.6	17.4
1998	24.4	17.0	10.0	6.1	2.2	2.1	0.0	0.5	13.5	13.7	17.7	11.0
1999	12.4	27.7	9.5	9.2	4.9	2.4	2.1	0.0	5.5	7.5	10.1	17.1
2000	36.6	18.0	12.5	1.8	2.9	2.0	0.0	1.0	2.9	9.1	6.9	13.5
2001	26.2	23.1	18.4	11.2	5.7	0.0	12.8	2.8	2.8	21.8	14.6	17.7
2002	17.0	25.0	21.5	11.6	4.2	3.1	20.6	2.9	4.1	7.6	25.8	27.5
2003	18.1	15.7	19.5	6.5	1.5	6.8	0.0	12.6	3.5	10.9	5.6	28.8
2004	23.7	19.6	17.2	4.8	1.2	6.4	7.2	5.9	10.2	20.3	14.2	25.2
2005	23.0	11.0	18.0	13.5	0.0	0.0	1.5	2.0	1.7	3.8	14.1	9.2
2006	21.5	17.8	20.0	13.0	0.0	30.0	0.0	5.4	2.5	9.8	11.3	29.0
2007	20.9	13.2	28.1	15.5	3.4	0.0	1.4	0.0	2.9	10.3	19.7	20.6
2008	22.6	38.7	17.6	2.8	3.3	2.8	0.3	2.0	3.8	12.2	25.9	30.4
2009	26.8	19.8	21.3	8.6	0.2	0.0	1.0	0.4	14.9	3.0	38.3	21.0
2010	30.6	26.4	20.6	2.5	5.0	1.1	1.4	5.2	1.0	14.4	10.8	39.2
2011	24.3	33.6	24.8	7.8	5.3	6.0	4.9	0.4	7.3	7.4	19.3	17.2
2012	15.0	29.1	8.8	6.0	0.6	0.5	0.8	0.5	10.2	4.0	27.2	29.3
2013	20.6	22.6	19.8	7.5	5.8	3.8	2.5	10.8	2.2	17.6	15.3	36.6
2014	19.0	11.8	11.5	21.0	6.2	0.0	0.8	1.2	10.2	17.9	3.3	16.4
2015	15.1	10.2	9.2	17.5	9.3	0.0	26.8	3.6	8.2	5.2	6.2	15.3
2016	10.8	20.2	10.2	16.8	22.5	3.9	5.3	0.0	7.7	14.0	6.8	25.0
2017	14.8	10.8	27	25.6	3.2	3.2	0.8	5.1	3.3	12.6	4.7	18.7
Distribución de mejor ajuste	Log	Log		Gumbel Max		Gumbel Max		Gumbel Max	Gumbel Max	Gumbel Max	Log	Log

Fuente: SENAMHI-Easyfit

## ▪ Estación Urubamba

Tabla 36: Precipitaciones máximas de 24 horas de la estación Urubamba.

Año	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC
1988	17.0	12.5	23.5	11.0	2.0	0.0	0.0	0.0	13.5	11.0	11.5	31.5
1989	15.0	27.5	15.5	12.5	6.0	4.5	0.5	0.0	15.0	13.5	12.5	18.0
1990	14.0	23.5	6.0	13.5	2.0	16.0	0.0	8.5	3.5	13.0	7.5	10.5
1991	15.0	31.0	23.0	22.5	0.5	5.5	0.0		8.5	9.0	22.5	22.0
1992	19.5	17.0	17.0	5.0	0.0	32.5	0.0	18.0	1.5	7.0	14.5	6.5
1993	16.0	14.5	9.5	12.5	1.0	0.0	2.0	15.0	2.0	9.0	13.5	29.0
1994	28.0	15.5	14.0	8.0	0.5				17.0	19.5	9.0	24.5
1995	18.2	9.6	11.1	7.9	0.8	1.0	0.2	0.0	12.5	9.0	15.1	18.0
1996	12.2	16.2	13.0	13.7	7.5	0.4	0.1	4.2	2.2	9.1	14.1	22.0
1997	13.0	24.2	16.7	3.8	1.8		0.0	4.0	4.3	4.8	17.5	18.1
1998	14.7	13.4	9.6	5.9	2.4	0.7	0.0	0.4	1.6	7.0	9.0	9.8
1999	28.1	21.5	14.6	10.4	15.6	0.8	0.1	0.0	11.7	11.2	13.4	23.8





2000	30.0	9.8	21.5	2.5	5.0	6.6	0.4	0.1	14.8	22.2	12.1	13.2
2001	17.8	15.0	15.1	4.0	4.7	0.0	9.5	3.9	5.2	35.5	13.7	11.0
2002	23.4	16.0	9.9	27.6	5.5	2.5	19.0	1.2	1.2	14.9	16.8	23.5
2003	20.0	21.4	22.4	8.8	3.3	8.4	0.9	9.2	0.8	14.9	18.2	16.2
2004	11.4	16.1	15.1	4.5	0.7	13.1	12.4	5.1	2.3	17.4	7.9	18.4
2005	14.5	19.5	12.8	12.5	0.0	0.0	1.5	0.6	8.3	3.8	14.3	17.7
2006	28.5	24.2	19.0	13.6	0.0	1.0	0.0	2.5	5.6	11.2	20.7	14.4
2007	12.3	20.5	17.1	18.0	3.0	0.0	1.2	0.1	0.0	15.9	16.2	18.6
2008	21.0	14.6	13.7	2.5	4.2	1.5	0.6	2.8	1.2	8.3	24.6	22.5
2009	29.8	28.3	13.9	3.0	6.0	0.1	0.8	1.1	6.2	1.9	25.6	8.2
2010	19.8	19.5	26.1	3.6	0.8	0.0	2.4	5.7	1.8	10.1	4.9	24.7
2011	21.0	21.1	18.9	11.6	6.0	15.3	13.0	2.5	11.1	16.3	7.6	44.2
2012	10.0	20.3	9.9	7.0	0.2	0.2	1.6	0.3	7.5	2.8	16.6	21.6
2013	33.4	23.1	14.0	1.2	0.9	2.5	0.0	8.4	1.7	25.5	24.9	24.5
2014	32.7	13.4	11.4	10.4	7.8	0.0	0.1	0.5	3.4	19.8	11.9	18.9
2015	17.8	23.4	14.3	7.0	2.8	0.0	4.5	2.2	2.7	8.4	7.5	23.0
2016	12.0	19.0	26.0	5.7	1.0	0.3	5.0	0.0	2.0	19.0	18.8	19.6
2017	17.7	10.2	17.2	18	4	0	0	9.2				

Fuente: SENAMHI

Tabla 37: Precipitaciones máximas de 24 horas con datos completados de la estación Urubamba

Año	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC
1988	17.0	12.5	23.5	11.0	2.0	0.0	0.0	0.0	13.5	11.0	11.5	31.5
1989	15.0	27.5	15.5	12.5	6.0	4.5	0.5	0.0	15.0	13.5	12.5	18.0
1990	14.0	23.5	6.0	13.5	2.0	16.0	0.0	8.5	3.5	13.0	7.5	10.5
1991	15.0	31.0	23.0	22.5	0.5	5.5	0.0	0.1	8.5	9.0	22.5	22.0
1992	19.5	17.0	17.0	5.0	0.0	32.5	0.0	18.0	1.5	7.0	14.5	6.5
1993	16.0	14.5	9.5	12.5	1.0	0.0	2.0	15.0	2.0	9.0	13.5	29.0
1994	28.0	15.5	14.0	8.0	0.5	3.9	4.7	3.0	17.0	19.5	9.0	24.5
1995	18.2	9.6	11.1	7.9	0.8	1.0	0.2	0.0	12.5	9.0	15.1	18.0
1996	12.2	16.2	13.0	13.7	7.5	0.4	0.1	4.2	2.2	9.1	14.1	22.0
1997	13.0	24.2	16.7	3.8	1.8	4.3	0.0	4.0	4.3	4.8	17.5	18.1
1998	14.7	13.4	9.6	5.9	2.4	0.7	0.0	0.4	1.6	7.0	9.0	9.8
1999	28.1	21.5	14.6	10.4	15.6	0.8	0.1	0.0	11.7	11.2	13.4	23.8
2000	30.0	9.8	21.5	2.5	5.0	6.6	0.4	0.1	14.8	22.2	12.1	13.2
2001	17.8	15.0	15.1	4.0	4.7	0.0	9.5	3.9	5.2	35.5	13.7	11.0
2002	23.4	16.0	9.9	27.6	5.5	2.5	19.0	1.2	1.2	14.9	16.8	23.5
2003	20.0	21.4	22.4	8.8	3.3	8.4	0.9	9.2	0.8	14.9	18.2	16.2
2004	11.4	16.1	15.1	4.5	0.7	13.1	12.4	5.1	2.3	17.4	7.9	18.4
2005	14.5	19.5	12.8	12.5	0.7	0.0	1.5	0.6	8.3	3.8	14.3	17.7
2006	28.5	24.2	19.0	13.6	0.0	1.0	0.0	2.5	5.6	11.2	20.7	14.4
2007	12.3	20.5	17.1	18.0	3.0	0.0	1.2	0.1	0.0	15.9	16.2	18.6
2008	21.0	14.6	13.7	2.5	4.2	1.5	0.6	2.8	1.2	8.3	24.6	22.5
2009	29.8	28.3	13.9	3.0	6.0	0.1	0.8	1.1	6.2	1.9	25.6	8.2
2010	19.8	19.5	26.1	3.6	0.8	0.0	2.4	5.7	1.8	10.1	4.9	24.7



<b>2011</b>	21.0	21.1	18.9	11.6	6.0	15.3	13.0	2.5	11.1	16.3	7.6	44.2
<b>2012</b>	10.0	20.3	9.9	7.0	0.2	0.2	1.6	0.3	7.5	2.8	16.6	21.6
<b>2013</b>	33.4	23.1	14.0	1.2	0.9	2.5	0.0	8.4	1.7	25.5	24.9	24.5
<b>2014</b>	32.7	13.4	11.4	10.4	7.8	0.0	0.1	0.5	3.4	19.8	11.9	18.9
<b>2015</b>	17.8	23.4	14.3	7.0	2.8	0.0	4.5	2.2	2.7	8.4	7.5	23.0
<b>2016</b>	12.0	19.0	26.0	5.7	1.0	0.3	5.0	0.0	2.0	19.0	18.8	19.6
<b>2017</b>	17.7	10.2	17.2	18	4	0	0	9.2	<b>3.6</b>	<b>9.0</b>	<b>15.8</b>	<b>12.5</b>
Distribución de mejor ajuste					Gumbel Max	Gumbel Max	Gumbel Max	Gumbel Max	Gumbel Max	Gumbel Max	Gumbel Max	Gumbel Max

Fuente: SENAMHI-Easyfit

## ▪ Estación Yauri

Tabla 38: Precipitaciones máximas de 24 horas de la estación Yauri

Año	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC
<b>1988</b>	55.7						4.3	0.0	6.3	6.6	8.4	
<b>1989</b>									1.0			
<b>1991</b>				30.4	8.6	20.0	0.0	0.0	25.0			
<b>1992</b>						8.0	0.0	33.8	0.0	15.8	21.7	9.0
<b>1993</b>	34.9	30.7	34.0	22.0	3.0	0.0	0.8	5.6	4.2	24.2	39.0	33.2
<b>1994</b>	26.2	35.8	23.0	10.9	14.8	0.0	0.0	0.0	12.0	5.0	34.0	17.4
<b>1995</b>	35.3	25.8	34.2	23.8	2.7	0.0	0.0	2.8	6.5	27.8	11.7	21.4
<b>1996</b>	23.6	33.0	24.0	20.2	8.3	0.0	0.0	7.1	10.1	6.5	12.6	20.7
<b>1997</b>	30.3	23.2	15.3	13.0	2.2	0.0	0.0	11.8	16.0	5.0	20.8	37.2
<b>1998</b>	42.7	28.4	13.2	6.0	0.0	2.5	0.0	1.6	0.8	20.6	16.9	15.9
<b>1999</b>	23.8	34.7	24.2	40.4	3.6	0.0	0.0	0.8	13.0	12.0	17.9	21.1
<b>2000</b>	26.6	26.1	31.1	11.1	3.5	3.9	0.0	6.5	5.7	17.0	7.4	27.3
<b>2001</b>	24.5	27.0	30.8	27.1	14.7	0.9	3.8	2.0	1.5	10.9	10.5	17.4
<b>2002</b>	28.5	31.0	20.8	9.1	12.6	0.5	10.6	0.0	14.8	12.9		22.4
<b>2003</b>	32.5	24.3	26.2	9.3	3.2	0.8	0.0	5.5	16.7	5.5	31.5	22.4
<b>2004</b>	50.3	27.8	33.0	24.0	0.0	1.8	5.3	12.0	8.8	14.6	26.1	26.8
<b>2005</b>	11.3	35.6	22.5	13.9	1.1		0.0	3.0	2.6	12.6	8.2	34.4
<b>2006</b>	43.4	23.8	36.4	21.4	0.8	3.1	0.0	8.8	10.0	21.7	15.7	19.0
<b>2007</b>	37.0	15.0	16.3	11.0	2.7	0.0	3.4	0.0	6.3	13.5	13.7	27.5
<b>2008</b>	27.6	23.2	23.5	1.2	2.3	5.3	0.0	0.0	0.2	23.0	22.4	13.1
<b>2009</b>	17.6	21.9	17.0	11.8	3.2	0.0	1.4	0.0	1.3	18.7	38.0	46.0
<b>2010</b>	22.4	37.6	52.1	14.2	5.3	0.0	0.0	0.0	1.1	6.8	11.2	32.6
<b>2011</b>	41.5	38.3	16.3	19.6	7.3	0.0	1.2		13.9	7.8	16.5	30.3
<b>2012</b>	24.3	47.4	28.4	14.0	9.9	0.0	0.1	0.0	8.8	8.7	18.8	
<b>2013</b>	24.7	19.5	22.9	5.3	1.7	8.4	1.6	16.9	0.0	6.9	15.7	27.2
<b>2014</b>	17.0	26.9	11.6	15.5	3.5	0.0	1.8	3.5	9.9	31.8	6.9	48.6
<b>2015</b>	29.9	26.0	15.3	29.7	8.4	0.5	0.8	6.8	7.1	8.0	8.2	35.5
<b>2016</b>	43.9	23.4	22.1	43.9	1.7	0.1	8.9	3.1	2.9	12.2	7.9	31.1
<b>2017</b>	29.7		26.3	21.0	4.6	0.1	3.1	0.0	3.6	25.2		

Fuente: SENAMHI



Tabla 39: Precipitaciones máximas de 24 horas con datos completados de la estación Urubamba

Año	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC
1988	55.7	22.5	31.8	15.0	5.7	0.4	4.3	0.0	6.3	6.6	8.4	16.8
1989	26.2	17.3	12.7	26.7	6.1	2.7	2.3	5.3	1.0	17.4	16.6	18.7
1991	22.5	24.8	23.9	30.4	8.6	20.0	0.0	0.0	25.0	10.1	16.9	26.8
1992	22.7	41.8	16.2	30.7	0.9	8.0	0.0	33.8	0.0	15.8	21.7	9.0
1993	34.9	30.7	34.0	22.0	3.0	0.0	0.8	5.6	4.2	24.2	39.0	33.2
1994	26.2	35.8	23.0	10.9	14.8	0.0	0.0	0.0	12.0	5.0	34.0	17.4
1995	35.3	25.8	34.2	23.8	2.7	0.0	0.0	2.8	6.5	27.8	11.7	21.4
1996	23.6	33.0	24.0	20.2	8.3	0.0	0.0	7.1	10.1	6.5	12.6	20.7
1997	30.3	23.2	15.3	13.0	2.2	0.0	0.0	11.8	16.0	5.0	20.8	37.2
1998	42.7	28.4	13.2	6.0	0.0	2.5	0.0	1.6	0.8	20.6	16.9	15.9
1999	23.8	34.7	24.2	40.4	3.6	0.0	0.0	0.8	13.0	12.0	17.9	21.1
2000	26.6	26.1	31.1	11.1	3.5	3.9	0.0	6.5	5.7	17.0	7.4	27.3
2001	24.5	27.0	30.8	27.1	14.7	0.9	3.8	2.0	1.5	10.9	10.5	17.4
2002	28.5	31.0	20.8	9.1	12.6	0.5	10.6	0.0	14.8	12.9	10.3	22.4
2003	32.5	24.3	26.2	9.3	3.2	0.8	0.0	5.5	16.7	5.5	31.5	22.4
2004	50.3	27.8	33.0	24.0	0.0	1.8	5.3	12.0	8.8	14.6	26.1	26.8
2005	11.3	35.6	22.5	13.9	1.1	5.4	0.0	3.0	2.6	12.6	8.2	34.4
2006	43.4	23.8	36.4	21.4	0.8	3.1	0.0	8.8	10.0	21.7	15.7	19.0
2007	37.0	15.0	16.3	11.0	2.7	0.0	3.4	0.0	6.3	13.5	13.7	27.5
2008	27.6	23.2	23.5	1.2	2.3	5.3	0.0	0.0	0.2	23.0	22.4	13.1
2009	17.6	21.9	17.0	11.8	3.2	0.0	1.4	0.0	1.3	18.7	38.0	46.0
2010	22.4	37.6	52.1	14.2	5.3	0.0	0.0	0.0	1.1	6.8	11.2	32.6
2011	41.5	38.3	16.3	19.6	7.3	0.0	1.2	3.8	13.9	7.8	16.5	30.3
2012	24.3	47.4	28.4	14.0	9.9	0.0	0.1	0.0	8.8	8.7	18.8	30.5
2013	24.7	19.5	22.9	5.3	1.7	8.4	1.6	16.9	0.0	6.9	15.7	27.2
2014	17.0	26.9	11.6	15.5	3.5	0.0	1.8	3.5	9.9	31.8	6.9	48.6
2015	29.9	26.0	15.3	29.7	8.4	0.5	0.8	6.8	7.1	8.0	8.2	35.5
2016	43.9	23.4	22.1	43.9	1.7	0.1	8.9	3.1	2.9	12.2	7.9	31.1
2017	29.7	22.6	26.3	21.0	4.6	0.1	3.1	0.0	3.6	25.2	22.7	16.6
Distribución de mejor ajuste	Gumbel Max	Gumbel Max	Gumbel Max	Gumbel Max	Gumbel Max	Gumbel Max	Gumbel Max	Gumbel Max		Gumbel Max	Gumbel Max	Gumbel Max

Fuente: SENAMHI-Easyfit

#### 4.5.3.2. PRUEBAS DE BONDAD DE AJUSTE

Se procedió a mostrar los ajustes de distribución Gumbel máximo y Log Pearson 3 para su comparación

### ▪ Estación Colquepata

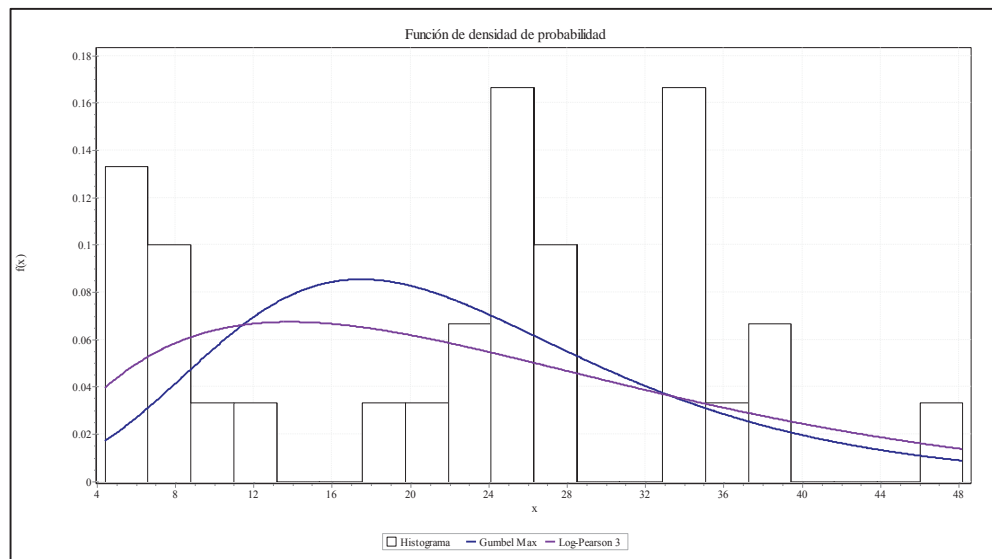


Gráfico 14: Función de densidad de probabilidad-estación Colquepata. Adaptado del software Easyfit

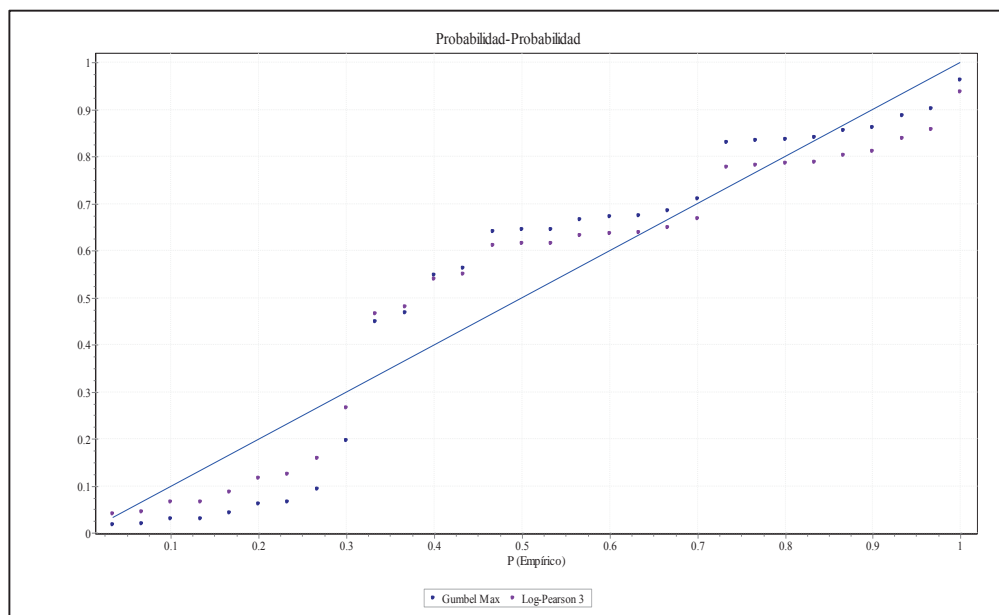


Gráfico 15: Probabilidad-estación Colquepata. Adaptado del software Easyfit.

Se realizó la prueba de bondad de ajuste con la distribución Log Pearson 3 que es la que más se ajustó con nivel de significación 0.05 de la estación de Colquepata, según las pruebas de Kolmogorov – Smirnov y Chi Cuadrado, las cuales indican que NO SE RECHAZA LA HIPÓTESIS NULA, con los datos analizados tenemos los parámetros  $\sigma=5.3775$ ,  $\beta=-0.31086$  y  $\gamma=4.6039$

Tabla 40: Prueba de bondad de ajuste estación de Colquepata

Log-Pearson 3 [#39]					
Kolmogorov-Smirnov					
Tamaño de la muestra	30				
Estadística	0.17795				
Valor P	0.26517				
Rango	26				
$\alpha$	0.2	0.1	0.05	0.02	0.01
Valor crítico	0.19032	0.21756	0.2417	0.27023	0.28987
Rechazar?	No	No	No	No	No
Anderson-Darling					
Tamaño de la muestra	30				
Estadística	1.1675				
Rango	22				
$\alpha$	0.2	0.1	0.05	0.02	0.01
Valor crítico	1.3749	1.9286	2.5018	3.2892	3.9074
Rechazar?	No	No	No	No	No
Chi-cuadrado					
Grados de libertad	3				
Estadística	5.093				
Valor P	0.16511				
Rango	42				
$\alpha$	0.2	0.1	0.05	0.02	0.01
Valor crítico	4.6416	6.2514	7.8147	9.8374	11.345
Rechazar?	Sí	No	No	No	No

Fuente: Software Easyfit

▪ **Estación Kayra**

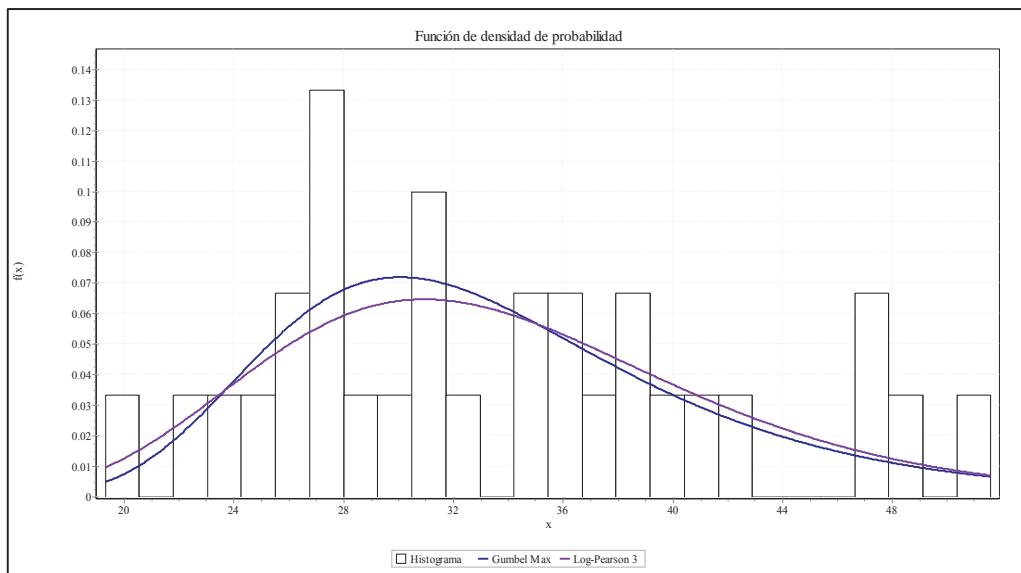


Gráfico 16: Función de densidad de probabilidad-estación Kayra. Adaptado de Easyfit

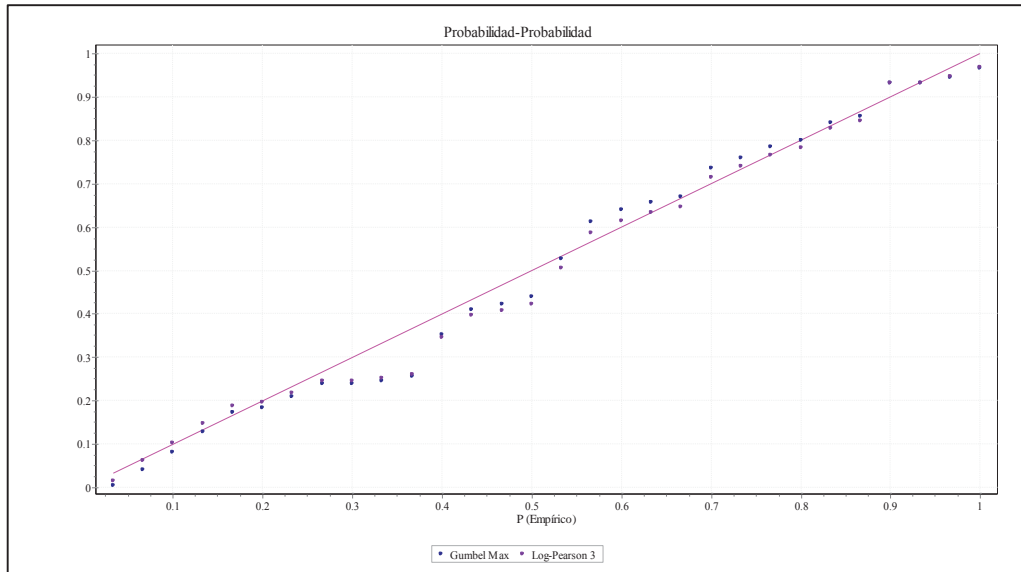


Gráfico 17: Probabilidad-estación Kayra. Adaptado de Easyfit

Se realizó la prueba de bondad de ajuste de la distribución Gumbel máximo (con nivel de significación 0.05) de la estación de Kayra, según las pruebas de Kolmogorov – Smirnov y Chi Cuadrado, las cuales indican que NO SE RECHAZA LA HIPÓTESIS NULA, y los datos analizados siguen una distribución Gumbel máximo con los parámetros y los datos analizados siguen una distribución Gumbel Máximo con los parámetros  $\sigma=6.596$   $\mu=30.013$ .

Tabla 41: Prueba de bondad de ajuste estación Kayra

Gumbel Max [#26]					
Kolmogorov-Smirnov					
Tamaño de la muestra	30				
Estadística	0.11112				
Valor P	0.81346				
Rango	37				
$\alpha$	0.2	0.1	0.05	0.02	0.01
Valor crítico	0.19032	0.21756	0.2417	0.27023	0.28987
Rechazar?	No	No	No	No	No
Anderson-Darling					
Tamaño de la muestra	30				
Estadística	0.27905				
Rango	29				
$\alpha$	0.2	0.1	0.05	0.02	0.01
Valor crítico	1.3749	1.9286	2.5018	3.2892	3.9074
Rechazar?	No	No	No	No	No
Chi-cuadrado					
Grados de libertad	3				
Estadística	0.43905				
Valor P	0.93206				
Rango	24				
$\alpha$	0.2	0.1	0.05	0.02	0.01
Valor crítico	4.6416	6.2514	7.8147	9.8374	11.345
Rechazar?	No	No	No	No	No

Fuente: Software Easyfit

## ▪ Estación Pisac

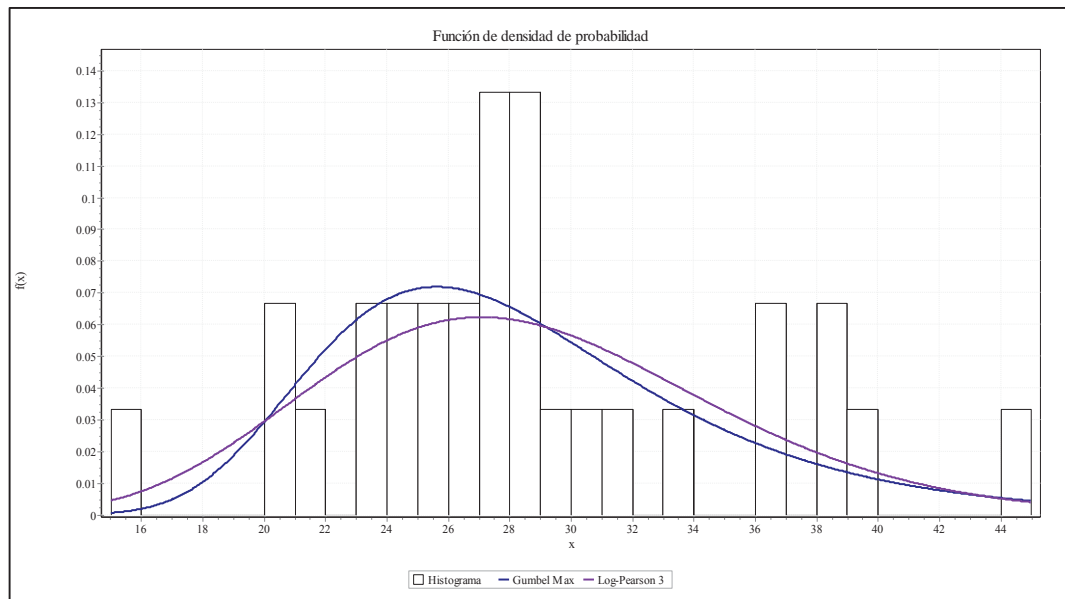


Gráfico 18: Función de densidad de probabilidad-estación Pisac. Adaptado de Easyfit.

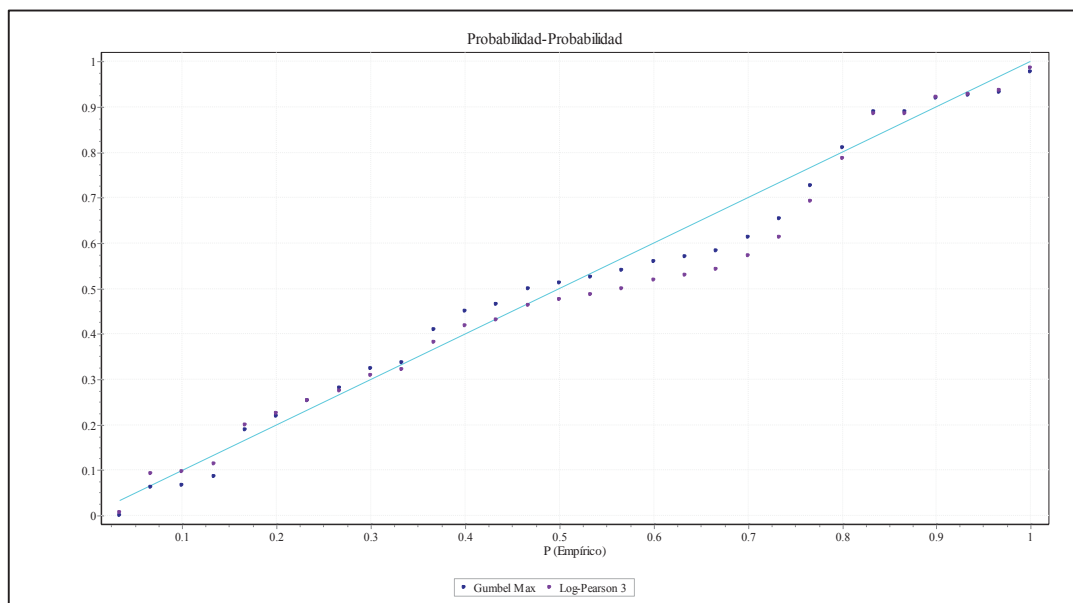


Gráfico 19: Probabilidad-estación Pisac. Adaptado de Easyfit

Se realizó la prueba de bondad de ajuste de la distribución Gumbel máximo (con nivel de significación 0.05) de la estación de Pisac, según las pruebas de Kolmogorov – Smirnov y Chi Cuadrado, las cuales indican que NO SE RECHAZA LA HIPÓTESIS NULA, y los datos analizados siguen una distribución Gumbel máximo con los parámetros  $\sigma=5.1229$   $\mu=25.636$

Tabla 42: Prueba de bondad de la estación Pisac

Gumbel Max [#26]					
Kolmogorov-Smirnov					
Tamaño de la muestra	30				
Estadística	0.08902				
Valor P	0.95433				
Rango	1				
$\alpha$	0.2	0.1	0.05	0.02	0.01
Valor crítico	0.19032	0.21756	0.2417	0.27023	0.28987
Rechazar?	No	No	No	No	No
Anderson-Darling					
Tamaño de la muestra	30				
Estadística	0.40267				
Rango	14				
$\alpha$	0.2	0.1	0.05	0.02	0.01
Valor crítico	1.3749	1.9206	2.5018	3.2892	3.9074
Rechazar?	No	No	No	No	No
Chi-cuadrado					
Grados de libertad	3				
Estadística	3.6419				
Valor P	0.30282				
Rango	17				
$\alpha$	0.2	0.1	0.05	0.02	0.01
Valor crítico	4.6416	6.2514	7.8147	9.8374	11.345
Rechazar?	No	No	No	No	No

Fuente: Software Easyfit

▪ **Estación Urubamba**

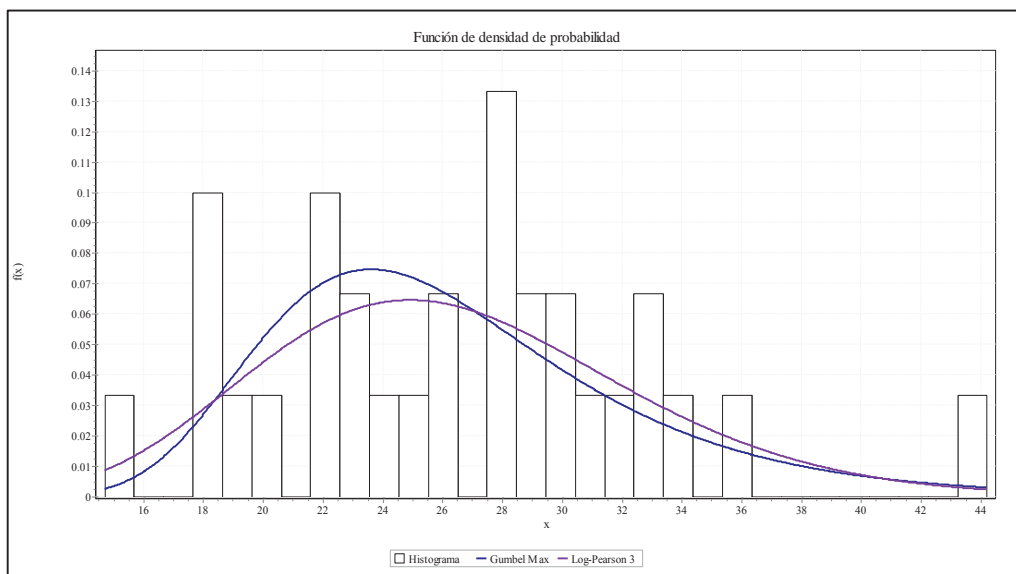


Imagen 23: Función de densidad de probabilidad-estación Urubamba. Adaptado de Easyfit.



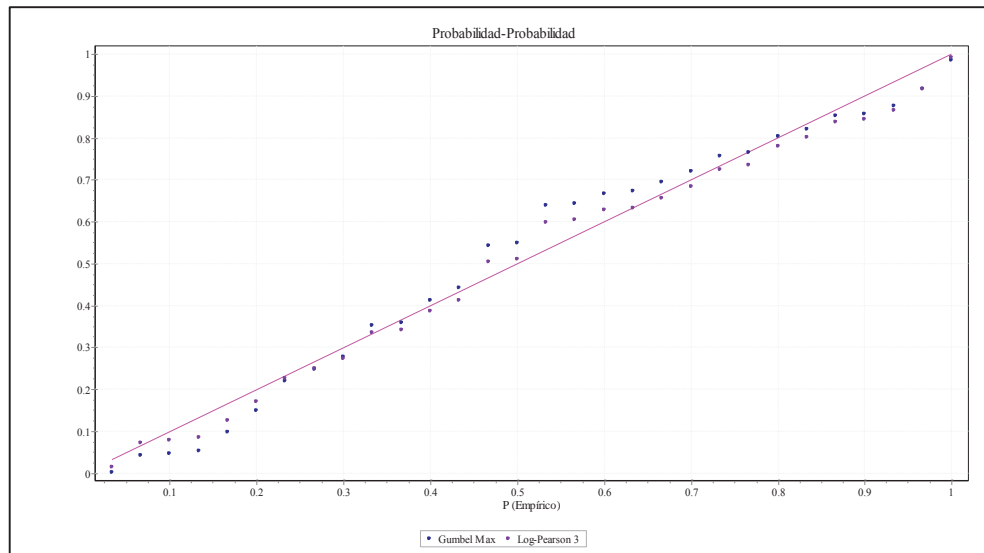


Gráfico 20: Probabilidad estación Urubamba. Adaptado de Easyfit

Se realizó la prueba de bondad de ajuste de la distribución Gumbel máximo (con nivel de significación 0.05) de la estación de Urubamba, según las pruebas de Kolmogorov – Smirnov y Chi Cuadrado, las cuales indican que **NO SE RECHAZA LA HIPÓTESIS NULA**, y los datos analizados siguen una distribución Gumbel máximo con los parámetros  $\sigma=4.8493$   $\mu=23.614$ .

Tabla 43: Prueba de bondad de ajuste estación Urubamba

Gumbel Max [#26]					
Kolmogorov-Smirnov					
Tamaño de la muestra	30				
Estadística	0.13843				
Valor P	0.56627				
Rango	43				
$\alpha$	0.2	0.1	0.05	0.02	0.01
Valor crítico	0.19032	0.21756	0.2417	0.27023	0.28987
Rechazar?	No	No	No	No	No
Anderson-Darling					
Tamaño de la muestra	30				
Estadística	0.47311				
Rango	39				
$\alpha$	0.2	0.1	0.05	0.02	0.01
Valor crítico	1.3749	1.9286	2.5018	3.2892	3.9074
Rechazar?	No	No	No	No	No
Chi-cuadrado					
Grados de libertad	3				
Estadística	0.21252				
Valor P	0.97554				
Rango	19				
$\alpha$	0.2	0.1	0.05	0.02	0.01
Valor crítico	4.6416	6.2514	7.8147	9.8374	11.345
Rechazar?	No	No	No	No	No

Fuente: Software Easyfit

## ▪ Estación Yauri

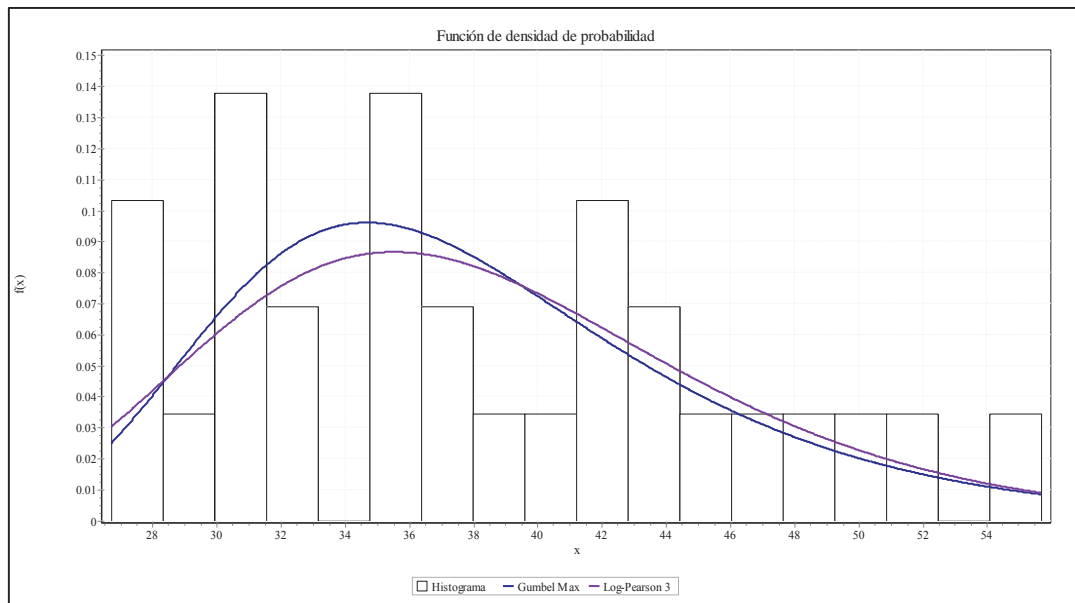


Gráfico 21: Función de densidad de probabilidad estación Yauri. Adaptado de Easyfit.

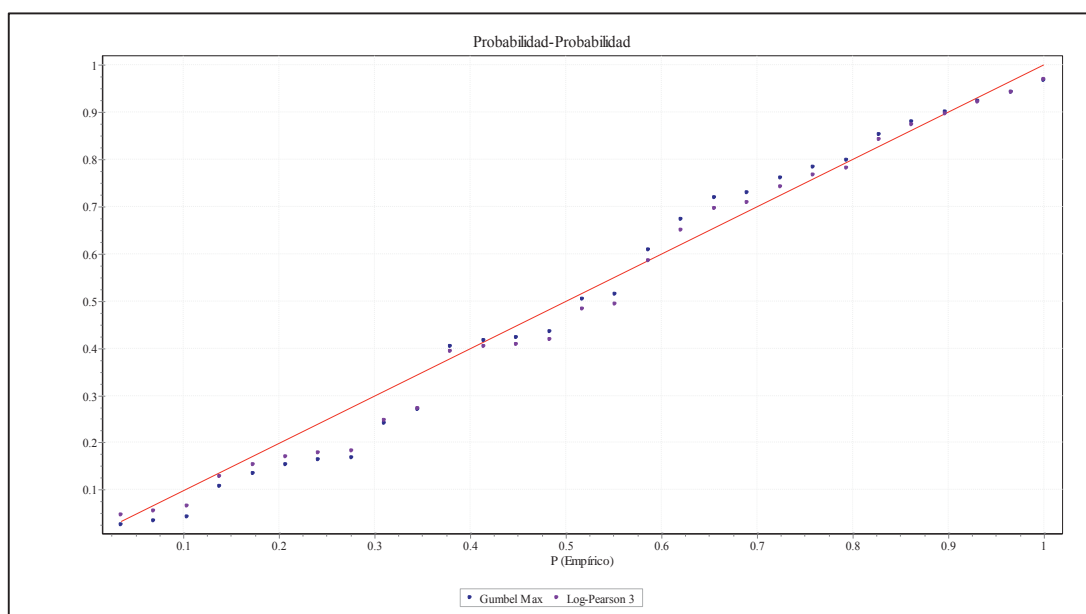


Gráfico 22: Probabilidad estación Yauri. Adaptado de Easyfit.

Se realizó la prueba de bondad de ajuste de la distribución Gumbel máximo (con nivel de significación 0.05) de la estación de Yauri, según las pruebas de Kolmogorov – Smirnov y Chi Cuadrado, las cuales indican que NO SE RECHAZA LA HIPÓTESIS NULA, y los datos analizados siguen una distribución Gumbel máximo con los parámetros con los parámetros  $\sigma=6.1719$   $\mu=34.686$ .

Tabla 44: Prueba de bondad de ajuste estación Yauri

Gumbel Max [#26]					
Kolmogorov-Smirnov					
Tamaño de la muestra	29				
Estadística	0.10853				
Valor P	0.84804				
Rango	39				
$\alpha$	0.2	0.1	0.05	0.02	0.01
Valor crítico	0.19348	0.22117	0.24571	0.27471	0.29466
Rechazar?	No	No	No	No	No
Anderson-Darling					
Tamaño de la muestra	29				
Estadística	0.36182				
Rango	35				
$\alpha$	0.2	0.1	0.05	0.02	0.01
Valor crítico	1.3749	1.9286	2.5018	3.2892	3.9074
Rechazar?	No	No	No	No	No
Chi-cuadrado					
Grados de libertad	3				
Estadística	1.7275				
Valor P	0.63083				
Rango	42				
$\alpha$	0.2	0.1	0.05	0.02	0.01
Valor crítico	4.6416	6.2514	7.8147	9.8374	11.345
Rechazar?	No	No	No	No	No

Fuente: Software Easyfit

#### 4.5.4. GENERACIÓN DE PRECIPITACIONES MÁXIMAS PARA DIFERENTES PERIODOS DE RETORNO.

Una vez corroborado el ajuste de las estaciones se generó las precipitaciones máximas para diferentes periodos de retorno de 50, 100 y 500 años según el tipo de distribución; el cálculo se realizó con el software HIDROESTA 2, que permite el cálculo de los parámetros estadísticos, cálculos de regresión lineal, no lineal, simple y múltiple, así como regresión polinomial, que dará como resultado las precipitaciones máximas para diferentes periodos de retorno.

A continuación, se detalla el procedimiento:

**Paso 1:** Una vez abierto el programa se utiliza la distribución Gumbel ya que es la que mejor se ajusta para el análisis.



Imagen 24: Se selecciona la distribución Gumbel del software Hidroesta 2



**Paso 2:** Se inserta los datos de precipitaciones máximas de cada año de la estación Colquepata, ordenando de mayor a menor para introducir en el software.

Imagen 25: Se inserta los datos para su procesamiento. Adaptado de Hidroesta 2.

**Paso 3:** Se coloca el periodo de retorno obteniendo como resultado la precipitación máxima total de la estación Colquepata

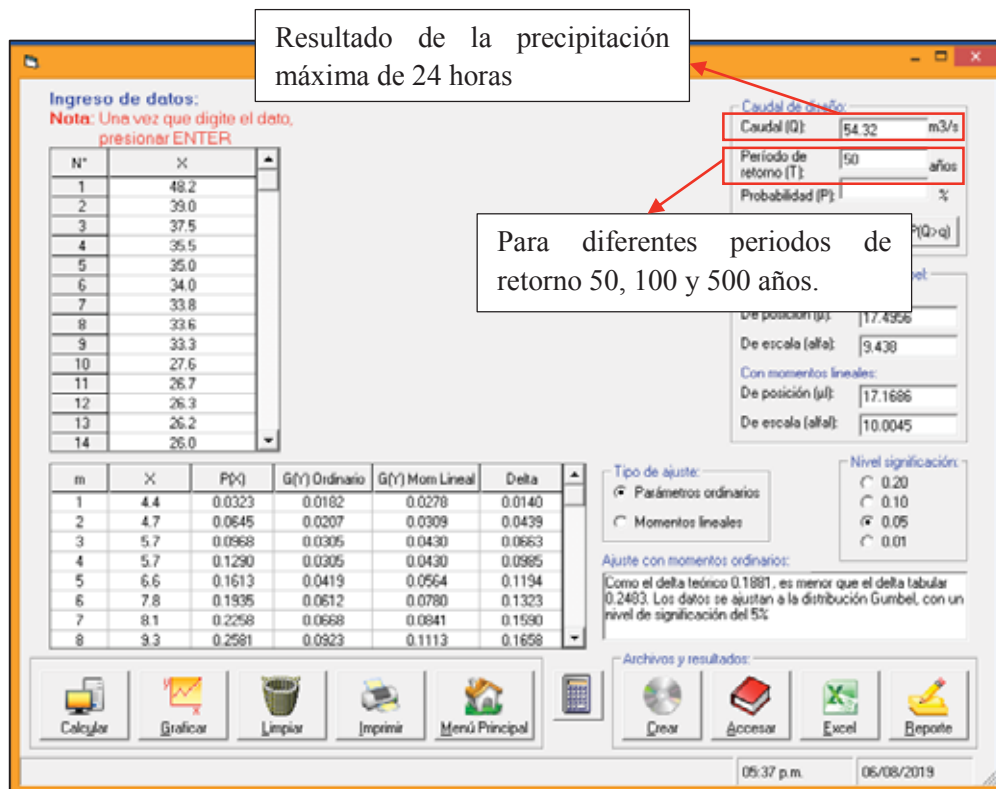


Imagen 26: Se observa los datos con el periodo de retorno y la precipitación máxima final.

De la misma forma se realizará el mismo procedimiento para todas las estaciones y para los diferentes periodos de retorno 50, 100 y 500 años. En la siguiente tabla se detalla los resultados.

Tabla 45: Precipitaciones máximas por estación, para periodos de retorno de 50,100 y 500 años.

PRECIPITACIONES 24 HORAS				
ESTACIONES	ALTITUD (m.s.n.m.)	50	100	500
		Años		
COLQUEPATA	3679	54.32	60.91	76.14
KAYRA	3219	55.54	60.02	70.37
PISAC	2950	45.7	49.35	57.79
URUBAMBA	2863	42.39	45.73	53.45
YAURI	3927	60.37	65.66	77.88

Fuente: Elaboración propia

Mediante la técnica determinística: regresión lineal, exponencial, logarítmico, polinómica etc. entre dos variables: Precipitación y Altitud nos permitirá predecir los valores de  $P=f(A)$  con un cierto grado de aproximación.

Tabla 46: Ecuación de regresiones

ECUACIONES				
LINEAL	EXPONENCIAL	LOGARÍTMICA	POLINÓMICA	POTENCIAL
$y = a x - b$	$y = a e^{bx}$	$y = a \ln(x) - b$	$y = a x^2 - b x + c$	$y = a x^b$

Fuente: Elaboración propia

El coeficiente de correlación nos indica la intensidad o grado de dependencia entre las variables de la Altitud y precipitación, la ecuación que mejor se ajusta es la LOGARÍTMICA.

▪ **PARA 50 AÑOS DE RETORNO**

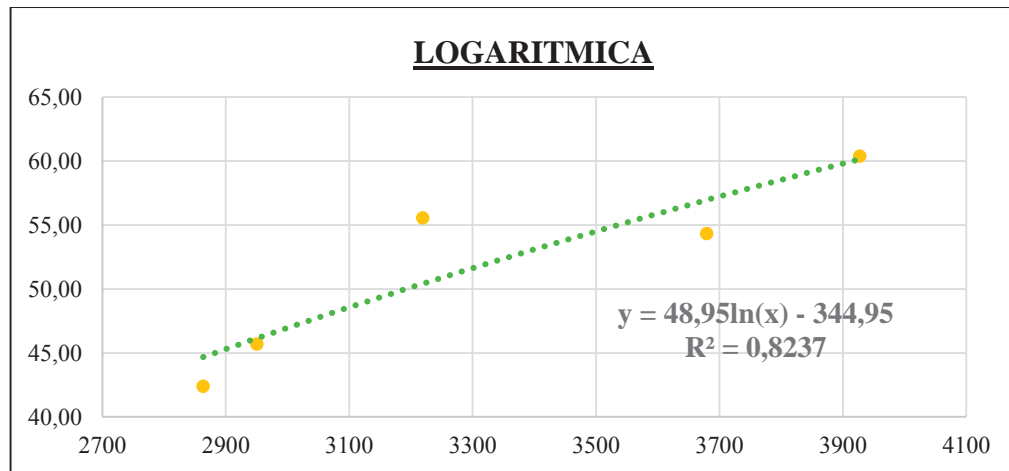


Gráfico 23: Línea de tendencia de precipitación de 24 horas Vs altitud para un tiempo de retorno 50 años. Elaboración propia.

▪ **PARA 100 AÑOS DE RETORNO**

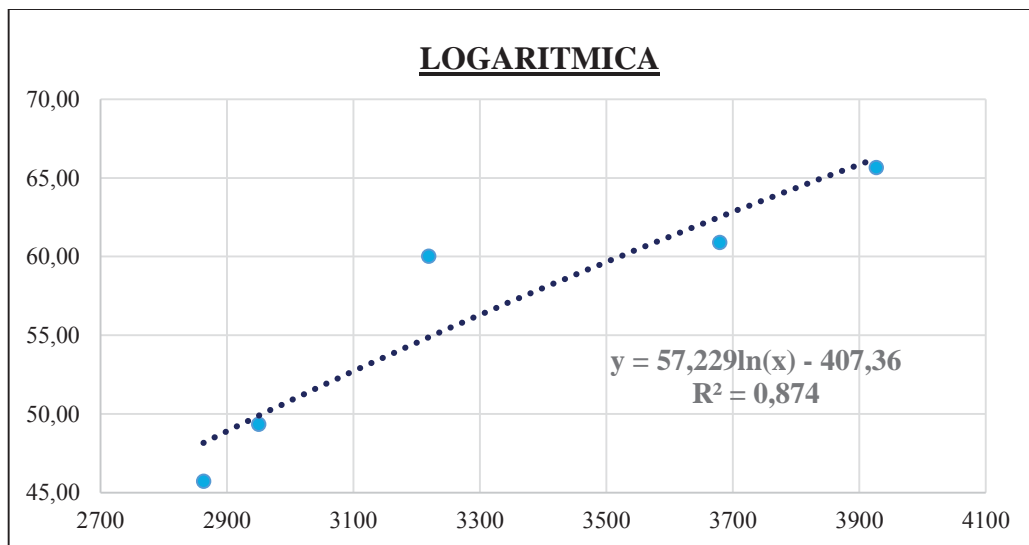


Gráfico 24: Línea de tendencia de precipitación de 24 horas Vs altitud para un tiempo de retorno 100 años. Elaboración propia.

## ▪ PARA 500 AÑOS DE RETORNO

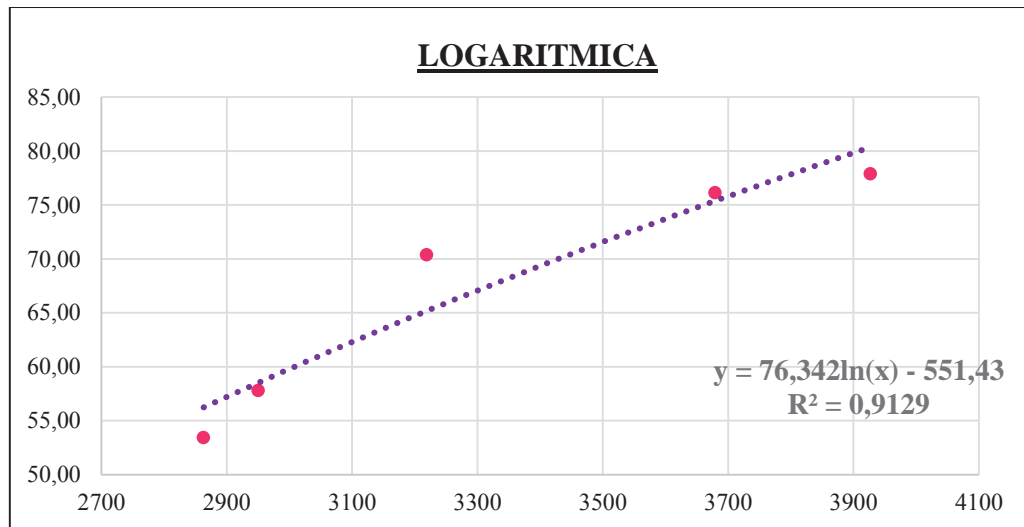


Gráfico 25: Línea de tendencia de precipitación de 24 horas Vs altitud para un tiempo de retorno 500 años. Elaboración propia.

Para cada tiempo de retorno en su respectiva ecuación se reemplaza la variable “x” por la altitud media de la subcuenca Qochoq.

Se presenta un cuadro resumen de las precipitaciones máximas de 24 horas a diferentes periodos de retorno de la subcuenca Qochoq.

Tabla 47: Precipitaciones máximas de 24 horas para 10, 50 y 500 años de retorno.

Altitud media	4219.06 m.s.n.m.
Tr (años)	PRECIPITACIÓN (mm)
50	65 mm
100	72 mm
500	88 mm

Fuente: Elaboración propia

### 4.5.5. CALCULO DE INTENSIDADES (CURVAS IDF)

Para la generación de las Curvas de Intensidad, Duración y Frecuencia (IDF), se utilizó el método planteado por el manual de Hidrología, Hidráulica y Drenaje del Ministerio de Transportes y Comunicaciones del Perú.

En la siguiente tabla se muestra los coeficientes de duración, entre 1 hora y 24 horas, los mismos que se usaron, para el cálculo de la intensidad.

Tabla 48: Coeficientes para conversión de lluvias máximas diarias a lluvias máximas horarias.

DURACIÓN DE LA PRECIPITACIÓN EN HORAS	COEFICIENTE (X)
1	0.25
2	0.31
3	0.38
4	0.44
5	0.5
6	0.56
8	0.64
10	0.73
12	0.79
14	0.83
16	0.87
18	0.9
20	0.93
22	0.97
24	1

Fuente: MTC (2011). Manual de Hidrología, Hidráulica y drenaje. Lima

Se realizaron los siguientes pasos:

**Paso 1:** Multiplicar las precipitaciones máximas calculadas para los periodos de retorno de 50,100 y 500 años, con los diferentes coeficientes de conversión de la anterior Tabla.

Tabla 49: Precipitaciones máximas multiplicadas por los coeficientes de conversión

Tiempo de duración (hr)	Coeficiente (X)	Precipitaciones máximas (mm) por tiempo de duración		
		TR=50	TR=100	TR=500
1	0.25	16.25	18.00	19.25
2	0.31	20.15	22.32	23.87
3	0.38	24.70	27.36	29.26
4	0.44	28.60	31.68	33.88
5	0.5	32.50	36.00	38.50
6	0.56	36.40	40.32	43.12
8	0.64	41.60	46.08	49.28





<b>10</b>	0.73	47.45	52.56	56.21
<b>12</b>	0.79	51.35	56.88	60.83
<b>14</b>	0.83	53.95	59.76	63.91
<b>16</b>	0.87	56.55	62.64	66.99
<b>18</b>	0.9	58.50	64.80	69.30
<b>20</b>	0.93	60.45	66.96	71.61
<b>22</b>	0.97	63.05	69.84	74.69
<b>24</b>	1	65.00	72.00	77.00
<b>48</b>	1.32	85.80	95.04	101.64

Fuente: Elaboración propia

**Paso 2:** Debido a que se consideró una tormenta de duración de 24 horas para la subcuenca Qochoq, se utilizaron los coeficientes respectivos del manual. (Ver tabla 48)

**Paso 3:** Se calculó la Intensidad al dividir las precipitaciones obtenidas por los tiempos de duración (ver Tabla 49).

Tabla 50: Intensidad (mm/h) para diferentes tiempos de duración

Tiempo de duración (hr)	Tiempo de duración (min)	Intensidad (mm/hr)		
		TR=50	TR=100	TR=500
1	60	16.18	18.01	21.98
2	120	10.03	11.16	13.63
3	180	8.20	9.12	11.14
4	240	7.12	7.92	9.67
5	300	6.47	7.20	8.79
6	360	6.04	6.72	8.21
8	480	5.18	5.76	7.03
10	600	4.72	5.26	6.42
12	720	4.26	4.74	5.79
14	840	3.84	4.27	5.21
16	960	3.52	3.92	4.78
18	1080	3.24	3.60	4.40
20	1200	3.01	3.35	4.09
22	1320	2.85	3.18	3.88
24	1440	2.70	3.00	3.66

Fuente: Elaboración propia

## PRIMERA REGRESIÓN

**Paso 4:** Las curvas IDF no solo se elaboran de manera gráfica, sino también pueden definirse como ecuaciones. Una de las relaciones matemáticas que grafican dichas curvas fue realizada por Bernard en 1932 siendo la siguiente relación:

$$I = \frac{K * T^m}{D^n}$$

Donde:

- I= Intensidad de lluvia en mm/hr
- K,m,n= Constantes de regresión lineal múltiple
- T= Periodo de retorno en años
- D= Duración (min u hr)

**Paso 5:** Se realizó el cálculo de regresión lineal múltiple de las precipitaciones para diferentes tiempos de duración, con el software HIDROESTA 2 obteniendo los siguientes resultados.

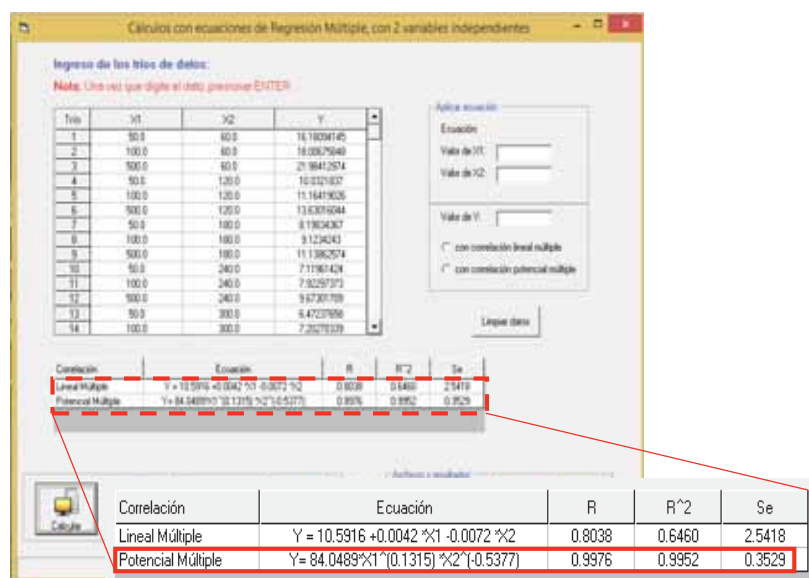


Imagen 27: Cálculo de regresión lineal. Adaptado del Software HIDROESTA 2

La ecuación de Intensidad para la generación de las curvas IDF generada mediante una CORRELACIÓN POTENCIAL MÚLTIPLE queda definida de la siguiente manera

$$I = \frac{K \cdot T^m}{D^n} \quad \Rightarrow \quad I = 84,0489 \frac{T^{0.1315}}{D^{0.5377}}$$

**Paso 6:** Se aplicó la ecuación de Intensidad a las precipitaciones máximas para diferentes tiempos de duración de lluvias, dando como resultado:

Tabla 51: Intensidad máxima por tiempo de duración

Tiempo de duración (hr)	Tiempo de duración (min)	Intensidad (mm/hr)		
		TR=50	TR=100	TR=500
1	60	15.55	17.04	21.05
2	120	10.71	11.74	14.5
3	180	8.62	9.44	11.66
4	240	7.38	8.09	9.99
5	300	6.55	7.17	8.86
6	360	5.94	6.5	8.03
8	480	5.08	5.57	6.88
10	600	4.51	4.94	6.1
12	720	4.09	4.48	5.53
14	840	3.76	4.12	5.09
16	960	3.5	3.84	4.74
18	1080	3.29	3.6	4.45
20	1200	3.11	3.4	4.21
22	1320	2.95	3.23	4
24	1440	2.82	3.09	3.81

Fuente: Elaboración propia

**Paso 7:** Se graficó las Curvas IDF a partir de los datos de la Tabla 55.

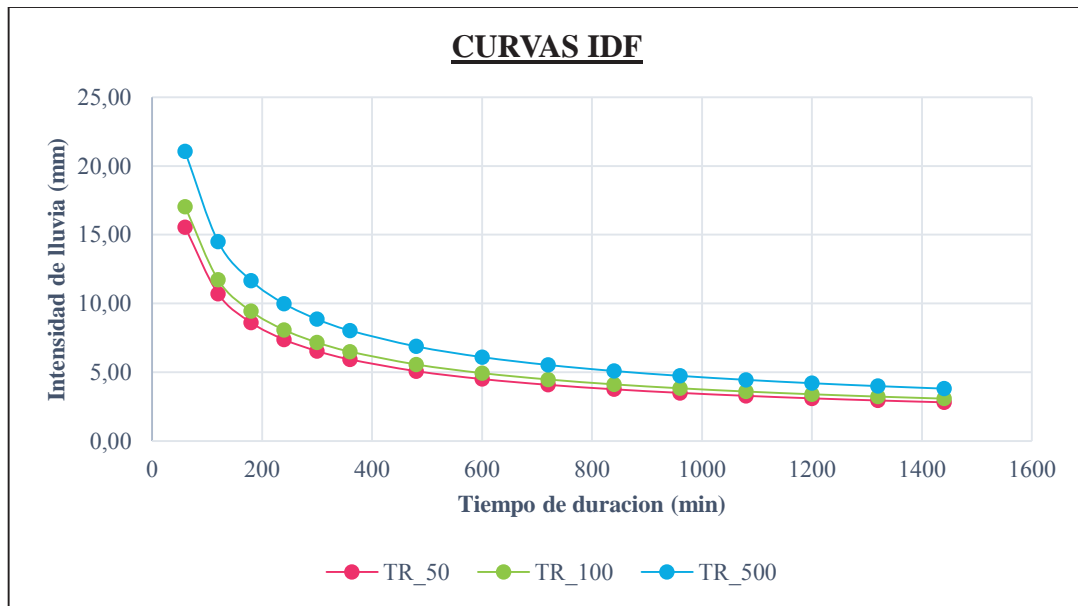


Gráfico 26: Curvas IDF para diferentes periodos de retorno de 50, 100 y 500 años.

### **Hietogramas de diseño de las curvas IDF**

Para generar los hietogramas de diseños de las curvas IDF, se realizó con el Método del Bloque Alternativo, ya que es una manera sencilla de obtener la mayor precipitación exacta en un determinado tiempo basado en el Manual de Hidrología, Hidráulica y Drenaje del Ministerio de Transportes y Comunicaciones del Perú.

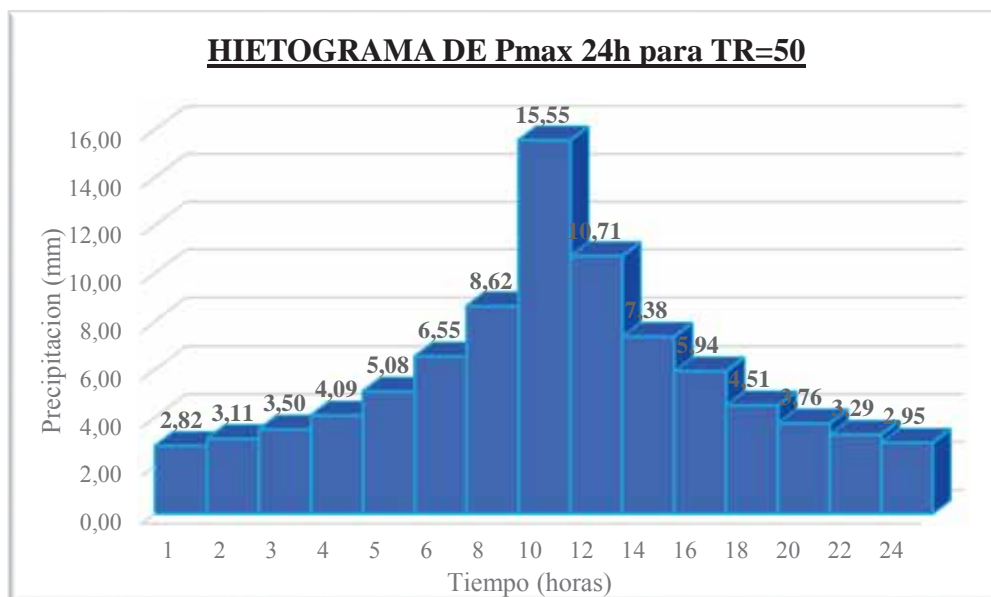


Gráfico 27: Hietograma de P max P24hr de la subcuenca Qochoq, T=50 años. Elaboración propia.

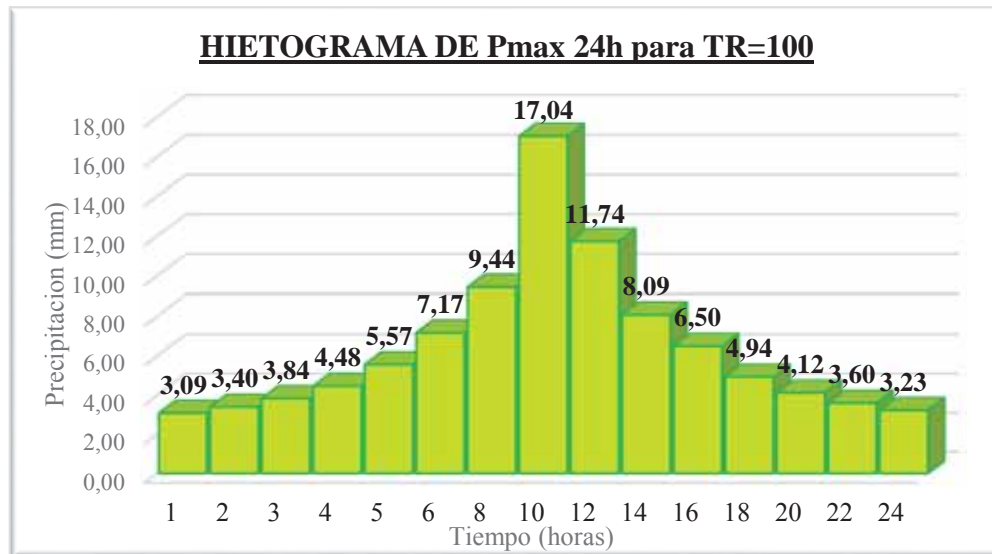


Gráfico 28: Hietograma de P max P24hr de la subcuenca Qochoq, T=100 años. Elaboración propia.

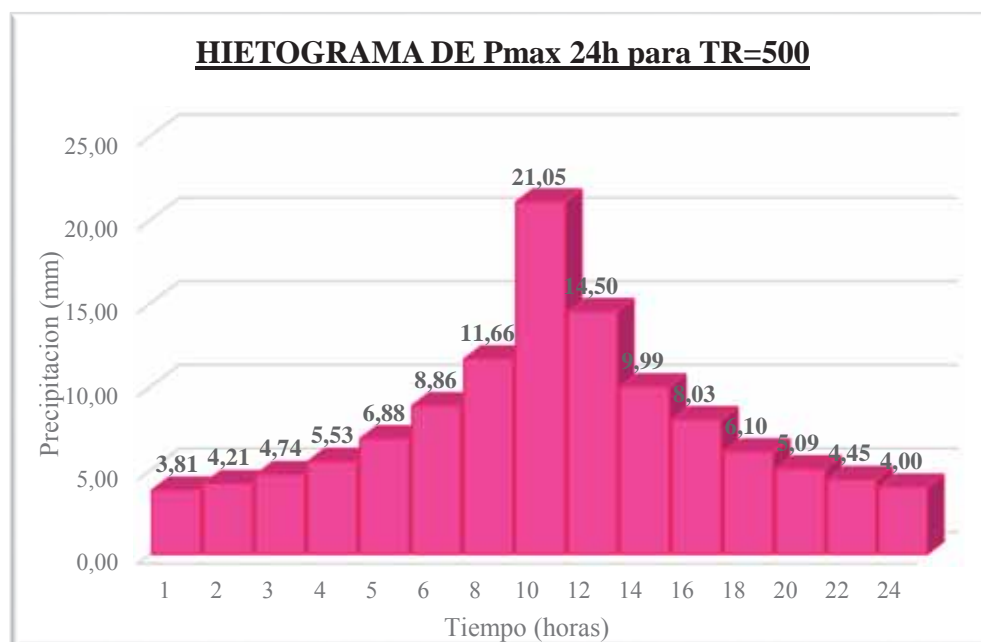


Gráfico 29: Hietogramas de P. max P24hr de la subcuenca Qochoq, T=500 años. Elaboración propia.

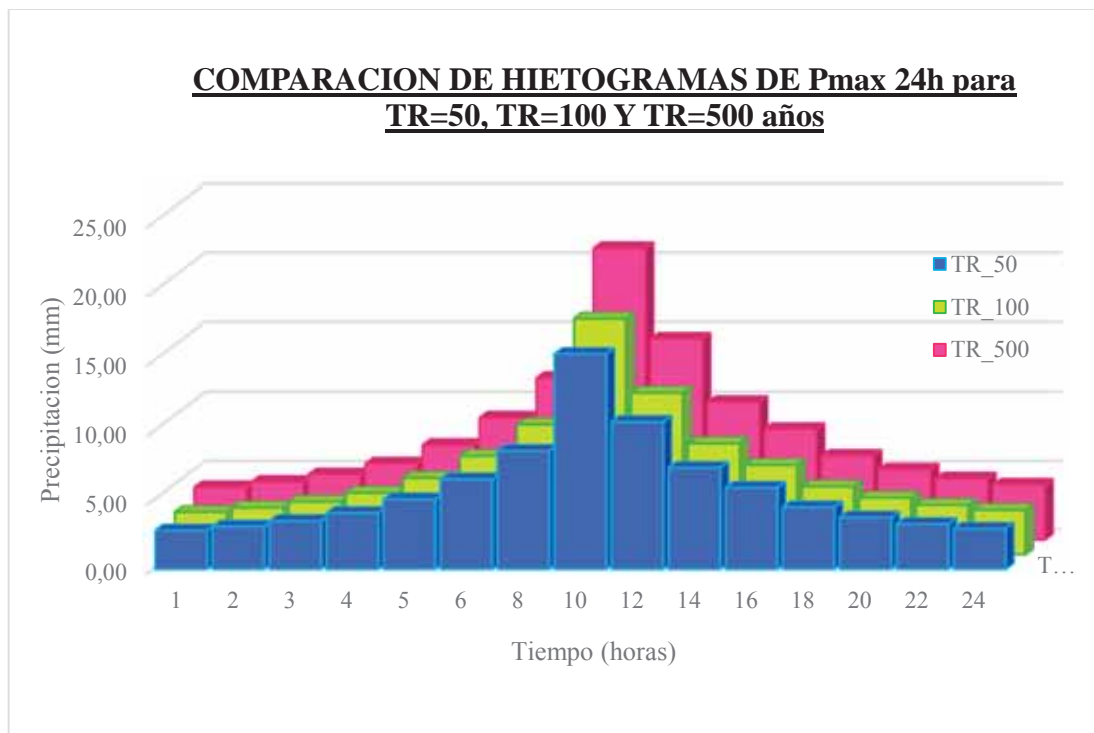


Gráfico 30: Comparación de hietogramas de P max P24hr T=50, T=100 y T=500 años. Elaboración propia.

### **Intensidad media en una hora**

Utilizando los datos de las curvas IDF se determina la intensidad media en una hora (mm/h).

En base al modelo de Dick y Peschke (Guevara, 1991) que permite calcular la lluvia máxima en función de la precipitación máxima en 24 horas, y obtener lluvias máximas para diferentes duraciones y periodos de retorno, se tiene la siguiente ecuación:

$$Pd = P24hr \left( \frac{d}{1440} \right)^{0.25}$$

Donde

- Pd= Precipitación total (mm) para diferentes Tr
- D= Duración en min= Tc
- P24hr= Prec. Max en 24 hr

Tabla 52: Precipitación máxima en una hora

T. retorno	P. max 24 (mm)	P. 1hr (mm)
Tr 50	64.72	34.98
Tr 100	72.03	38.93
Tr 500	87.94	47.53

Finalmente calculamos las intensidades para diferentes periodos de retorno, utilizando las precipitaciones de 1 hora de la tabla 51 y el tiempo de concentración que es 2.004 hr

$$I = \frac{Pd}{Tc}$$

Donde:

- Pd= Precipitación total en una hora (mm) para diferentes Tr
- Tc= Tiempo de concentración (hr)

Tabla 53: Intensidad media en una hora

Tr 50	Intensidades (mm/hr)	17.08
Tr 100		19.00
Tr 500		23.21

Fuente: Elaboración Propia

#### 4.6. GENERACIÓN DE CAUDALES

Para la generación de caudales se empleó tres métodos Patrón de tormenta regional, Curvas IDF y Método de hidrograma unitario Snyder, aplicando el software HEC-HMS.

HEC-HMS (Hydrologic Engineering Center-Hydrologic Modeling System- Centro de Ingeniería Hidrológica-Sistema de Modelización Hidrológica), es un software que genera la respuesta que tendrá la cuenca de un río en su escurrimiento superficial, como producto de una precipitación el cual nos dará como respuesta los caudales para diferentes periodos de retorno. (Villon, 2011, pg 381)

#### 4.6.1. PATRÓN DE TORMENTA REGIONAL (Método Hidrograma Unitario SCS)

Una tormenta de diseño es un patrón de precipitación definido para utilizar en el diseño de un sistema hidrológico basándose en información histórica de precipitación en una zona de estudio (MTC,2011, pg 33).

**Paso 1:** Cargamos de información al Modelo de Cuenca (Basin Model) y lo configuramos:



Imagen 28: Modelo de la cuenca (Basin Model). Adaptado del Software Hec-Hms

En la pestaña de **Sub-basin** (subcuenca) se colocó el área de la subcuenca Qochoq; se eligió el método de transformación de caudales máximos del: HIDROGRAMA UNITARIO SCS y el método para el cálculo de pérdidas del: NÚMERO DE CURVA SCS.

En la pestaña de **Loss** (pérdidas), se colocó los valores de pérdidas iniciales (Ia) (ver Tabla 25), numero de curva (CN) (ver Tabla 20) de la cuenca; todos estos valores ya calculados anteriormente.

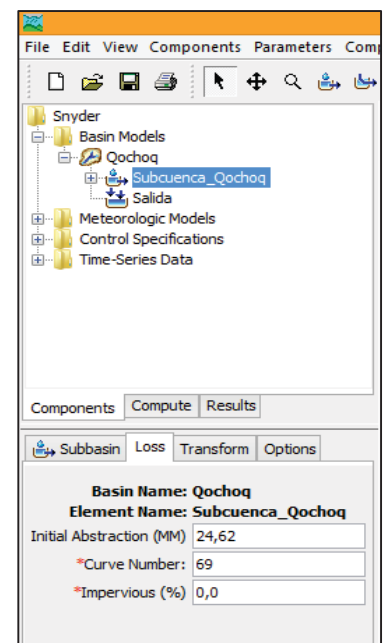


Imagen 29: Basin Model-Loss. Adaptado del Software Hec-Hms



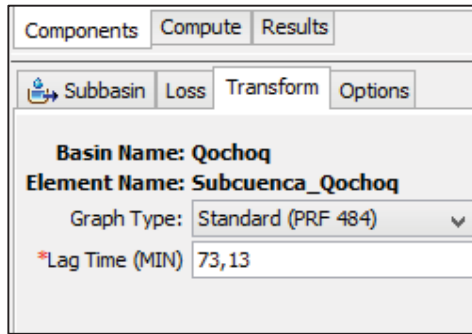


Imagen 30: Basin Model-Transform. Adaptado del Software Hec-Hms

En la pestaña de **Transform** (transformación), se colocó el valor de Lag Time que es **73.13 min.**

**Paso 2:** Creamos la carpeta de Modelo de meteorológico (**Meteorologic Models**) y la configuramos con los datos de las precipitaciones con el método SCS STORN.

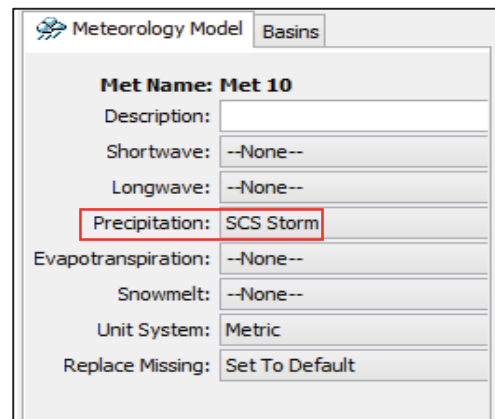


Imagen 31: Modelo meteorológico. Adaptado del Software Hec-Hms

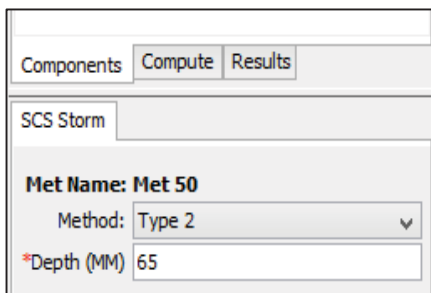


Imagen 32: SCS Storm-Components. (Ver Tabla 47). Adaptado del Software Hec-Hms

Una vez

elegido el método SCS STORN se colocará el método “TYPE 2”, debido a que se configura a una zona fría y el valor de la precipitación máxima obtenida anteriormente

(Ver Tabla 47).

**Paso 3:** Creamos el conjunto denominado Control de especificaciones (**Control Specifications**) donde se colocó la fecha de simulación del evento para la zona de estudio.

Control Specifications	
Name:	TR_50
Description:	
*Start Date (ddMMMYYYY)	01ene2018
*Start Time (HH:mm)	00:00
*End Date (ddMMMYYYY)	03ene2018
*End Time (HH:mm)	00:00
Time Interval:	1 Hour

Imagen 33: Control de especificaciones.  
Adaptado del Software Hec-Hms

Las especificaciones de control tuvieron fechas largas, para poder visualizar el hidrograma de salida de las simulaciones; pues el tiempo que demora en reflejar es debido al tamaño de la subcuenca Qochoq; así se consideró desde el 01 enero del 2018 desde las 00:00 hasta el 03 de enero del 2018 a las 12:00, simulando todo ello para periodos de retorno de 50, 100 y 500 años.

**Paso 4:** Una vez colocados todos los datos que requiere el programa, se realiza la simulación; el cual nos brindará resultados de los caudales picos, hietogramas, hidrogramas, etc.

## CAUDAL PARA 50 AÑOS DE RETORNO

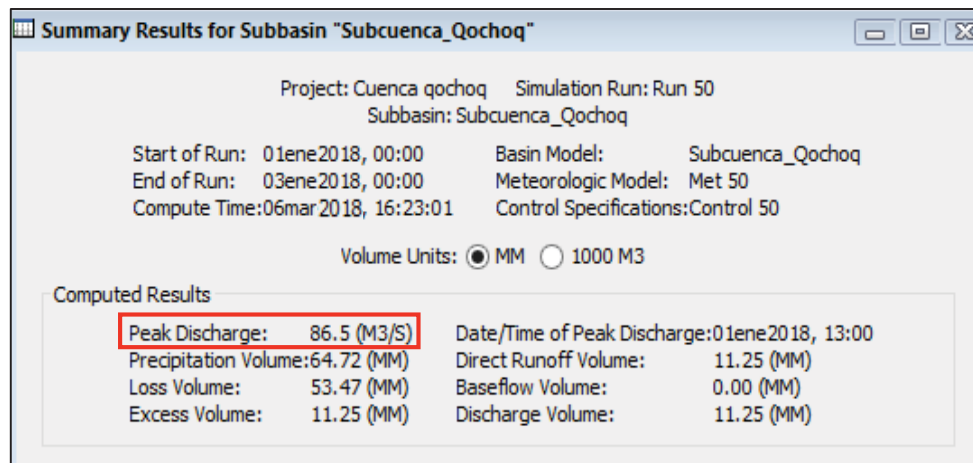


Imagen 34: Caudal máximo  $T_r=50$  años. Adaptado del Software Hec-Hms

En el siguiente hidrograma se muestra los caudales simulados para un periodo de retorno de 50 años y para un tiempo de concentración de 120,22 minutos, habiéndose obtenido un caudal máximo de  $Q_{\max T50} = 86,5 \text{ m}^3/\text{s}$ .

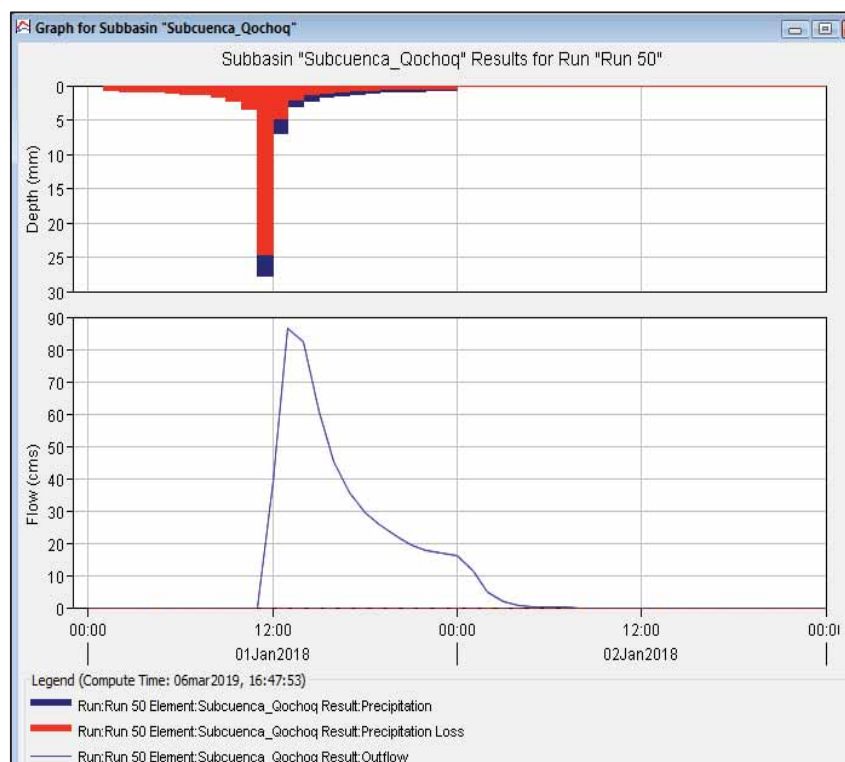


Imagen 35: Pérdidas iniciales Vs caudal máximo para  $T=50$  años. Adaptado del Software Hec-Hms

## CAUDAL PARA 100 AÑOS DE RETORNO

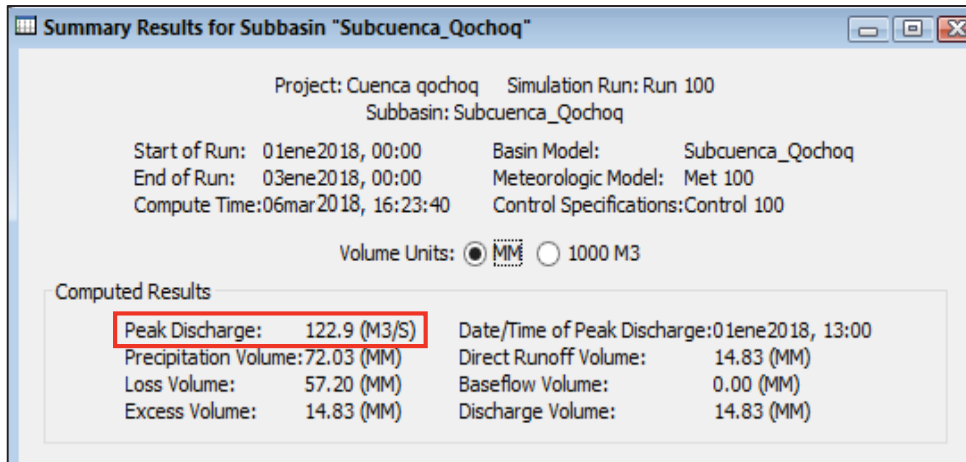


Imagen 36: Caudal máximo  $T_r=100$  años. Adaptado del Software Hec-Hms

En el siguiente hidrograma se muestra los caudales simulados para un periodo de retorno de 100 años y para un tiempo de concentración de 120,22 minutos, habiéndose obtenido un caudal máximo de  $Q_{\max T100} = 122,9 \text{ m}^3/\text{s}$ .

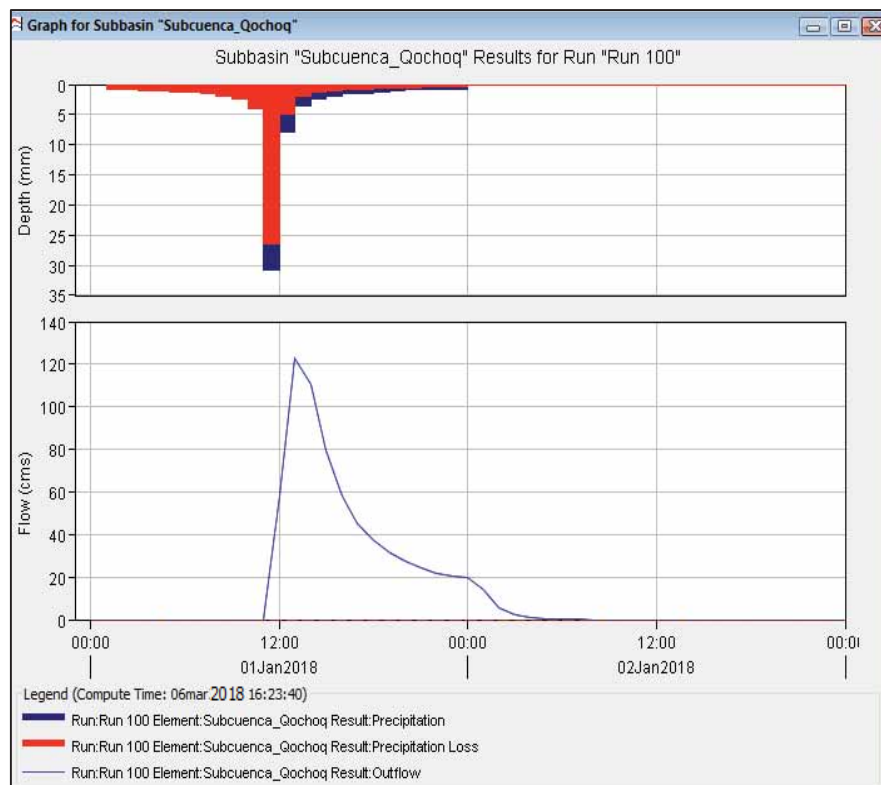


Imagen 37: Pérdidas iniciales Vs caudal máximo para  $T=100$  años. Adaptado del Software Hec-Hms

## CAUDAL PARA 500 AÑOS DE RETORNO

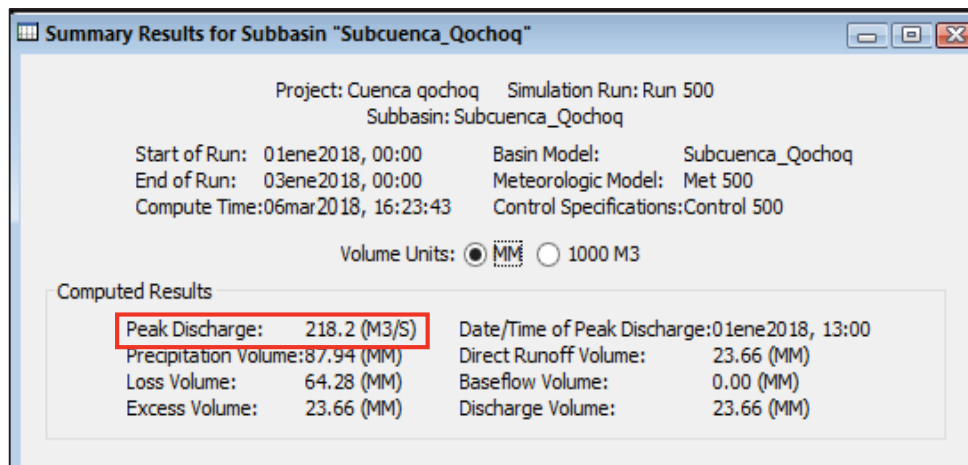


Imagen 38: Caudal máximo  $T_r=100$  años. Adaptado del Software Hec-Hms

En el siguiente hidrograma se muestra los caudales simulados para un periodo de retorno de 500 años y para un tiempo de concentración de 120,22 minutos, habiéndose obtenido un caudal máximo de  $Q_{\max T500} = 218,2 \text{ m}^3/\text{s}$ .

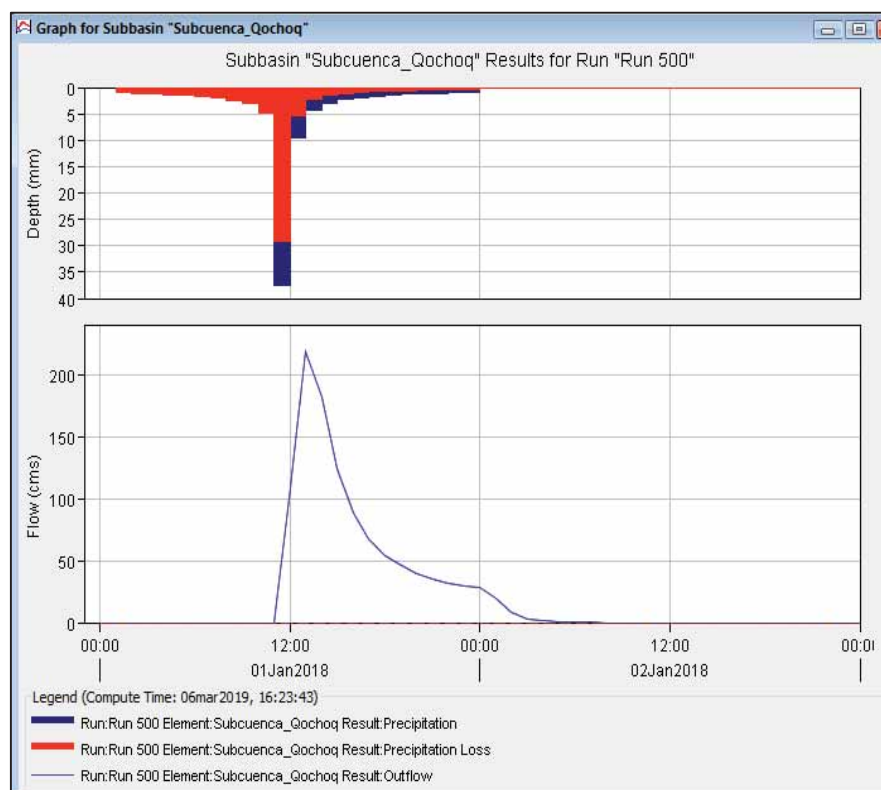


Imagen 39: Pérdidas Iniciales VS Caudal máximo para  $T = 500$  años. Adaptado del Software Hec-Hms

#### 4.6.2. CURVAS IDF

Se realizará una misma secuencia de pasos que la simulación de caudales máximos de 50, 100 y 500 años de periodo de retorno utilizando el Patrón de Tormenta Regional, variando en los siguientes casos:

En **Control de especificaciones** (Control Specifications) se colocó la fecha de simulación del evento para la zona de estudio.

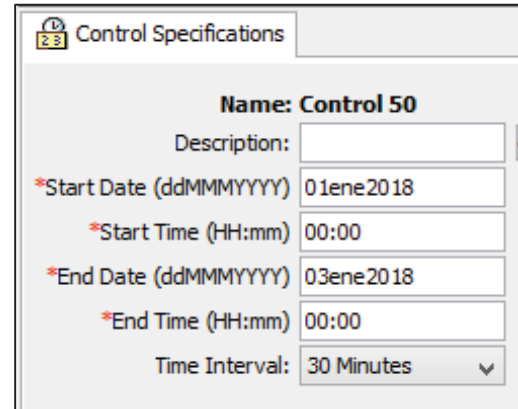


Imagen 40: Control de Especificaciones  $T=50$  años. Adaptado del Software Hec-Hms

Estas especificaciones de control tuvieron la misma fecha que en la simulación de Patrón de Tormenta Regional; lo que se modificó fue el tiempo que demora en reflejar debido a las Curvas IDF utilizadas; así se consideró desde el 01 enero del 2018 desde las 00:00 hasta el 03 de enero del 2018 a las 00:00, simulando todo ello para periodos de retorno de  $T=50$  años,  $T = 100$  años y  $T = 500$  años.

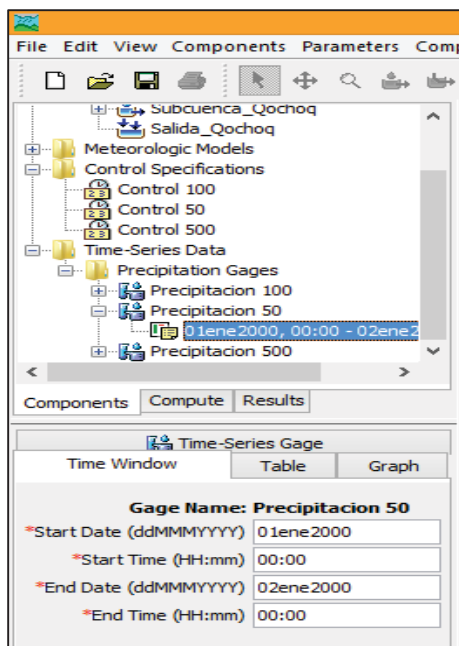


Imagen 41: Precipitation Gages-Time Windows. Adaptado del Software Hec-Hms

En las **series de tiempo** (Time Series Data) => Precipitation Gages; se configuró los hietogramas de precipitación con 24 horas de duración que se muestra a continuación, para periodos de retorno de 50, 100 y 500 años para la zona de estudio, simulando dichos eventos el 01 de enero del 2018 desde las 00.00 horas hasta el 02 de enero del 2018 hasta las 00:00 horas.

## CAUDAL PARA 50 AÑOS DE RETORNO

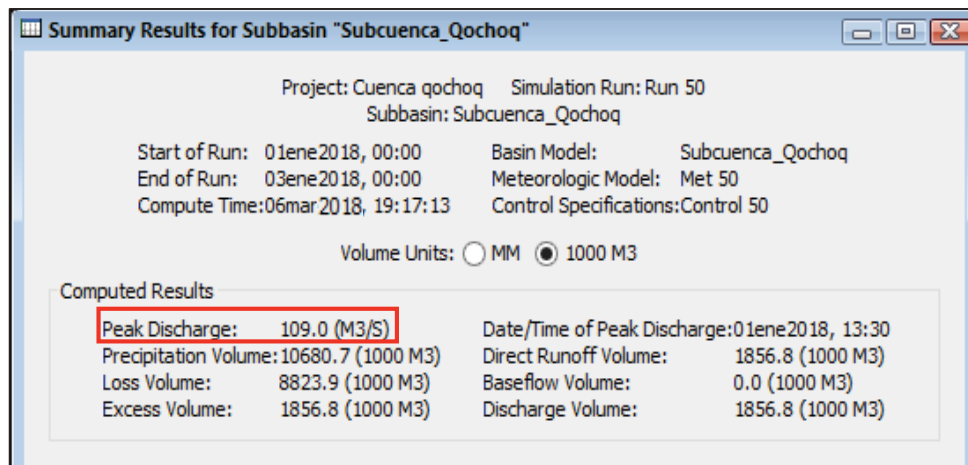


Imagen 42: Caudal máximo  $T=50$  años. Adaptado del Software Hec-Hms

En el siguiente hidrograma se muestra los caudales simulados para un periodo de retorno de 50 años y para un tiempo de concentración de 120,22 minutos, habiéndose obtenido un caudal máximo de  $Q_{\max T50} = 109 \text{ m}^3/\text{s}$ .

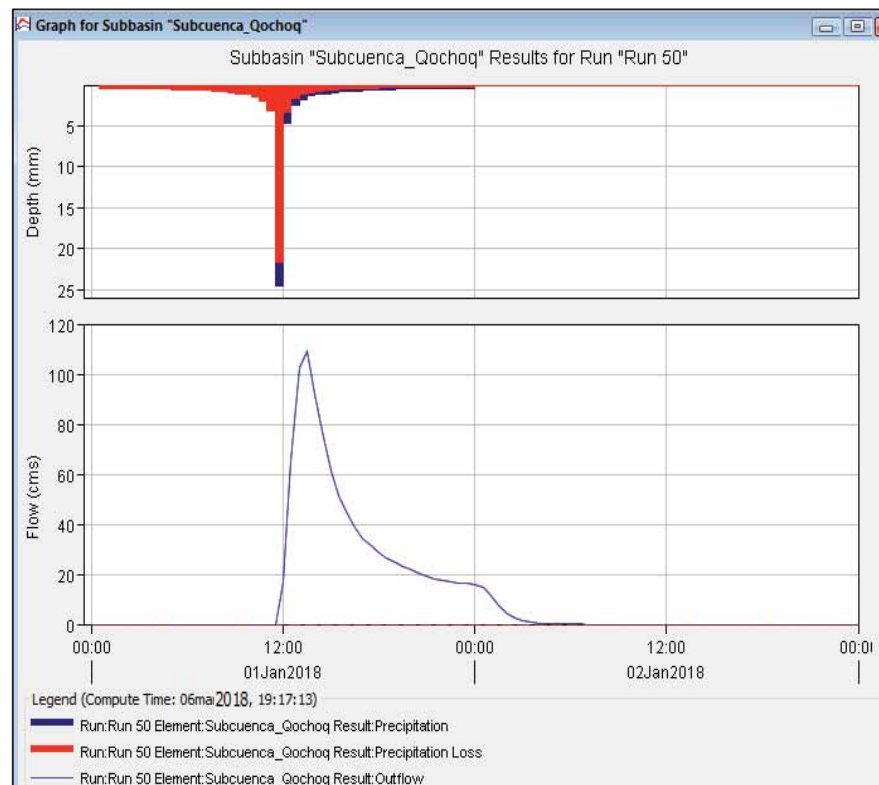


Imagen 43: Pérdidas Iniciales VS Caudal máximo para  $T = 50$  años. Adaptado del Software Hec-Hms

## ➤ CAUDAL PARA 100 AÑOS DE RETORNO

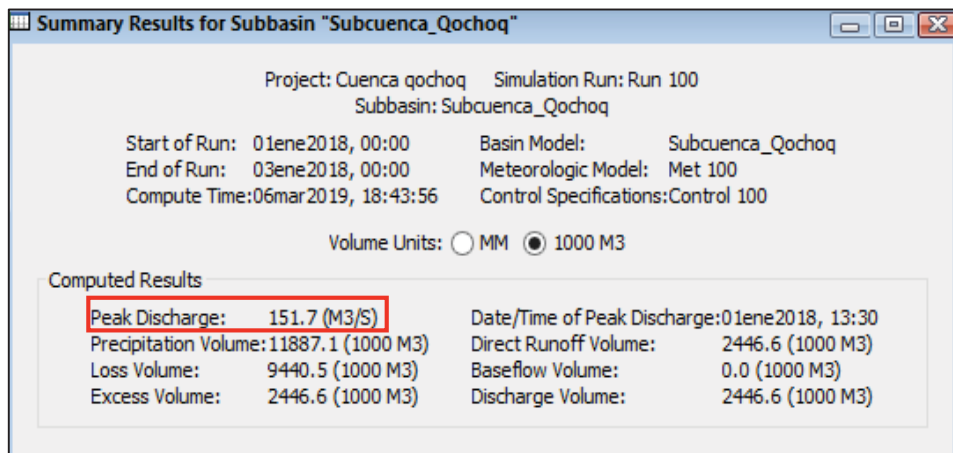


Imagen 44: Caudal máximo  $T=100$  años. Adaptado del Software Hec-Hms

En el siguiente hidrograma se muestra los caudales simulados para un periodo de retorno de 100 años y para un tiempo de concentración de 120,22 minutos, habiéndose obtenido un caudal máximo de  $Q_{\max T100} = 151,7 \text{ m}^3/\text{s}$ .

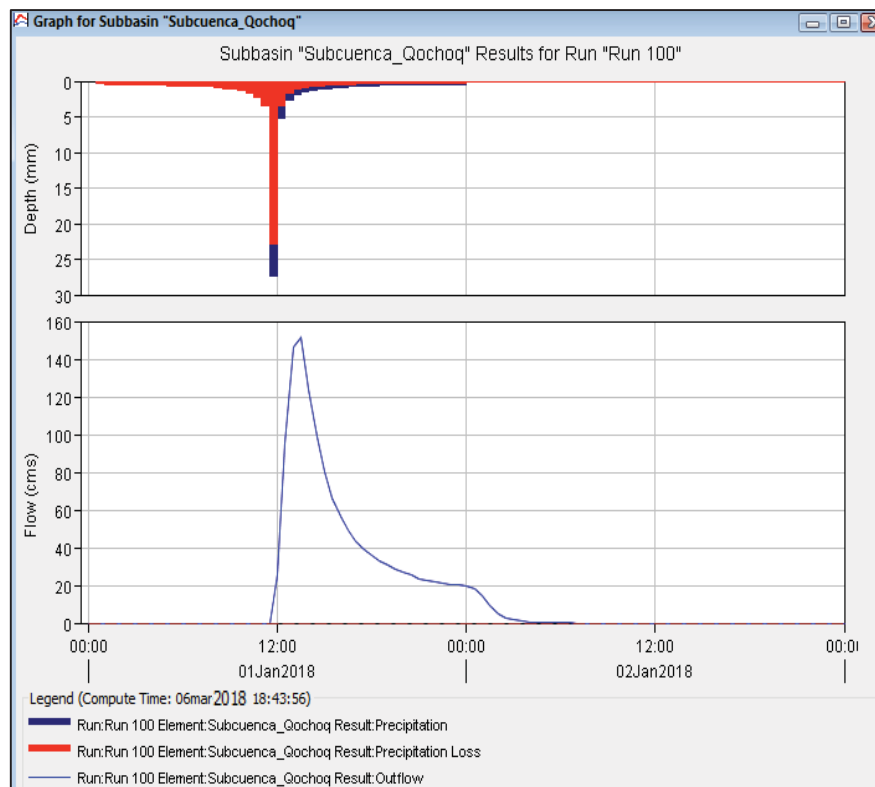


Imagen 45: Pérdidas Iniciales VS Caudal máximo para  $T = 100$  años. Adaptado del Software Hec-Hms



## ➤ CAUDAL PARA 500 AÑOS DE RETORNO

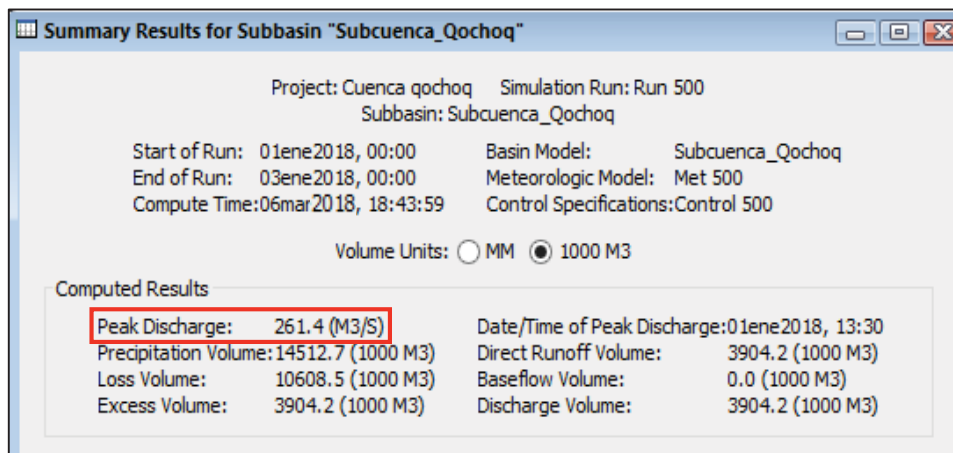


Imagen 46: Caudal máximo  $T_r=500$  años. Adaptado del Software Hec-Hms

En el siguiente hidrograma se muestra los caudales simulados para un periodo de retorno de 500 años y para un tiempo de concentración de 120,22 minutos, habiéndose obtenido un caudal máximo de  $Q_{\max T500} = 261,4 \text{ m}^3/\text{s}$ .

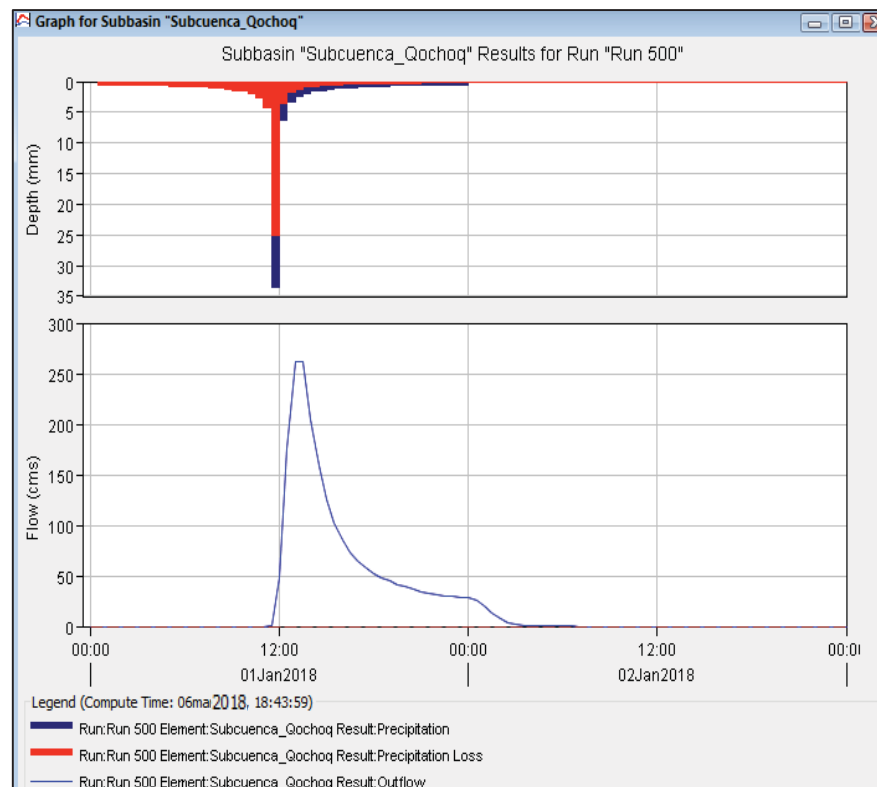


Imagen 47: Pérdidas Iniciales VS Caudal máximo para  $T = 500$  años. Adaptado del Software Hec-Hms.

#### 4.6.3. HIDROGRAMA UNITARIO DE SNYDER

Un hidrograma unitario sintético es la representación gráfica de las variaciones de caudal con respecto al tiempo. Para el método de hidrograma unitario de Snyder se utilizó el tipo tasa de flujo pico (Snyder, 1938; Gray, 1961).

Para realizar la generación de caudales se repite el mismo procedimiento explicado en los ítems anteriores; resumiendo en:

En primer lugar, cargamos de información al **Modelo de Cuenca** (Basin Model) y lo configuramos, para que el método de transformación sea mediante del hidrograma unitario de Snyder.

Subbasin	Loss	Transform	Options
<b>Basin Name: Subcuenca_Qochoq</b>			
<b>Element Name: Subcuenca_Qochoq</b>			
Description:			
Downstream:	Salida_Qochoq		
*Area (KM2)	165.03		
Latitude Degrees:			
Latitude Minutes:			
Latitude Seconds:			
Longitude Degrees:			
Longitude Minutes:			
Longitude Seconds:			
Canopy Method:	--None--		
Surface Method:	--None--		
Loss Method:	SCS Curve Number		
Transform Method:	Snyder Unit Hydrograph		
Baseflow Method:	--None--		

Imagen 48: Modelo de Cuenca (Basin Model)-Método Snyder. Adaptado del Software Hec-Hms

En segundo lugar, colocamos los datos **Transform**. Para hallar el tiempo de retardo o **standard lag** ( $t_p$ ) se tiene la siguiente formula:

$$t_p = C \times C_t(L \times L_c)^{0,3}$$

Donde:

- $C=0.75$
- $L$ =Longitud de corriente principal **23.25 km**
- $L_c$ = Longitud de corriente principal hasta el centroide **12 km**

Investigaciones anteriores proponen que el coeficiente  $C_t$  depende de la pendiente de la cuenca, el cual se calcula con la siguiente expresión (Ven Te Chow, David R. Maidment, Larry W. Mays, 1994)

$$C_t = \frac{0,6}{\sqrt{S}}$$

Donde:

- $C_t$ = Coeficiente de las cuencas estudiadas **1.14 km**
- $S$ = Pendiente de la cuenca **0.28**

Con respecto al tiempo de retardo  $T_p$  que depende del coeficiente de retardo de Snyder ( $C_t$ ) como resultado se obtiene que  **$T_p=4.63$  hr.:**

El coeficiente  $C_p$  (**peaking coefficient**) se puede considerar mayor a 0,7 para zonas con orografía de pendientes elevadas, como es el caso de la zona estudio. Para la modelación se usó un valor de 0,8.

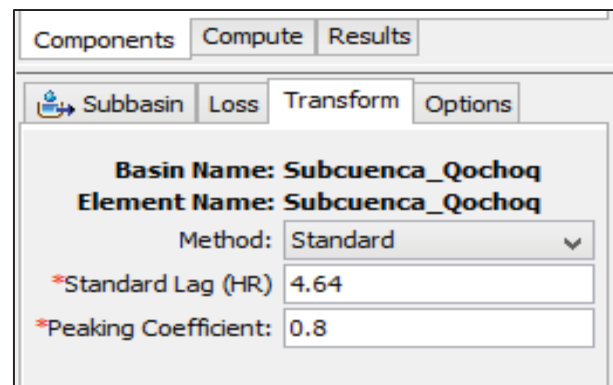


Imagen 49: Basin Model-Transform- Método Snyder. Adaptado del Software Hec-Hms

Po ultimo seguimos los pasos mencionados anteriormente y corremos el programa.

## CAUDAL PARA 50 AÑOS DE RETORNO

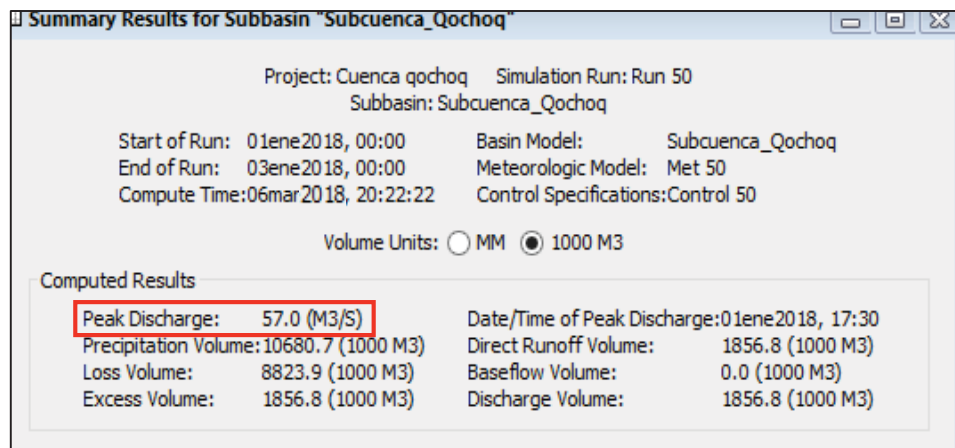


Imagen 50: Caudal máximo  $T_r=50$  años. Adaptado del Software Hec-Hms

En el siguiente hidrograma se muestra los caudales simulados para un periodo de retorno de 50 años, habiéndose obtenido un caudal máximo de  $Q_{\max T50} = 57 \text{ m}^3/\text{s}$ .

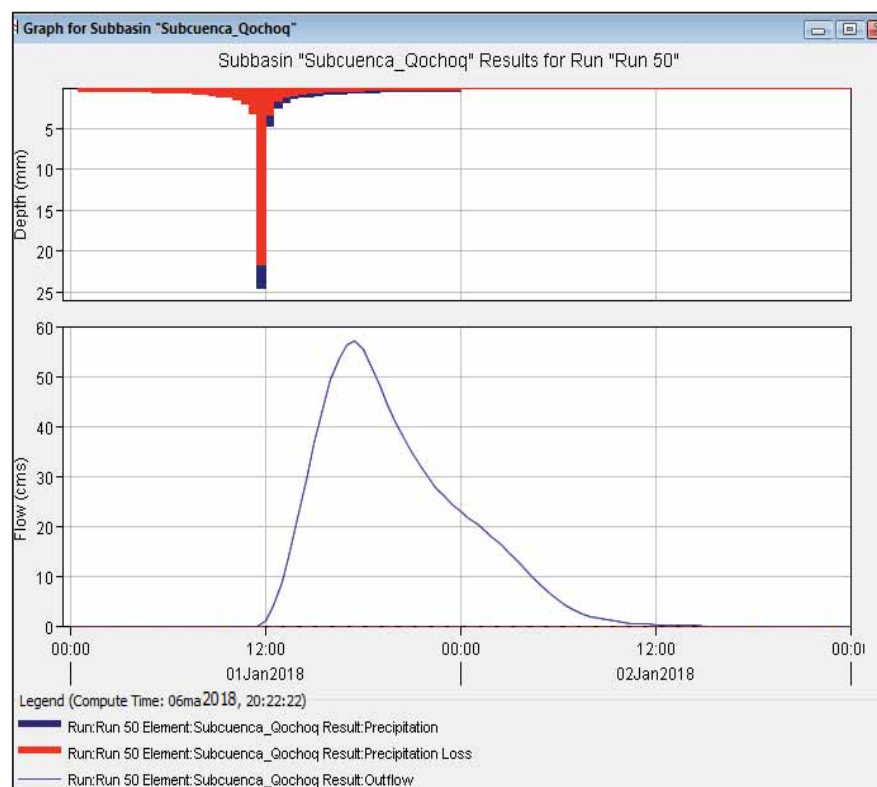


Imagen 51: Pérdidas Iniciales VS Caudal máximo para  $T = 50$  años. Adaptado del Software Hec-Hms

## CAUDAL PARA 100 AÑOS DE RETORNO

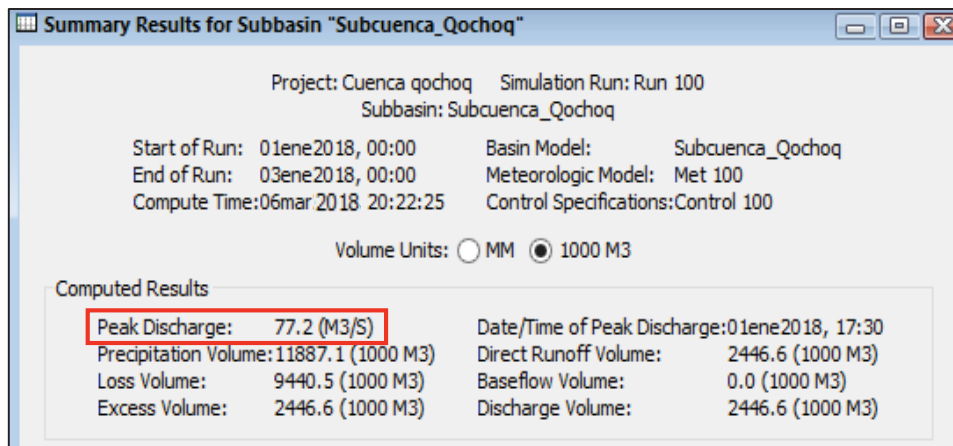


Imagen 52: Caudal máximo  $T_r=100$  años. Adaptado del Software Hec-Hms

En el siguiente hidrograma se muestra los caudales simulados para un periodo de retorno de 100 años, habiéndose obtenido un caudal máximo de  $Q_{\max T100} = 77,2 \text{ m}^3/\text{s}$ .

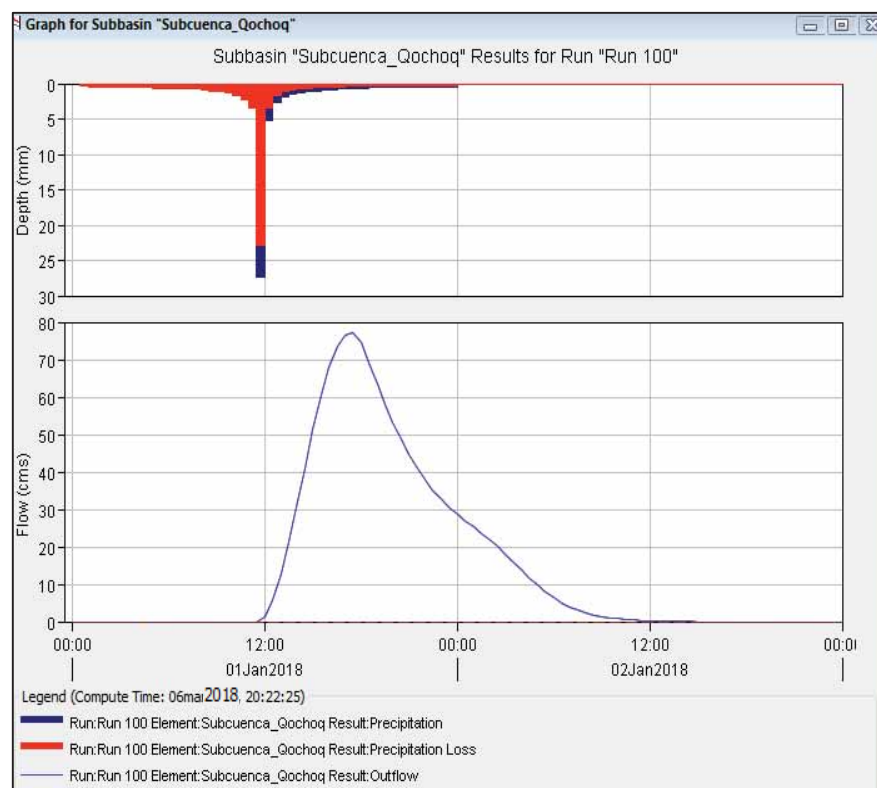


Imagen 53: Pérdidas Iniciales VS Caudal máximo para  $T = 100$  años. Adaptado del Software Hec-Hms

## CAUDAL PARA 500 AÑOS DE RETORNO

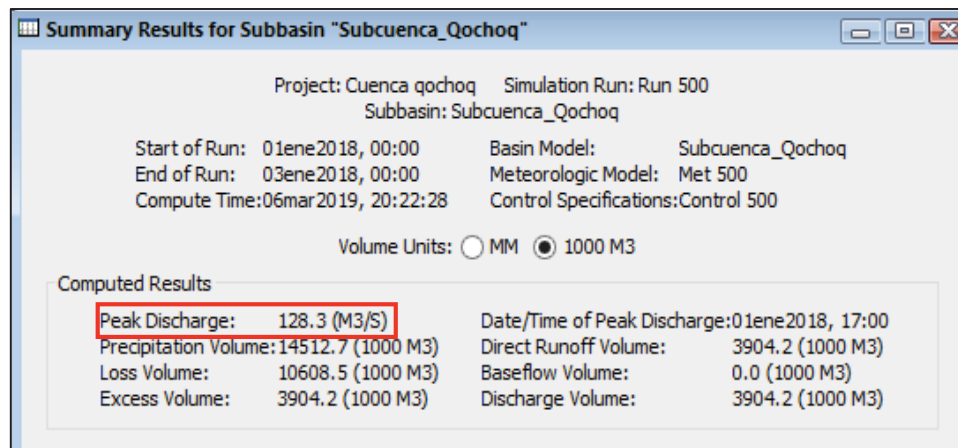


Imagen 54: Caudal máximo  $T_r=500$  años. Adaptado del Software Hec-Hms

En el siguiente hidrograma se muestra los caudales simulados para un periodo de retorno de 500 años, habiéndose obtenido un caudal máximo de  $Q_{\max T500} = 128,3 \text{ m}^3/\text{s}$ .

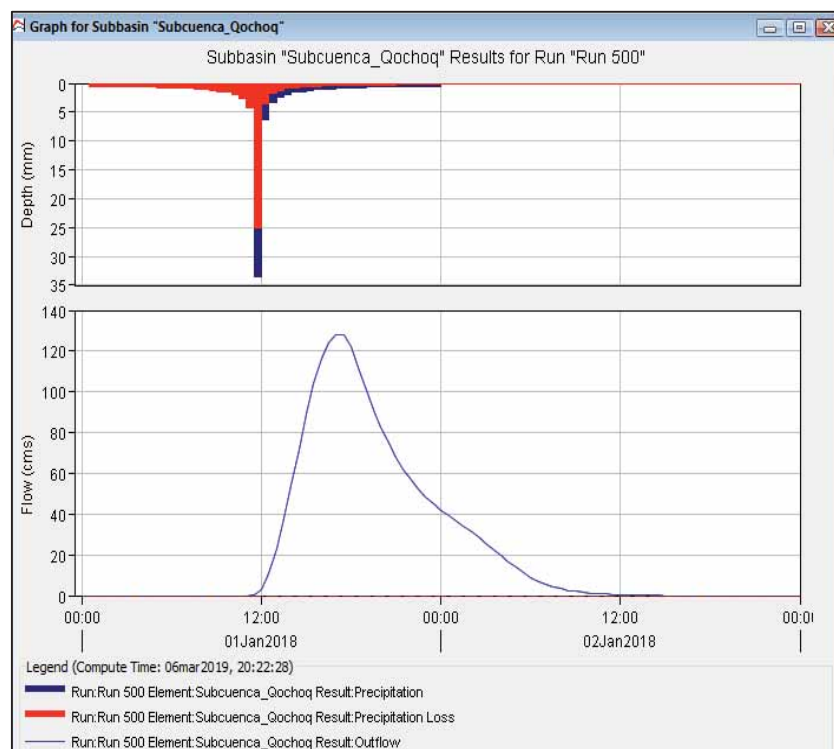


Imagen 55: Pérdidas Iniciales VS Caudal máximo para  $T = 500$  años. Adaptado del Software Hec-Hms



#### 4.6.4. RESUMEN DE GENERACIÓN DE CAUDALES

En la siguiente tabla, se muestra el resumen de caudales máximos para los periodos de retorno 50, 100 y 500 años, presenta caudales generados en el presente estudio

Tabla 54: Resumen de caudales máximos para diferentes periodos retornos y diferentes métodos

ESTUDIO	MÉTODO	CAUDALES MÁXIMOS PARA DIFERENTES PERIODOS DE RETORNO			UND
		50	100	500	
EVALUACIÓN HIDROLÓGICO E HIDRÁULICO APLICANDO EL MODELO IBER PARA DETERMINAR EL RIESGO POR INUNDACIÓN EN LA POBLACIÓN RIBEREÑA AL RIO QOCHOQ, PROVINCIA DE CALCA Y REGIÓN CUSCO-2017	<b>SCS Unit Hydrograph-Patrón de tormenta</b>	86.50	122.21	218.20	m <sup>3</sup> /s
	<b>SCS Unit Hydrograph- Curvas IDF</b>	109.00	151.70	261.40	
	<b>Snyder Unit Hydrograph- Patrón de tormenta</b>	57.00	77.20	128.30	
	<b>PROMEDIO</b>	<b>84.17</b>	<b>117.04</b>	<b>202.63</b>	

Fuente: Elaboración propia

Los resultados aplicados en la simulación hidrológica e hidráulica del Software IBER, se tomó el promedio de caudales de todos los métodos aplicados para diferentes periodos de retorno, es decir; para 50 años  $Q=84.17 \text{ m}^3/\text{s}$ , para 100 años  $Q=117.04 \text{ m}^3/\text{s}$  y para 500 años  $Q=202.63 \text{ m}^3/\text{s}$ .



## **CAPITULO V: MODELAMIENTO HIDROLÓGICO E HIDRÁULICO IBER**

El software IBER 2D es un modelo matemático bidimensional para la simulación del flujo y procesos de transporte de sólido en ríos y estuarios, es capaz de reproducir el flujo turbulento en lámina libre en régimen no permanente y aguas poco profundas. (Recuperado de <http://iberaula.es/>)

Consta de un módulo hidrodinámico que permite la simulación bidimensional de cauces (y en consecuencia posibilita la definición de zonas inundables o zonificación del dominio público hidráulico), un módulo de turbulencia y un módulo de transporte sólido por arrastre de fondo y en suspensión para la cuantificación de procesos de erosión y sedimentación. Para el caso concreto que ocupa este trabajo de investigación solo será utilizado el módulo **HIDRODINÁMICO**.

En el programa se distingue 3 procesos fundamentales a la hora de realizar la simulación:

- **PRE PROCESO:** En este módulo se definen principalmente la geometría y datos se necesitan a la hora de hacer los cálculos. Introducida la geometría, se incluirán datos de simulación y condiciones de contorno e iniciales. Además, se aplicará rugosidad y se procederá a mallar las superficies para que el programa de cálculo se encargue de resolver las ecuaciones en la malla.
- **PROCESO:** Cálculo de la simulación.
- **POST PROCESO:** En este módulo se obtendrán resultados de la simulación tales como mapa de calados (tirantes), velocidades, videos, entre otros.

En los siguientes subapartados se irán describiendo todos estos pasos con detalle.



## 5.1. PRE PROCESO

### 5.1.1. CREAR O IMPORTAR UNA GEOMETRÍA (TOPOGRAFÍA)

Partimos con la creación de modelo digital de terreno (MDT) que nos permitirá tener una representación matemática del relieve y/o valores de la altura, para ello se seguirán los siguientes pasos:

**Paso 1:** Se utilizará el ArcMap, el cual debe contener la topografía de la zona en estudio (Levantamiento topográfico en dron), seguidamente se utilizará la herramienta “crear TIN” que obtendremos como resultado la elevación, continuando lo convertimos en formato Raster y que será guardado en formato ASCII. Como resultado obtendremos el modelo digital de terreno (MDT), que se utilizó en el programa Iber.

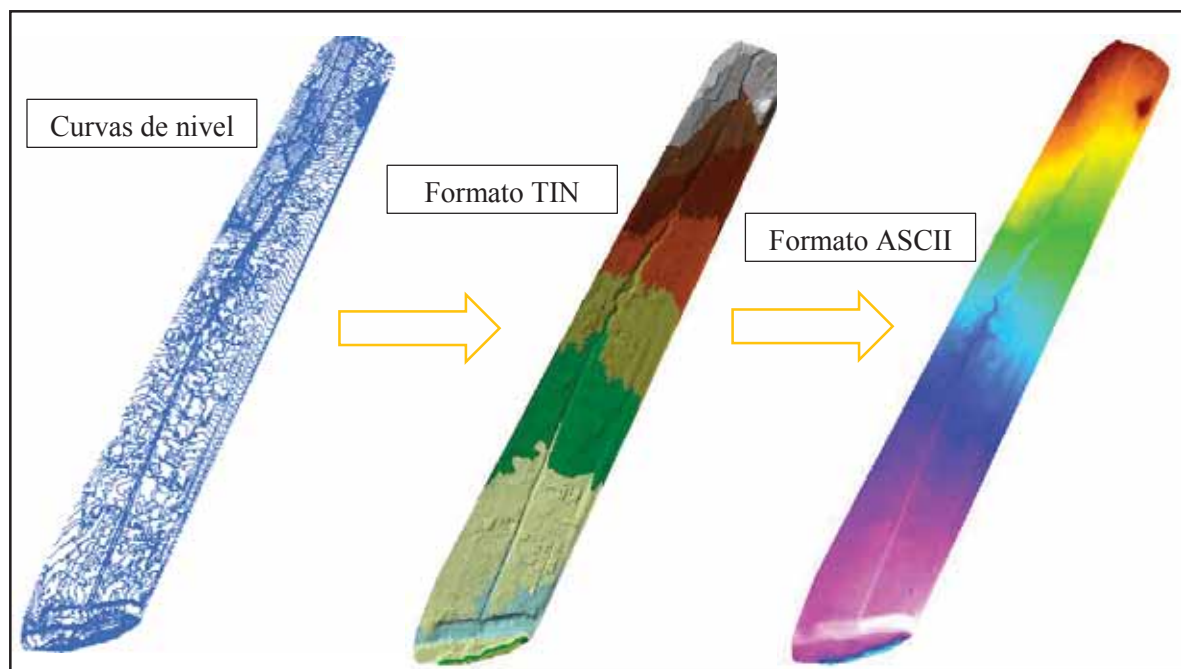


Imagen 56: Modelo digital del terreno (MDT). Adaptado del Software ArcGis 10.

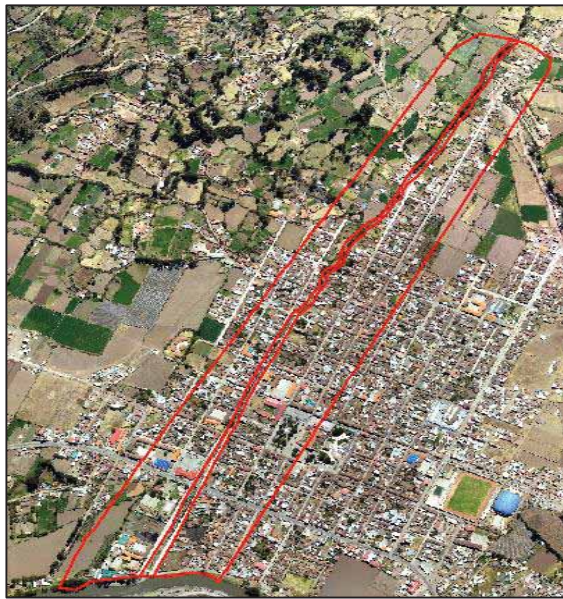


Imagen 57: Polígono de la zona de estudio de la ciudad Calca. Adaptado del Software ArcGis 10.4

**Paso 2:** Crear polígonos utilizados como el modelo geométrico en Iber para darle valores de Manning, delimitando el río y la zona urbana en ArcMap o CAD (en formato shapefile o dxf respectivamente)

**Paso 3:** Abrimos el Programa Iber y lo guardamos en una carpeta.

Nos dirigimos a la pestaña “**Vista**” e insertamos nuestra Ortofoto de la zona de estudio.

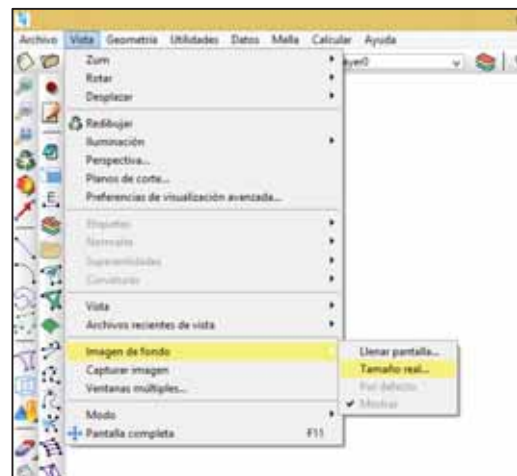


Imagen 58: Iber-Vista (insertar ortofoto). Adaptado del Software Iber 2.4

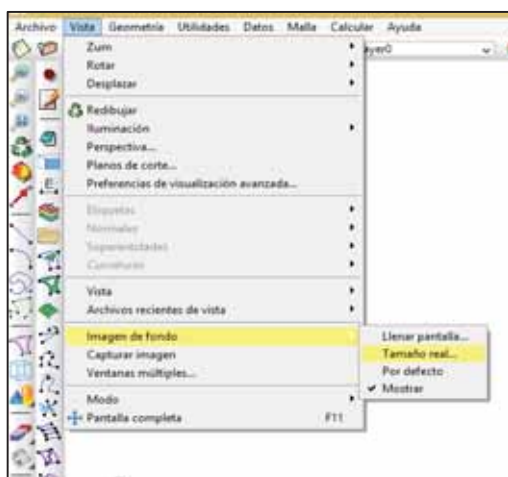


Imagen 59: Iber-Vista (mostrar ortofoto). Adaptado del Software Iber 2.4

Una vez insertado la Ortofoto, nuevamente nos dirigimos a la pestaña “**Vista**” para ver en pantalla completa.

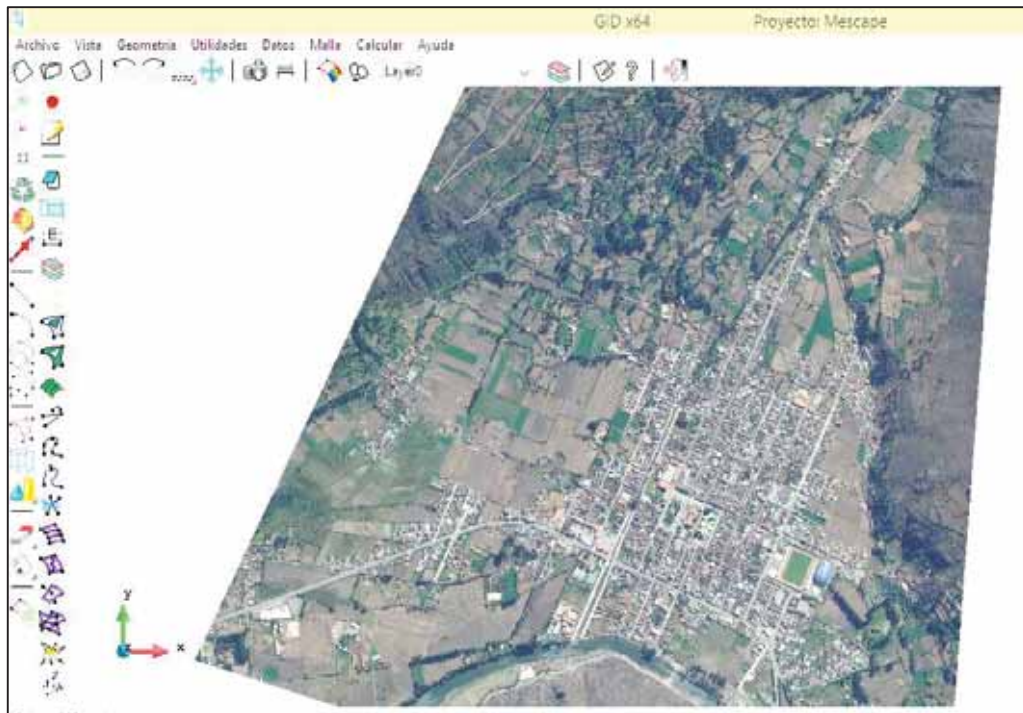


Imagen 60: Se muestra la ortofoto de la zona de estudio. Adaptado del Software Iber 2.4

**Paso 4:** “Importamos” el modelo geométrico ya creado anteriormente en formato shapefile o dxf (AutoCAD).

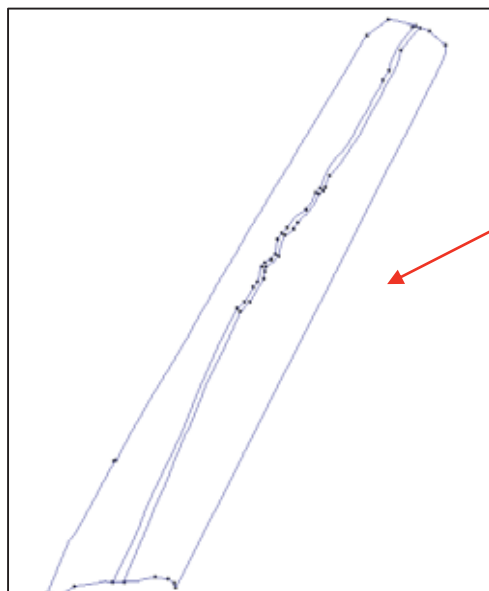


Imagen 62: Iber-Importar (importamos en formato shapefile). Adaptado del Software Iber 2.4

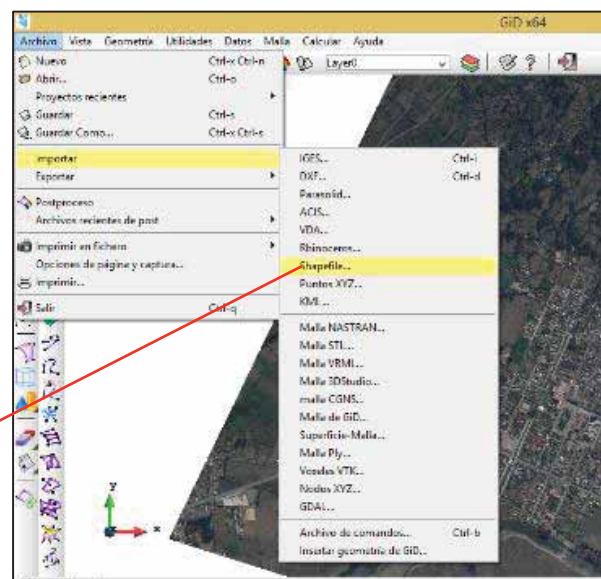


Imagen 61: Iber-Importar (Importamos el modelo geométrico). Adaptado del Software Iber 2.4

**Paso 5:** Una vez importado el modelo geométrico, se hará una corrección automática de líneas y puntos para que no exista una superposición de líneas o puntos, se aplicara la herramienta “colapsar”

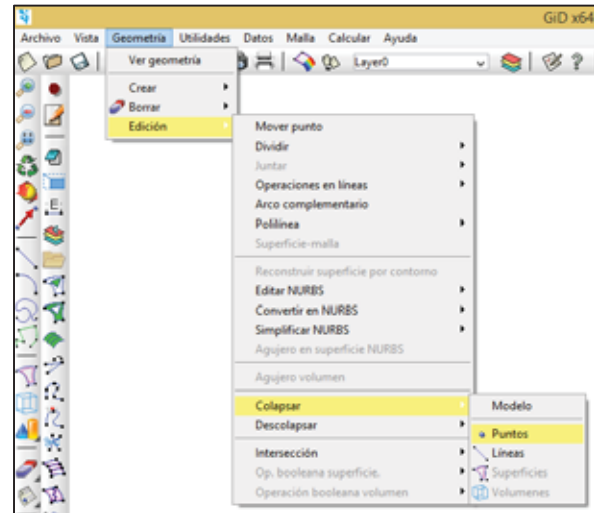


Imagen 63: Iber-Geometría (colapsar el modelo geométrico). Adaptado del Software Iber 2.4

**Paso 6:** Creamos “Superficie NURBS”, una superficie para darle valores de uso de suelo (valores de Manning) y generar las mallas.

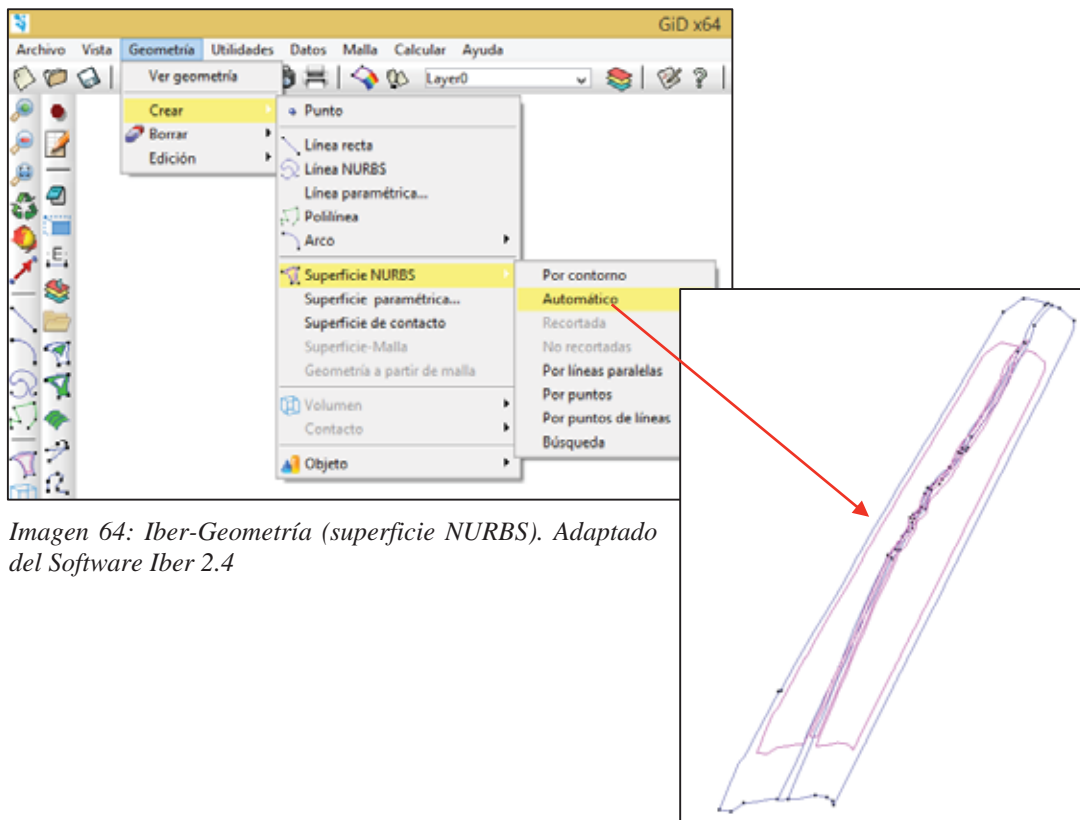


Imagen 64: Iber-Geometría (superficie NURBS). Adaptado del Software Iber 2.4

Imagen 65: Se creo la superficie. Adaptado del Software Iber 2.4

### 5.1.2. ASIGNACIÓN DE LA RUGOSIDAD DEL TERRENO (N-MANNING)

En Iber, el parámetro rugosidad se asigna mediante el coeficiente de Manning. Existen unos valores de N-Manning predeterminados para cada uso del suelo, sin embargo, no se utilizará debido a que emplearemos los valores basados en la tabla de United States Geological Survey (USGS).

Con el menú “**rugosidad**” se asignará un valor a cada superficie según el uso de suelos de Manning

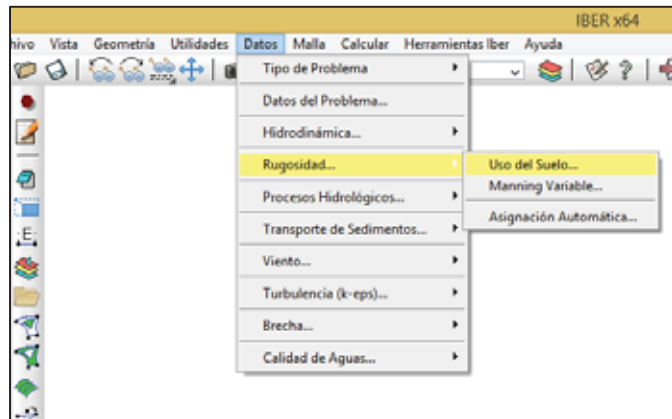


Imagen 66: Iber-Rugosidad (se insertará valores de Manning). Adaptado del Software Iber 2.4

Para cada uso de suelo se le asignará un valor Manning”.

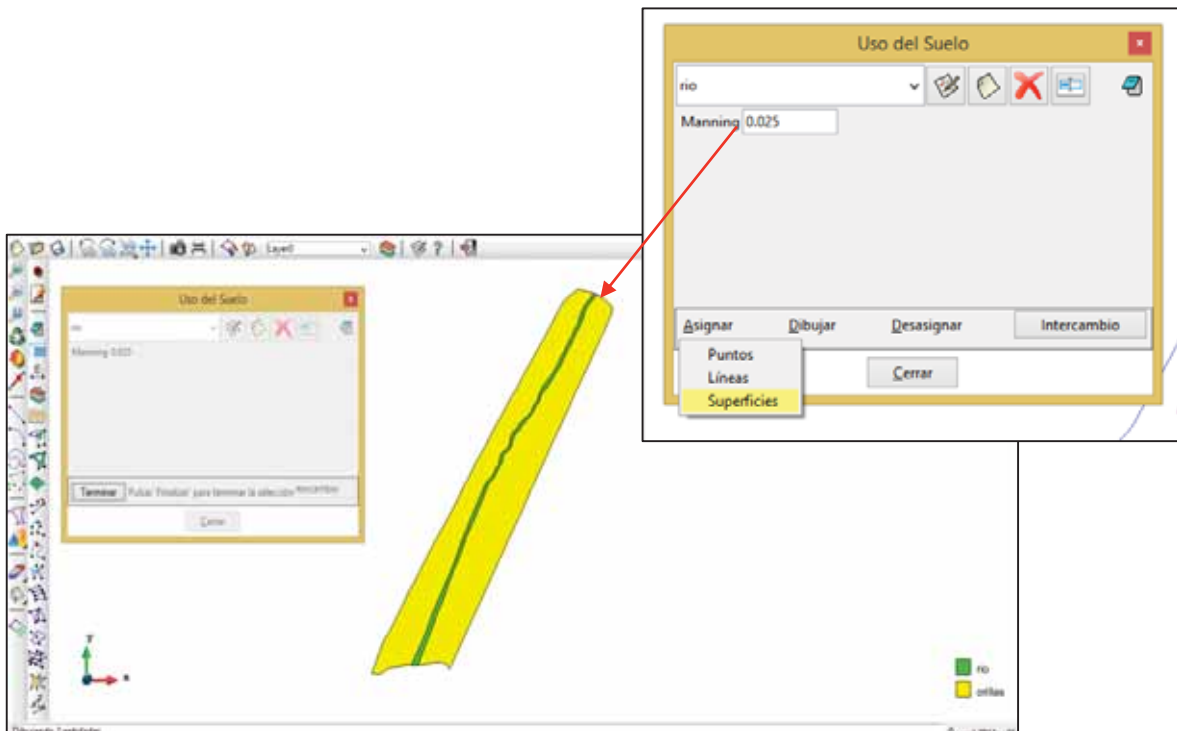


Imagen 67: Se muestra en el modelo geométrico los valores que se colocó según Manning. Adaptado del Software Iber 2.4

### 5.1.3. ASIGNACIÓN DE CONDICIONES DE CONTORNO Y CAUDALES

Iber diferencia entre dos tipos de condiciones de contorno, las de entrada y las de salida, es decir, la entrada corresponde al inicio del canal (aguas arriba) y la salida corresponde a la desembocadura del canal (aguas abajo). También debemos introducir los datos de caudal que disponemos, caudales resultantes del promedio de los diferentes métodos (ver Tabla 51), además señalar el tipo de régimen en el que estamos (subcrítico, crítico o supercrítico).

**Paso 1:** Para las condiciones de contorno de entrada, se introducirá el valor del caudal de **84,17 m<sup>3</sup>/s** de un  $T_r = 50$  años, y se asignará el contorno de entrada

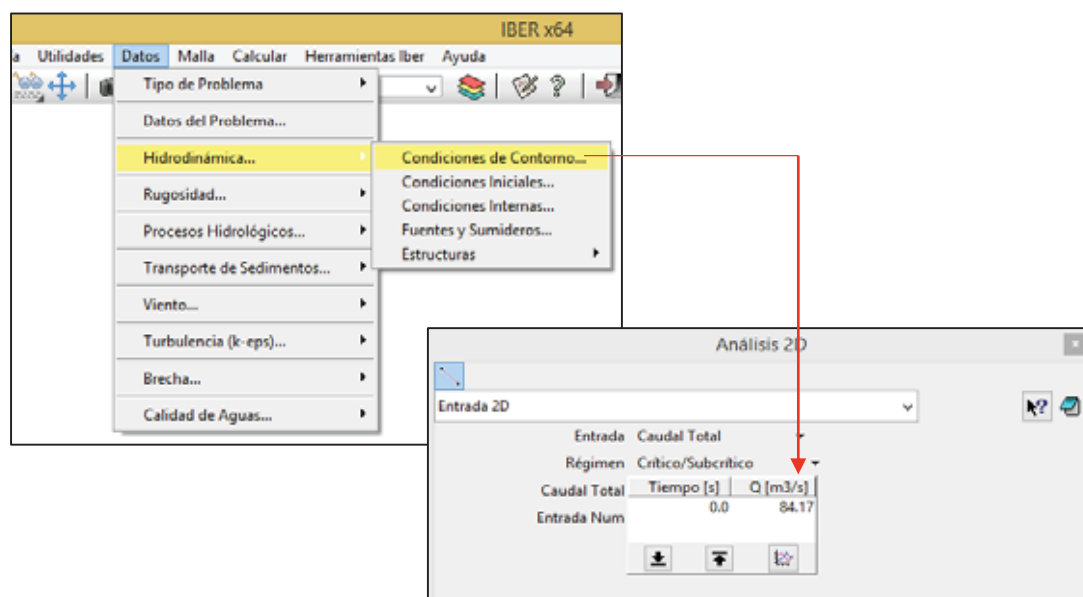


Imagen 68: Se coloca el valor del caudal máximo para un periodo de retorno de 50 años. Adaptado del Software Iber 2.4

**Paso 2:** Para las condiciones de contorno de salidas, se asignará el contorno de salida.

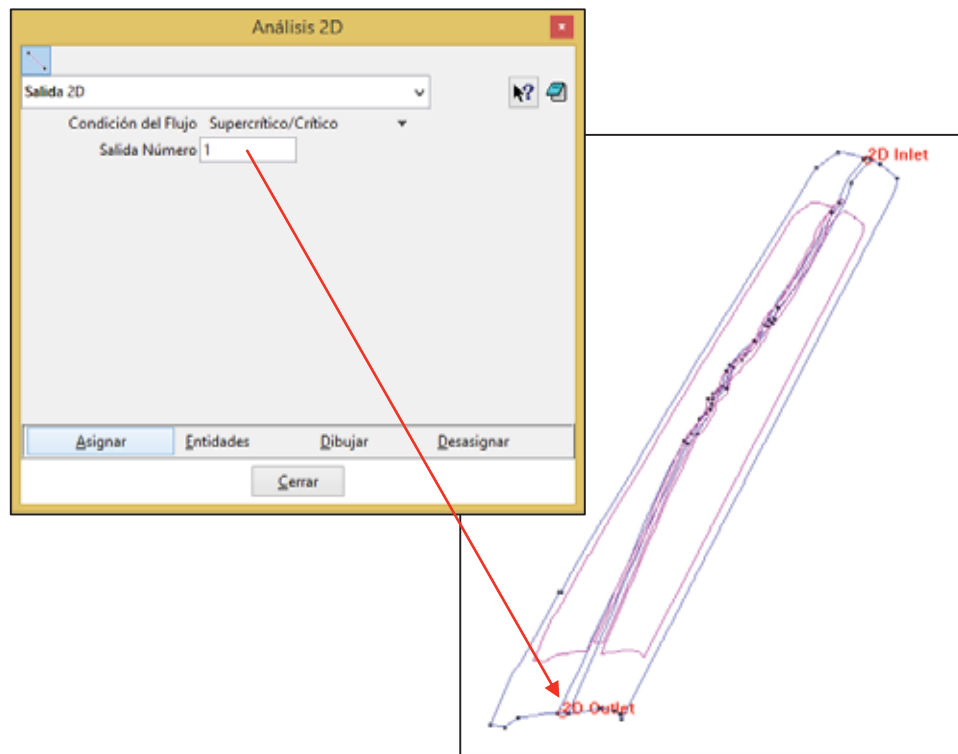


Imagen 69: Se le asigna la entrada y salida para la condición de flujo. Adaptado del Software Iber 2.4

#### 5.1.4. GENERAR MALLAS

Creamos la malla que representará el relieve de la zona (vista en 3D) y a su vez almacena todos los datos relativos a las condiciones de contorno y caudales asignadas hasta ahora.

**Paso 1:** Creamos la malla, se asignará un tamaño para cada uso de suelo con la herramienta “Asignar tamaño a superficie” Los valores asignados para el río= 10 y para la zona urbana (orillas)=15.

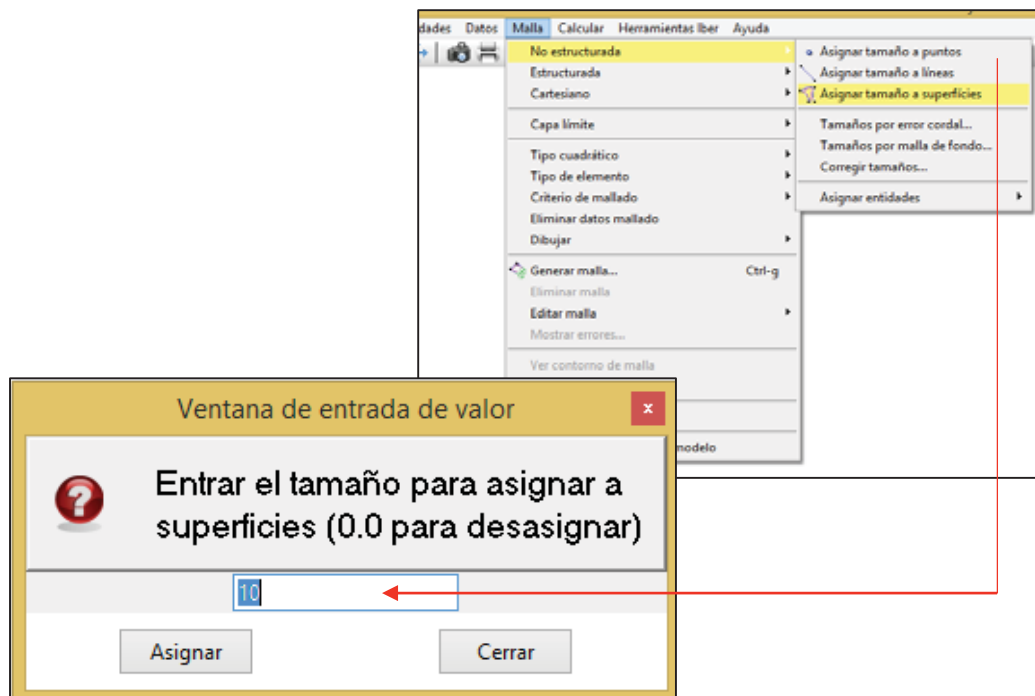


Imagen 70: Se le asigna el valor de mallado. Adaptado del Software Iber 2.4

## Paso 2: Generamos la malla

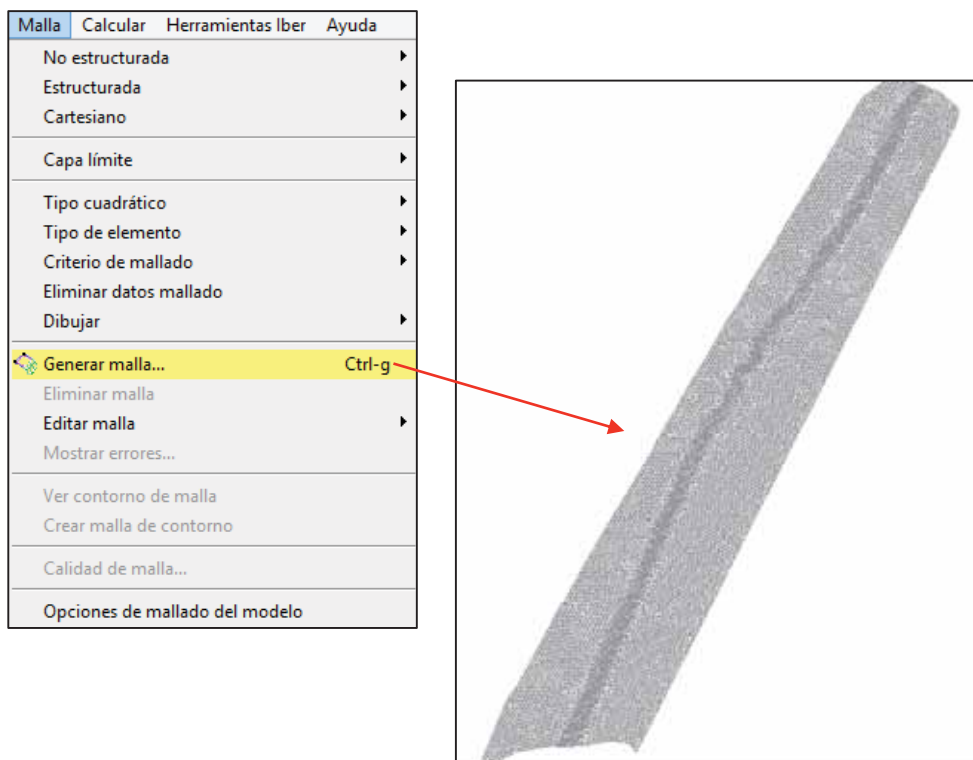


Imagen 71: Se genera la malla. Adaptado del Software Iber 2.4



**Paso 3:** Se insertará el MDT generado anteriormente en el formato ASCII de acuerdo con la elevación, una vez insertado el MDT automáticamente los valores estarán sincronizados.

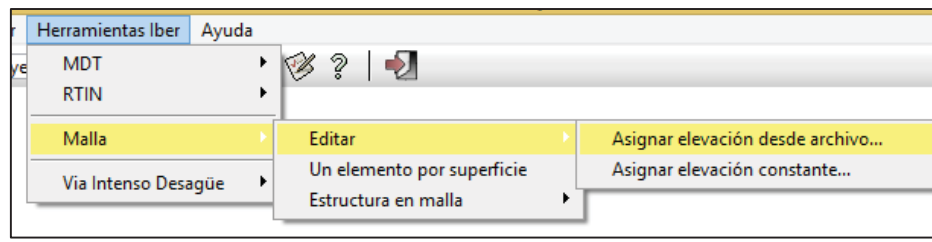


Imagen 72: Se le asigna la elevación con MDT. Adaptado del Software Iber 2.4

## 5.2. PROCESO

### ASIGNACIÓN DE LAS OPCIONES DEL CALCULO (TIEMPO DE CALCULO)

Antes de lanzar un cálculo, en primer lugar, se deben fijar los parámetros de cálculo o datos del problema, que básicamente es indicar al programa cuanto tiempo debe durar la simulación del proceso.

**Paso 1:** Mediante el menú “Datos”, datos del problema definimos que la simulación tenga un día de duración (3600 segundos) y con intervalos de tiempo de 30 segundos.

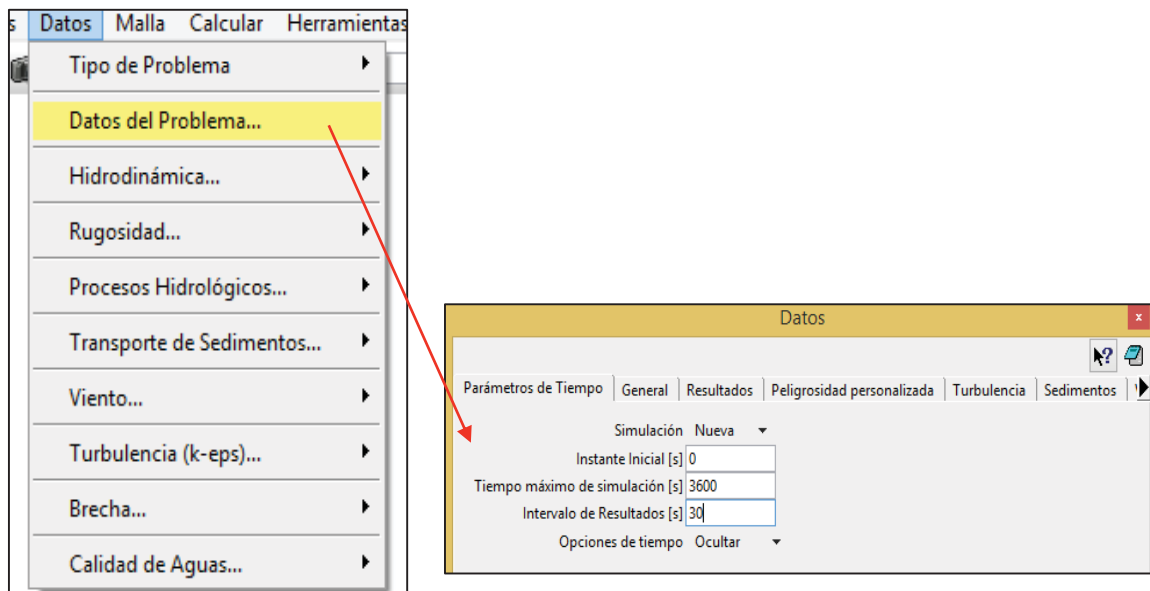


Imagen 73: Se inserta los datos de simulación. Adaptado del Software Iber 2.4

### 5.3. POST PROCESO

Una vez finalizado el cálculo se puede acceder al postproceso para visualizar y analizar los resultados. El cambio entre las interfaces de pre-proceso y postproceso se mostrará en la siguiente imagen:

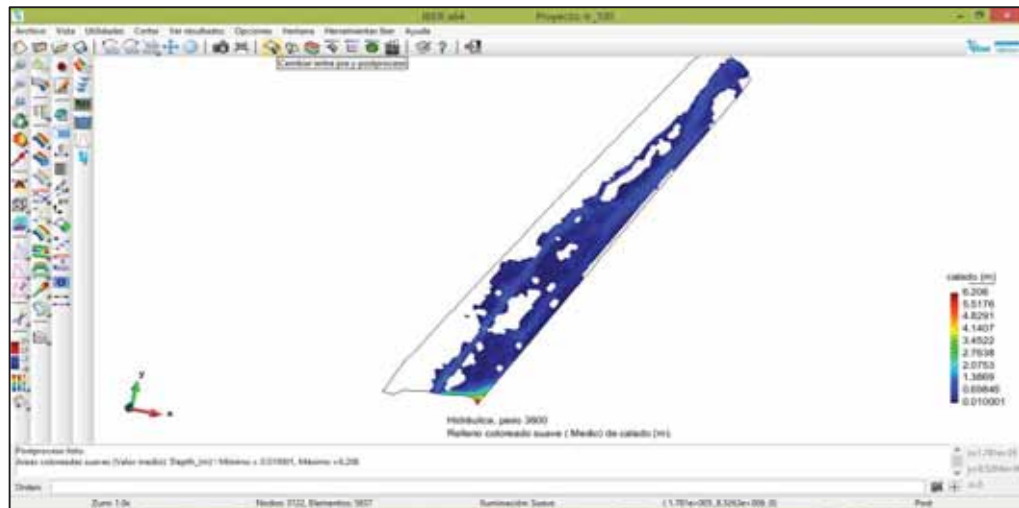


Imagen 74: Interface de pre-proceso a postproceso del modelamiento. Adaptado del software IBER

Iber dispone de multitud de opciones para visualizar y analizar los resultados como los tirantes y velocidades que se pueden visualizar en cada instante de tiempo, como áreas coloreadas o áreas coloreadas suavizadas para diferentes periodos de retorno. (Ver anexo I- Mapa N°10 al 15)

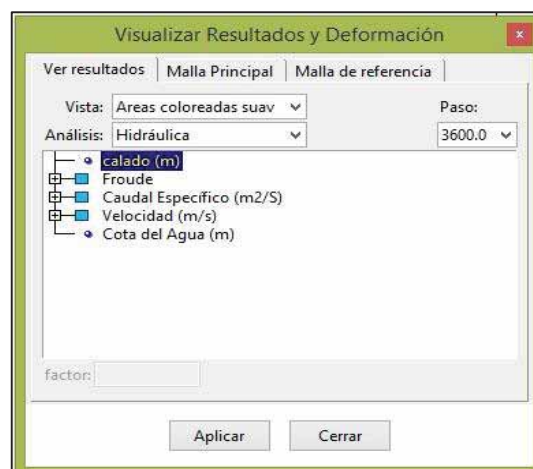


Imagen 75: Visualización de resultados según su tirante y velocidad. Adaptado del software IBER



## **CAPITULO VI: NIVEL DE PELIGRO**

En este capítulo analizaremos el nivel de peligrosidad, en efecto según el Manual de CENEPRED (2015) conceptualiza que “El peligro, es la probabilidad de que un fenómeno, potencialmente dañino, de origen natural, se presente en un lugar específico, con una cierta intensidad y en un período de tiempo y frecuencia definidos” (pg. 20). Además, según INDECI (2006) define al peligro “como un fenómeno de origen natural o antrópico potencialmente perjudicial, que pueda causar la pérdida de vidas, daños materiales, interrupción de la actividad socioeconómica o degradación del medio ambiente” (pg. 13).

### **5.4. DEFINICIÓN DE INUNDACIÓN**

Las inundaciones se producen cuando las lluvias intensas o continuas sobrepasan el campo del suelo, el volumen máximo de transporte del río es superado y el cauce principal se desborda e inunda los terrenos circundantes. (CENEPRED, 2015, pg. 74)

Según CENEPRED el río Qochoq presenta un tipo de inundación pluvial y fluvial según su origen, ya que se produce por la acumulación de lluvia en un intervalo de tiempo consecuentemente el desbordamiento. Y de acuerdo con su duración es de tipo estático debido a la baja pendiente y al aumento paulatino del caudal hasta superar su capacidad máxima de transporte.

## 5.5. PARÁMETROS DE EVALUACIÓN

Se utiliza los siguientes parámetros para nuestro estudio:

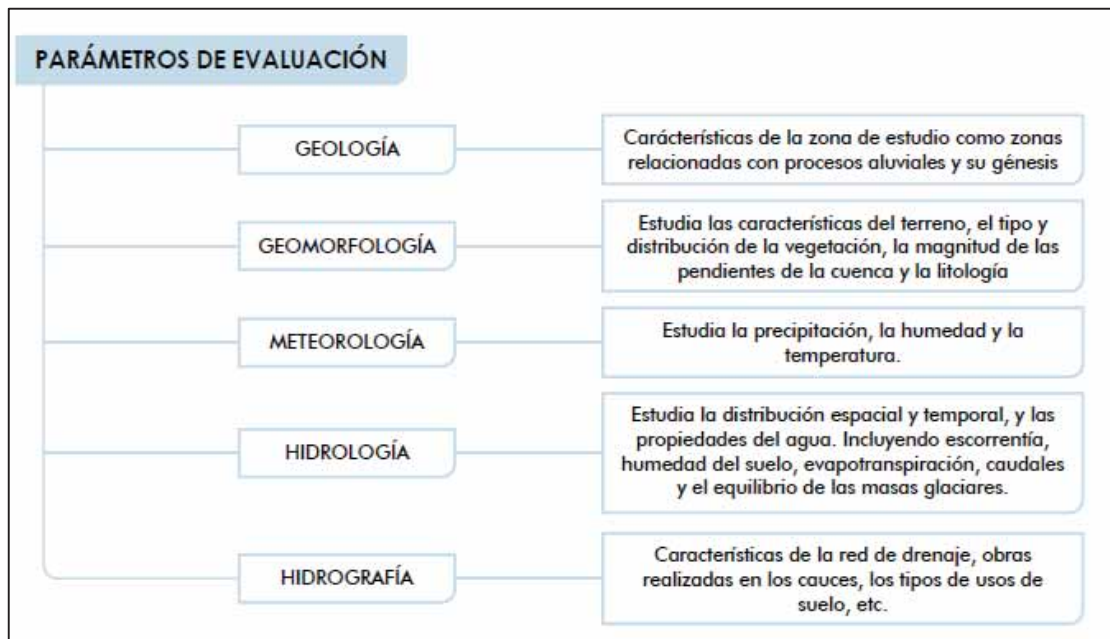


Imagen 76: Parámetros de evaluación para inundación. Adaptado de CENEPRED (2011)

Las condiciones de peligrosidad en la ciudad de Calca se basan en la dinámica de eventos hidrometeorológicos, así como elementos geológicos y geodinámicos es en ese sentido que se identificaron aspectos basados en estas dinámicas que permitan explicar el comportamiento actual del peligro en la cuenca del río Qochoq y su influencia en la ciudad de Calca.

De igual forma la disposición de los sedimentos de origen fluvial y aluvial, en el cono deyectivo, hacen que la ciudad de Calca sea una zona plana e inundable. Si a estas condiciones se le suma la topografía, geomorfología y la ocurrencia de eventos climáticos extremos se generan caudales máximos como los ocurridos en el año 2010.



## 5.6. ANÁLISIS DEL NIVEL DE PELIGRO

### 5.6.1. FACTORES CONDICIONANTES Y DESENCADENANTES

#### A. FACTORES CONDICIONANTES

Para el análisis de condiciones de peligro se desarrollaron parámetros en función del análisis establecido a una escala de detalle y de la disponibilidad de la información en lo que se considera los siguientes parámetros físicos:

- Cobertura vegetal
- Cercanía del cauce
- Intensidad de lluvia en una hora
- Pendiente del terreno

#### B. FACTORES DESENCADENANTES

El parámetro desencadenante son los TIRANTES para diferentes periodos de retorno correspondientes a 50, 100 y 500 años. Para ello es necesario determinar los respectivos tirantes hidráulicos.

### 5.6.2. PONDERACIÓN DE PARÁMETROS

Los valores numéricos se obtendrán mediante el proceso de análisis jerárquico que se explica a continuación:

**Paso 1:** En la matriz de comparación de pares se evaluó la intensidad de preferencia de un parámetro frente a otro. Para la selección de los valores se utilizó la escala desarrollada por Saaty.

Tabla 55: Tabla de Escala de Saaty.

ESCALA NUMERICA	ESCALA VERBAL	EXPLICACIÓN
9	Absolutamente o muchísimo mas importante que ...	Al comparar un elemento con otro el primero se considera absolutamente o muchísimo más importante que el segundo.
7	Mucho más importante o preferido que ...	Al comparar un elemento con otro el primero se considera absolutamente o muchísimo más importante o preferido que el segundo.
5	Mas importante o preferido que...	Al comparar un elemento con otro el primero se considera más importante o preferido que el segundo.
3	Ligeramente más importante o preferido que ...	Al comparar un elemento con otro, el primero es ligeramente más importante o preferido que el segundo.
1	Igual o diferente a ...	Al comparar un elemento con otro, hay indiferencia entre ellos.
1/3	Ligeramente menos importante o preferido que ...	Al comparar un elemento con otro, el primero se considera ligeramente menos importante o preferido que el segundo.
1/5	Menos importante o preferido que ...	Al comparar un elemento con otro, el primero se considera menos importante o preferido que el segundo.
1/7	Mucho menos importante o preferido que ...	Al comparar un elemento con otro, el primero se considera mucho menos importante o preferido que el segundo.
1/9	Absolutamente o muchísimo	Al comparar un elemento con otro el primero se considera absolutamente o muchísimo más importante que el segundo.
2, 4, 6, 8	Valores intermedios entre dos juicios adyacentes, que se emplean cuando es necesario un término medio entre dos de las intensidades anteriores.	

Fuente: CENEPRED (2011)

Se debe procesar la matriz de comparación por pares de criterio lo cual permite analizar el grado de importancia de cada subcriterio con respecto a los demás.

**Paso 2:** El análisis se inició comparando la fila con respecto a la columna (fila/columna).

Se introdujeron los valores en las celdas de color naranja y automáticamente se muestran los valores inversos de las celdas celeste.

Tabla 56: Matriz de comparación de pares Factores condicionantes

<b>FACTORES CONDICIONANTES</b>	<b>COBERTURA VEGETAL</b>	<b>CERCANÍA DEL CAUCE</b>	<b>INTENSIDAD DE LA LLUVIA EN HORAS</b>	<b>PENDIENTE DE LA SUPERFICIE DEL TERRENO</b>
<b>COBERTURA VEGETAL</b>	1	0.33	3	0.33
<b>CERCANÍA DEL CAUCE</b>	3	1	3	0.33
<b>INTENSIDAD DE LA LLUVIA EN HORAS</b>	0.33	0.33	1	0.2
<b>PENDIENTE DE LA SUPERFICIE DEL TERRENO</b>	3	3	3	1
<b>SUMA</b>	<b>7.33</b>	<b>4.67</b>	<b>10</b>	<b>1.87</b>

Fuente: Elaboración propia

**Paso 3:** La matriz de normalización nos muestra el vector de priorización (peso ponderado). Indica la importancia de cada parámetro en el análisis del fenómeno.

Tabla 57: Matriz de Normalización Factores condicionantes

<b>FACTORES CONDICIONANTES</b>	<b>COBERTURA VEGETAL</b>	<b>CERCANÍA DEL CAUCE</b>	<b>INTENSIDAD DE LA LLUVIA EN HORAS</b>	<b>PENDIENTE DE LA SUPERFICIE DEL TERRENO</b>	<b>VECTOR PRIORIZACIÓN (PONDERACIÓN)</b>	<b>%</b>
COBERTURA VEGETAL	0.14	0.07	0.30	0.18	<b>0.17</b>	17.16
CERCANÍA DEL CAUCE	0.41	0.21	0.30	0.18	<b>0.28</b>	27.55
INTENSIDAD DE LA LLUVIA EN HORAS	0.05	0.07	0.10	0.11	<b>0.08</b>	8.10
PENDIENTE DE LA SUPERFICIE DEL TERRENO	0.41	0.64	0.30	0.54	<b>0.47</b>	47.19
<b>SUMA</b>	<b>1.00</b>	<b>1.00</b>	<b>1.00</b>	<b>1.00</b>	<b>1.00</b>	<b>100.00</b>

Fuente: Elaboración propia

**Paso 4:** Se calculó la Relación de Consistencia, el cual debe ser menor al 10% ( $RC < 0.1$ ), lo que nos indicara que los criterios utilizados para la comparación de pares son los más adecuados.

Tabla 58: Relación de Consistencia Factores condicionantes

<b>FACTORES CONDICIONANTES</b>	<b>COBERTURA VEGETAL</b>	<b>CERCANÍA DEL CAUCE</b>	<b>INTENSIDAD DE LA LLUVIA EN HORAS</b>	<b>PENDIENTE DE LA SUPERFICIE DEL TERRENO</b>	<b>VECTOR DE SUMA PONDERADO</b>
COBERTURA VEGETAL	0.17	0.09	0.24	0.16	0.66
CERCANÍA DEL CAUCE	0.51	0.28	0.24	0.16	1.19
INTENSIDAD DE LA LLUVIA EN HORAS	0.06	0.09	0.08	0.09	0.32
PENDIENTE DE LA SUPERFICIE DEL TERRENO	0.51	0.83	0.24	0.47	2.06

Fuente: Elaboración propia

Esto nos permite hallar el índice de consistencia y la relación de consistencia de la matriz para verificar si las decisiones fueron adecuadas.

$$RC = \frac{IC}{IA}$$

Donde IA es el Índice Aleatorio de una Matriz de Comparaciones Pareadas, generada, como su nombre sugiere, de forma aleatoria.

Los valores del Índice Aleatorio para los diferentes “n”, obtenidos mediante la simulación de 100,000 matrices (Aguarón y Moreno-Jiménez, 2001), son:

n	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
IA	0.525	0.682	1.115	1.252	1.341	1.404	1.452	1.484	1.513	1.535	1.555	1.570	1.583	1.595

IC	0.05
RC	0.05

#### 5.6.2.1. MATRIZ DE PONDERACIÓN: FACTORES CONDICIONANTES

##### A) COBERTURA VEGETAL

Tabla 59: Matriz de comparación de pares-Cobertura vegetal.

MATRIZ DE COMPARACIÓN DE PARES					
COBERTURA VEGETAL	Población	Tierras de cultivo	tierras sin uso	Afloramiento rocoso	Lagunas
Población	<b>1.00</b>	3.00	5.00	7.00	9.00
Tierras de cultivo	0.33	<b>1.00</b>	3.00	5.00	7.00
tierras sin uso	0.20	0.33	<b>1.00</b>	3.00	5.00
Afloramiento rocoso	0.13	0.17	0.33	<b>1.00</b>	3.00
Lagunas	0.11	0.14	0.20	0.33	<b>1.00</b>
SUMA	<b>1.77</b>	<b>4.64</b>	<b>9.53</b>	<b>18.33</b>	<b>25.00</b>
1/SUMA	0.57	0.22	0.10	0.05	0.04

Fuente: Elaboración propia



Tabla 60: Matriz de normalizacion-Cobertura vegetal.

MATRIZ DE NORMALIZACIÓN						
COBERTURA VEGETAL	Población	Tierras de cultivo	tierras sin uso	Afloramiento rocoso	Lagunas	VECTOR DE PRIORIZACIÓN PONDERADA
<b>Población</b>	0.57	0.65	0.52	0.44	0.36	<b>0.51</b>
<b>Tierras de cultivo</b>	0.19	0.22	0.31	0.33	0.28	<b>0.27</b>
<b>tierras sin uso</b>	0.11	0.07	0.10	0.16	0.20	<b>0.13</b>
<b>Afloramiento rocoso</b>	0.07	0.04	0.03	0.05	0.12	<b>0.06</b>
<b>Lagunas</b>	0.06	0.03	0.02	0.02	0.04	<b>0.03</b>
<b>SUMA</b>	<b>1.00</b>	<b>1.00</b>	<b>1.00</b>	<b>1.00</b>	<b>1.00</b>	<b>1.00</b>

Fuente: Elaboración propia

Tabla 61: Vector de suma ponderada-Cobertura vegetal

VECTOR DE SUMA PONDERADA							
COBERTURA VEGETAL	Población	Tierras de cultivo	tierras sin uso	Afloramiento rocoso	Lagunas	VECTOR DE SUMA (PONDERACIÓN)	$\lambda$
<b>Población</b>	0.51	0.80	0.65	0.51	0.31	2.77	5.47
<b>Tierras de cultivo</b>	0.17	0.27	0.39	0.38	0.24	1.45	5.46
<b>tierras sin uso</b>	0.10	0.09	0.13	0.19	0.17	0.68	5.22
<b>Afloramiento rocoso</b>	0.06	0.04	0.04	0.06	0.10	0.32	5.03
<b>Lagunas</b>	0.06	0.04	0.03	0.02	0.03	0.18	5.09
						<b>Yprom</b>	<b>5.26</b>

Fuente: Elaboración propia

<b>IA</b>	0.06
<b>RC</b>	0.05

Tabla 62: Peso ponderado-Cobertura vegetal

FACTOR CONDICIONANTE	COBERTURA VEGETAL	PESO PONDERADO	<b>0.17</b>
DESCRPTORES	CV1	Población	PCV1
	CV2	Tierras de cultivo	PCV2
	CV3	tierras sin uso	PCV3
	CV4	Afloramiento rocoso	PCV4
	CV5	Lagunas	PCV5
			0.51
			0.27
			0.13
			0.06
			0.03

Fuente: Elaboración propia

## B) CERCANÍA DEL CAUCE

Tabla 63: Matriz de comparación de pares-Cercanía del cauce

MATRIZ DE COMPARACIÓN DE PARES					
CERCANÍA AL CAUCE	D<30m	30m<=D<80m	80m<=D<300m	150m<=D<300m	D>300m
D<30m	<b>1.00</b>	2.00	4.00	6.00	7.00
30m<=D<80m	0.50	<b>1.00</b>	3.00	5.00	5.00
80m<=D<300m	0.25	0.33	<b>1.00</b>	3.00	3.00
150m<=D<300m	0.17	0.20	0.33	<b>1.00</b>	2.00
D>300m	0.14	0.20	0.33	0.50	<b>1.00</b>
<b>SUMA</b>	<b>2.06</b>	<b>3.73</b>	<b>8.67</b>	<b>15.50</b>	<b>18.00</b>
1/SUMA	0.49	0.27	0.12	0.06	0.06

Fuente: Elaboración propia

Tabla 64: Matriz de normalización - Cercanía del cauce

MATRIZ DE NORMALIZACIÓN						
CERCANÍA AL CAUCE	D<30m	30m<=D<80m	80m<=D<300m	150m<=D<300m	D>300m	VECTOR DE PRIORIZACIÓN PONDERADA
D<30m	0.49	0.54	0.46	0.39	0.39	<b>0.45</b>
30m<=D<80m	0.24	0.27	0.35	0.32	0.28	<b>0.29</b>
80m<=D<300m	0.12	0.09	0.12	0.19	0.17	<b>0.14</b>
150m<=D<300m	0.08	0.05	0.04	0.06	0.11	<b>0.07</b>
D>300m	0.07	0.05	0.04	0.03	0.06	<b>0.05</b>
<b>SUMA</b>	<b>1.00</b>	<b>1.00</b>	<b>1.00</b>	<b>1.00</b>	<b>1.00</b>	<b>1.00</b>

Fuente: Elaboración propia

Tabla 65 : Vector de suma ponderada-Cercanía de cauce

VECTOR DE SUMA PONDERADA							
CERCANÍA AL CAUCE	D<30 m	30m<=D<80 m	80m<=D<300 m	150m<=D<300m	D>300m	VECTOR DE SUMA (PONDERACIÓN)	$\lambda$
D<30m	0.45	0.58	0.55	0.42	0.35	2.35	5.20
30m<=D<80m	0.23	0.29	0.41	0.35	0.25	1.53	5.24
80m<=D<300m	0.11	0.10	0.14	0.21	0.15	0.71	5.14
150m<=D<300 m	0.08	0.06	0.05	0.07	0.10	0.35	5.00
D>300m	0.06	0.06	0.05	0.03	0.05	0.25	5.08
						<b>Yprom</b>	<b>5.13</b>

Fuente: Elaboración propia



IA	0.03
RC	0.03

Tabla 66: Peso ponderado-Cercanía del cauce

FACTOR CONDICIONANTE	CERCANÍA DEL CAUCE			0.28
DESCRITORES	CC1	D<30m	PCER1	0.45
	CC2	30m<=D<80m	PCER2	0.29
	CC3	80m<=D<300m	PCER3	0.14
	CC4	150m<=D<300m	PCER4	0.07
	CC5	D>300m	PCER5	0.05

Fuente: Elaboración propia

### C) INTENSIDAD DE LLUVIAS EN UNA HORA

Tabla 67: Matriz de comparación de pares-Intensidad de lluvia

MATRIZ DE COMPARACIÓN DE PARES					
INTENSIDAD DE LLUVIA	DÉBIL I<2mm/hr	MODERADA 2.1mm/hr<=I<15mm/hr	FUERTE 15mm/hr<=I<60mm/hr	MUY FUERTE 30mm/hr<=I<60mm/hr	TORRENCIALES S >60
DÉBIL I<2mm/hr	1.00	3.00	5.00	7.00	9.00
MODERADA 2.1mm/hr<=I<15mm/hr	0.33	1.00	3.00	5.00	7.00
FUERTE 15mm/hr<=I<60mm/hr	0.20	0.33	1.00	3.00	5.00
MUY FUERTE 30mm/hr<=I<60mm/hr	0.14	0.20	0.33	1.00	3.00
TORRENCIALES >60	0.11	0.14	0.20	0.33	1.00
SUMA	1.79	4.68	9.53	16.33	25.00
1/SUMA	0.56	0.21	0.10	0.06	0.04

Fuente: Elaboración propia

Tabla 68: Vector de suma ponderada-Intensidad de lluvia.

MATRIZ DE NORMALIZACIÓN						
INTENSIDAD DE LLUVIA	DÉBIL I<2mm/hr	MODERADA 2.1mm/hr<=I<15m m/hr	FUERTE 15mm/hr<=I<60m m/hr	MUY FUERTE 30mm/hr<=I<60m m/hr	TORRENCIALES LES >60	VECTOR DE PRIORIZACIÓN PONDERADA
DÉBIL I<2mm/hr	0.56	0.64	0.52	0.43	0.36	0.50
MODERADA 2.1mm/hr<=I<15m m/hr	0.19	0.21	0.31	0.31	0.28	0.26
FUERTE 15mm/hr<=I<60m m/hr	0.11	0.07	0.10	0.18	0.20	0.13
MUY FUERTE 30mm/hr<=I<60m m/hr	0.08	0.04	0.03	0.06	0.12	0.07
TORRENCIALES ES >60	0.06	0.03	0.02	0.02	0.04	0.03
SUMA	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00



Tabla 69: Matriz de normalización-intensidad de lluvia

VECTOR DE SUMA PONDERADA							
INTENSIDAD DE LLUVIA	DÉBIL I<2mm/hr	MODERADA 2.1mm/hr<=I<15mm/hr	FUERTE 15mm/hr<=I<60mm/hr	MUY FUERTE 30mm/hr<=I<60mm/hr	TORRENCIALES >60	VECTOR DE SUMA (PONDERACIÓN)	$\lambda$
DÉBIL I<2mm/hr	0.50	0.78	0.67	0.47	0.31	2.74	5.46
MODERADA 2.1mm/hr<=I<15mm/hr	0.17	0.26	0.40	0.34	0.24	1.41	5.43
FUERTE 15mm/hr<=I<60mm/hr	0.10	0.09	0.13	0.20	0.17	0.70	5.20
MUY FUERTE 30mm/hr<=I<60mm/hr	0.07	0.05	0.04	0.07	0.10	0.34	5.03
TORRENCIALES >60	0.06	0.04	0.03	0.02	0.03	0.18	5.09
						<b>Yprom</b>	<b>5.24</b>

Fuente: Elaboración propia

<b>IC</b>	0.06
<b>RC</b>	0.05

Tabla 70: Peso ponderado-Intensidad de lluvia

FACTOR CONDICIONANTE	INTENSIDAD MEDIA EN UNA HORA (mm/hr)	PESO PONDERADO	<b>0.08</b>
DESCRIPTORES	IM1 Torrenciales: >60	PIM1	0.50
	IM2 Muy fuertes: >30 y <=60	PIM2	0.26
	IM3 Fuertes: >15 y <=30	PIM3	0.13
	IM4 Moderadas: >2 y <=15	PIM4	0.07
	IM5 Débiles: <=2	PIM5	0.03

Fuente: Elaboración propia

#### D) PENDIENTE DEL TERRENO

Tabla 71: Matriz de comparación de pares-Pendiente de terreno

MATRIZ DE COMPARACIÓN DE PARES					
PENDIENTE DE TERRENO	<=4%	5%-15%	16%-25%	26%-50%	>=51%
<=4%	<b>1.00</b>	2.00	4.00	6.00	7.00
5%-15%	0.50	<b>1.00</b>	3.00	4.00	5.00
16%-25%	0.25	0.33	<b>1.00</b>	2.00	3.00
26%-50%	0.17	0.25	0.50	<b>1.00</b>	2.00
>=51%	0.14	0.20	0.33	0.50	<b>1.00</b>
<b>SUMA</b>	<b>2.06</b>	<b>3.78</b>	<b>8.83</b>	<b>13.50</b>	<b>18.00</b>
<b>1/SUMA</b>	0.49	0.26	0.11	0.07	0.06



Tabla 72: Matriz de normalización-Pendiente de terreno

MATRIZ DE NORMALIZACIÓN						
INTENSIDAD DE LLUVIA	<=4%	5%-15%	16%-25%	26%-50%	>=51%	VECTOR DE PRIORIZACIÓN PONDERADA
<=4%	0.49	0.53	0.45	0.44	0.39	<b>0.46</b>
5%-15%	0.24	0.26	0.34	0.30	0.28	<b>0.28</b>
16%-25%	0.12	0.09	0.11	0.15	0.17	<b>0.13</b>
26%-50%	0.08	0.07	0.06	0.07	0.11	<b>0.08</b>
>=51%	0.07	0.05	0.04	0.04	0.06	<b>0.05</b>
<b>SUMA</b>	<b>1.00</b>	<b>1.00</b>	<b>1.00</b>	<b>1.00</b>	<b>1.00</b>	<b>1.00</b>

Fuente: Elaboración propia

Tabla 73: Vector de suma ponderada-Pendiente de terreno

VECTOR DE SUMA PONDERADA							
INTENSIDAD DE LLUVIA	<=4%	5%-15%	16%-25%	26%-50%	>=51%	VECTOR DE SUMA (PONDERACIÓN)	$\lambda$
<=4%	0.46	0.57	0.51	0.47	0.35	2.36	5.13
5%-15%	0.23	0.28	0.38	0.31	0.25	1.46	5.14
16%-25%	0.12	0.09	0.13	0.16	0.15	0.64	5.05
26%-50%	0.08	0.07	0.06	0.08	0.10	0.39	5.02
>=51%	0.07	0.06	0.04	0.04	0.05	0.25	5.04
						<b>Yprom</b>	<b>5.07</b>

Fuente: Elaboración propia

<b>IC</b>	0.02
<b>RC</b>	0.02

Tabla 74: Peso ponderado-Pendiente del terreno

FACTOR CONDICIONANTE	PENDIENTE DEL TERRENO		<b>0.47</b>	
DESCRPTORES	PEN1	<=4%	PPEN1	0.46
	PEN2	5%- 15%	PPEN2	0.28
	PEN3	16%-25%	PPEN3	0.13
	PEN4	26%-50%	PPEN4	0.08
	PEN5	>50%	PPEN5	0.05

Fuente: Elaboración propia

### 5.6.2.2. MATRIZ DE PONDERACIÓN: FACTOR DESENCADENANTE

El único factor desencadenante en la zona de estudio son los tirantes.

#### PARA 50 AÑOS DE PERIODO DE RETORNO

Tabla 75: Matriz de comparación de pares-Tirante de 50 años de periodo de retorno

MATRIZ DE COMPARACIÓN DE PARES					
TIRANTE MÁXIMO (m)	Y<0.21m	0.21m<Y<1.40m	1.40m<Y<2.10m	2.10m<Y<3.80m	Y>3.80m
Y<0.21m	<b>1.00</b>	0.25	0.20	0.14	0.11
0.21m<Y<1.40m	4.00	<b>1.00</b>	0.33	0.25	0.14
1.40m<Y<2.10m	5.00	3.00	<b>1.00</b>	0.33	0.20
2.10m<Y<3.80m	7.00	4.00	3.00	<b>1.00</b>	0.33
Y>3.80m	9.00	7.00	5.00	3.00	<b>1.00</b>
<b>SUMA</b>	<b>26.00</b>	<b>15.25</b>	<b>9.53</b>	<b>4.73</b>	<b>1.79</b>
<b>1/SUMA</b>	<b>0.04</b>	<b>0.07</b>	<b>0.10</b>	<b>0.21</b>	<b>0.56</b>

Fuente: Elaboración propia

Tabla 76: Matriz de normalización-Tirante de 50 años de periodo de retorno

MATRIZ DE NORMALIZACIÓN						
TIRANTE MÁXIMO (m)	Y<0.21m	0.21m<Y<1.40m	1.40m<Y<2.10m	2.10m<Y<3.80m	Y>3.80m	VECTOR DE PRIORIZACIÓN PONDERADA
Y<0.21m	0.04	0.02	0.02	0.03	0.06	<b>0.03</b>
0.21m<Y<1.40m	0.15	0.07	0.03	0.05	0.08	<b>0.08</b>
1.40m<Y<2.10m	0.19	0.20	0.10	0.07	0.11	<b>0.14</b>
2.10m<Y<3.80m	0.27	0.26	0.31	0.21	0.19	<b>0.25</b>
Y>3.80m	0.35	0.46	0.52	0.63	0.56	<b>0.50</b>
<b>SUMA</b>	<b>1.00</b>	<b>1.00</b>	<b>1.00</b>	<b>1.00</b>	<b>1.00</b>	<b>1.00</b>

Fuente: Elaboración propia

Tabla 77: Vector de suma ponderada-Tirante de 50 años de periodo de retorno

VECTOR DE SUMA PONDERADA							
TIRANTE MÁXIMO (m)	Y<0.21m	0.21m<Y<1.40m	1.40m<Y<2.10m	2.10m<Y<3.80m	Y>3.80m	VECTOR DE SUMA (PONDERACIÓN)	$\lambda$
Y<0.21m	0.03	0.02	0.03	0.04	0.06	0.17	5.10
0.21m<Y<1.40m	0.13	0.08	0.05	0.06	0.07	0.39	5.05
1.40m<Y<2.10m	0.17	0.23	0.14	0.08	0.10	0.72	5.32
2.10m<Y<3.80m	0.24	0.31	0.41	0.25	0.17	1.37	5.50
Y>3.80m	0.30	0.54	0.68	0.75	0.50	2.77	5.49
						<b>Yprom</b>	<b>5.29</b>

Fuente: Elaboración propia

<b>IC</b>	0.07
<b>RC</b>	0.07

Tabla 78: Peso ponderado-Tirante de 50 años de periodo de retorno

FACTOR DESENCADENANTE		TIRANTE MÁXIMO TR=50 AÑOS		1.00
DESCRIPTORES	TIR1	Y<0.21m	PTIR1	0.03
	TIR2	0.21m<Y<1.40m	PTIR2	0.08
	TIR3	1.40m<Y<2.10m	PTIR3	0.14
	TIR4	2.10m<Y<3.80m	PTIR4	0.25
	TIR5	Y>3.80m	PTIR5	0.50

Fuente: Elaboración propia

### PARA 100 AÑOS DE PERIODO DE RETORNO

Tabla 79 Matriz de comparación de pares-Tirante 100 años de periodo de retorno

MATRIZ DE COMPARACIÓN DE PARES					
TIRANTE MÁXIMO (m)	Y<0.47m	0.47m<Y<1.5m	1.5m<Y<2.1m	2.1m<Y<4m	Y>4m
Y<0.47m	<b>1.00</b>	0.25	0.20	0.13	0.11
0.47m<Y<1.5m	4.00	<b>1.00</b>	0.33	0.20	0.13
1.5m<Y<2.1m	5.00	3.00	<b>1.00</b>	0.33	0.20
2.1m<Y<4m	8.00	5.00	3.00	<b>1.00</b>	0.33
Y>4m	9.00	8.00	5.00	3.00	<b>1.00</b>
<b>SUMA</b>	<b>27.00</b>	<b>17.25</b>	<b>9.53</b>	<b>4.66</b>	<b>1.77</b>
1/SUMA	0.04	0.06	0.10	0.21	0.57

Fuente: Elaboración propia

Tabla 80 : Matriz de normalización-Tirante 100 años de periodo de retorno

MATRIZ DE NORMALIZACIÓN						
TIRANTE MÁXIMO (m)	Y<0.47m	0.47m<Y<1.5m	1.5m<Y<2.1m	2.1m<Y<4m	Y>4m	VECTOR DE PRIORIZACIÓN PONDERADA
Y<0.47m	0.04	0.01	0.02	0.03	0.06	<b>0.03</b>
0.47m<Y<1.5m	0.15	0.06	0.03	0.04	0.07	<b>0.07</b>
1.5m<Y<2.1m	0.19	0.17	0.10	0.07	0.11	<b>0.13</b>
2.1m<Y<4m	0.30	0.29	0.31	0.21	0.19	<b>0.26</b>
Y>4m	0.33	0.46	0.52	0.64	0.57	<b>0.51</b>
<b>SUMA</b>	<b>1.00</b>	<b>1.00</b>	<b>1.00</b>	<b>1.00</b>	<b>1.00</b>	<b>1.00</b>

Fuente: Elaboración propia

Tabla 81: Vector de suma ponderada-Tirante 100 años de periodo de retorno

VECTOR DE SUMA PONDERADA							
TIRANTE MÁXIMO (m)	Y<0.47m	0.47m<Y<1.5m	1.5m<Y<2.1m	2.1m<Y<4m	Y>4m	VECTOR DE SUMA (PONDERACIÓN)	$\lambda$
Y<0.47m	0.03	0.02	0.03	0.03	0.06	0.16	5.09
0.47m<Y<1.5m	0.13	0.07	0.04	0.05	0.06	0.36	5.07
1.5m<Y<2.1m	0.16	0.21	0.13	0.09	0.10	0.69	5.34
2.1m<Y<4m	0.26	0.35	0.39	0.26	0.17	1.43	5.49
Y>4m	0.29	0.57	0.65	0.78	0.51	2.80	5.52
						<b>Yprom</b>	<b>5.30</b>

<b>IC</b>	0.08
<b>RC</b>	0.07

Tabla 82: Peso ponderado-Tirante 100 años de periodo de retorno.

FACTOR DESENCADENANTE		TIRANTE MÁXIMO TR=100 AÑOS		1.00
DESCRIPTORES	TIR1	Y<0.21m	PTIR1	0.03
	TIR2	0.21m<Y<1.40m	PTIR2	0.07
	TIR3	1.40m<Y<2.10m	PTIR3	0.13
	TIR4	2.10m<Y<3.80m	PTIR4	0.26
	TIR5	Y>3.80m	PTIR5	0.51

Fuente: Elaboración propia

### PARA 500 AÑOS DE PERIODO DE RETORNO

Tabla 83: Matriz de comparación de pares-Tirante 500 años de periodo de retorno

MATRIZ DE COMPARACIÓN DE PARES					
TIRANTE MÁXIMO (m)	Y<1.6m	1.6m<Y<3.7m	3.7m<Y<4.4m	4.4m<Y<5.8m	Y>5.8m
Y<1.6m	<b>1.00</b>	0.33	0.25	0.14	0.11
1.6m<Y<3.7m	3.00	<b>1.00</b>	0.33	0.25	0.13
3.7m<Y<4.4m	4.00	3.00	<b>1.00</b>	0.33	0.20
4.4m<Y<5.8m	7.00	4.00	3.00	<b>1.00</b>	0.33
Y>5.8m	9.00	8.00	5.00	3.00	<b>1.00</b>
<b>SUMA</b>	<b>24.00</b>	<b>16.33</b>	<b>9.58</b>	<b>4.73</b>	<b>1.77</b>
<b>1/SUMA</b>	0.04	0.06	0.10	0.21	0.57

Fuente: Elaboración propia

Tabla 84: Matriz de normalización-Tirante 500 años de periodo de retorno

MATRIZ DE NORMALIZACIÓN						
TIRANTE MÁXIMO (m)	Y<1.6m	1.6m<Y<3.7m	3.7m<Y<4.4m	4.4m<Y<5.8m	Y>5.8m	<b>VECTOR DE PRIORIZACIÓN PONDERADA</b>
Y<1.6m	0.04	0.02	0.03	0.03	0.06	<b>0.04</b>
1.6m<Y<3.7m	0.13	0.06	0.03	0.05	0.07	<b>0.07</b>
3.7m<Y<4.4m	0.17	0.18	0.10	0.07	0.11	<b>0.13</b>
4.4m<Y<5.8m	0.29	0.24	0.31	0.21	0.19	<b>0.25</b>
Y>5.8m	0.38	0.49	0.52	0.63	0.57	<b>0.52</b>
<b>SUMA</b>	<b>1.00</b>	<b>1.00</b>	<b>1.00</b>	<b>1.00</b>	<b>1.00</b>	<b>1.00</b>

Fuente: Elaboración propia





Tabla 85: Vector de suma ponderada-Tirante 500 años de periodo de retorno

VECTOR DE SUMA PONDERADA							
TIRANTE MÁXIMO (m)	Y<1.6m	1.6m<Y<3.7m	3.7m<Y<4.4m	4.4m<Y<5.8m	Y>5.8m	VECTOR DE SUMA (PONDERACIÓN)	$\lambda$
Y<1.6m	0.04	0.02	0.03	0.04	0.06	0.18	5.09
1.6m<Y<3.7m	0.11	0.07	0.04	0.06	0.06	0.35	5.04
3.7m<Y<4.4m	0.14	0.21	0.13	0.08	0.10	0.67	5.22
4.4m<Y<5.8m	0.25	0.28	0.38	0.25	0.17	1.33	5.34
Y>5.8m	0.33	0.55	0.64	0.75	0.52	2.78	5.38
						<b>Yprom</b>	<b>5.21</b>

Fuente: Elaboración propia

<b>IC</b>	0.05
<b>RC</b>	0.05

Tabla 86: Peso ponderado-Tirante 500 años de periodo de retorno

FACTOR DESENCADENANTE		TIRANTE MÁXIMO TR=500 AÑOS		1.00
DESCRPTORES	TIR1	Y<0.21m	PTIR1	0.04
	TIR2	0.21m<Y<1.40m	PTIR2	0.07
	TIR3	1.40m<Y<2.10m	PTIR3	0.13
	TIR4	2.10m<Y<3.80m	PTIR4	0.25
	TIR5	Y>3.80m	PTIR5	0.52

Fuente: Elaboración propia

## 5.7.DETERMINACIÓN DE NIVELES DE PELIGROSIDAD

Tabla 87: Resultados de pesos ponderados de los factores condicionantes y desencadenante

FACTORES CONDICIONANTES									FACTORES DESENCADENANTES				
COBERTURA VEGETAL	CERCANÍA DEL CAUCE	INTENSIDAD DE LLUVIA	PENDIENTE DEL TERRENO	VALOR	TIRANTES MÁXIMOS	50 AÑOS	100 AÑOS	500 AÑOS	VALOR				
										0.50	0.45	0.50	0.46
0.26	0.29	0.26	0.28	<b>0.27</b>	0.08	0.07	0.07	<b>0.07</b>					
<b>0.17</b>	<b>0.28</b>	<b>0.08</b>	<b>0.13</b>	<b>0.47</b>	<b>0.13</b>	<b>0.13</b>	<b>0.13</b>	<b>0.13</b>					
0.07	0.07	0.07	0.08	<b>0.07</b>	0.25	0.26	0.25	<b>0.25</b>					
0.03	0.05	0.03	0.05	<b>0.04</b>	0.50	0.51	0.52	<b>0.51</b>					

Fuente: Elaboración propia

Tabla 88: Resultados de nivel de peligrosidad

FACTORES CONDICIONANTES		FACTORES DESENCADENANTES		VALOR
0.5	0.48	0.5	0.03	<b>0.26</b>
	0.27		0.07	<b>0.17</b>
	0.13		0.13	<b>0.13</b>
	0.07		0.25	<b>0.16</b>
	0.04		0.51	<b>0.28</b>

Fuente: Elaboración propia

Tabla 89: Niveles de peligro

RANGO			NIVEL
<b>0.26</b>	$\leq P <$	<b>0.28</b>	MUY ALTO
<b>0.17</b>	$\leq P <$	<b>0.26</b>	ALTO
<b>0.16</b>	$\leq P <$	<b>0.17</b>	MEDIO
<b>0.13</b>	$\leq P <$	<b>0.16</b>	BAJO

Fuente: Elaboración propia

## 5.8. ESTRATIFICACIÓN DEL NIVEL DE PELIGRO

Concluido el análisis de pares, pasamos a la segunda etapa en la que se define la estratigrafía de peligros por inundaciones en la cuenca del río Qochoq en el curso que presenta a lo largo de la ciudad de Calca.

Tabla 90: Tabla de nivel de peligro

DESCRIPCIÓN	RANGO	NIVEL
La superficie del río está canalizado, fondo uniforme, con cercanía al cauce ( $D < 30m$ ), con intensidad de lluvia muy fuerte ( $I < 60 \text{ mm/hr}$ ) con pendiente ( $PEN < 4\%$ ) y un tirante mayor a 5.8 m	$0.26 \leq P < 0.28$	MUY ALTO
Áreas con intervención antrópica, con cercanía al cauce ( $30m \leq D < 80m$ ), con intensidad de lluvia fuerte ( $15 \text{ mm/hr} \leq I < 30 \text{ mm/hr}$ ), con pendiente ( $5\% \leq PEN < 15\%$ ) y un tirante que oscila entre 3.7 a 5.8 m	$0.17 \leq P < 0.26$	ALTO
Zonas cultivadas, cultivos sembrados, con cercanía al cauce ( $80m \leq D < 150m$ ), con intensidad de lluvia moderada ( $2.1 \text{ mm/hr} \leq I < 15 \text{ mm/hr}$ ), con pendiente ( $16\% \leq PEN < 25\%$ ) y un tirante entre 1.6 a 3.7 m	$0.16 \leq P < 0.17$	MEDIO
Zonas arbustivas, con cercanía al cauce ( $150m \leq D < 300m$ ), con intensidad de lluvia débil ( $I < 2 \text{ mm/hr}$ ), con pendiente ( $26\% \leq PEN < 50\%$ ) y un tirante menor a 1.5 m	$0.13 \leq P < 0.16$	BAJO



## 5.9. RESULTADOS DEL MAPA DE NIVEL DE PELIGRO

Para todas las variables objeto de este estudio, y adicionalmente teniendo la ponderación o peso de cada una de las variables con base en los resultados obtenidos y validados del análisis multicriterio; entonces podemos realizar un algebra de mapas que nos muestre finalmente la zonificación de las zonas con Peligro ante inundación en la ciudad de Calca. (Ver anexo I- Mapa N°16 al 18)

Los resultados indican que para un  $Tr=50$  años en el punto inicial de la modelación (antigua planta de tratamiento de agua) se mide una altura (tirante) que fluctúa entre 0.5 m a 1 m con una velocidad que varía de 1.5 m/s a 3 m/s iniciando con el desborde aconteciendo la inundación de la parte alta de la ciudad de Calca, por lo tanto afectaría toda la alameda Norte paralela a la ribera del rio Qochoq, continuando con toda la avenida Ucayali que es la avenida principal de la ciudad de Calca donde se localiza las principales instituciones como colegio Humberto Luna, PNP, centro médico Hampina Wasi y parte de la Plaza de Armas. En la zona sur afecta el Centro Recreacional Municipal, Poder Judicial y el colegio CEBA Cesar Vallejo.

Continuando con los resultados para  $Tr=100$  años, en la parte inicial del modelamiento presenta un tirante de 0.73 m a 1.5 m con una velocidad de 4.1 m/s a 6.2 m/s afectando la vía de la alameda Norte, calle Miguel Grau, calle Espinar y la calla principal Ucayali, dañando los colegios Huberto Luna y San Martin de Porres, el Ministerio del Interior, la Gobernatura, Municipalidad de Calca, Casa Campesina, PNP y la Plaza de Armas. En la parte sur perjudicando los colegios de Cesar Vallejo, I.E.I. Girasoles y Escuela Superior de Bellas Artes.

Finalmente para un  $Tr=500$  años con un tirante de 3 m a 5 m con una velocidad de 4.8 m/s a 7.1 m/s iniciando con la inundación completa de la antigua planta de tratamiento de agua



y el parque Arriero recorriendo por toda la alameda Norte, calle Espinar llegando así a la calle principal Ucayali, perjudicando la iglesia Bautista, casa Campesina, PNP, Centro Médico Hampina Wasi, Ministerio Publico, Ministerio del interior, Gobernatura, Plaza de Armas, RENIEC, Banco de la Nación, Tempo San Pedro Apostol, Mercado de abasto Central, SUNARP, Colegios: Nuestra Señora de Belén y San Martin de Porres, Terminal Terrestre, Plaza Sondor y la casa parroquial. Por último, afectando la prolongación la calle Ucayali, Poder Judicial, Colegio Cesar Vallejo, I.E.I. Girasoles, Nuestra Señora de Belén II, Escuela Superior de Bellas Artes y ESSALUD.



## **CAPITULO VII: NIVEL DE VULNERABILIDAD**

En la Ley N° 29664 del Sistema Nacional de Gestión del Riesgo de Desastres y su Reglamento (D.S. N°048-2011-PCM) se define la vulnerabilidad como la susceptibilidad de la población, la estructura física o las actividades socioeconómicas, de sufrir daños por acción de un peligro o amenaza. Bajo esta definición y en virtud de la importancia del estudio e información disponible se recabo información primaria a nivel de lote.

Para la elaboración del Mapa de vulnerabilidad de la Ciudad de Calca se utilizó la información obtenida del “PLAN DE DESARROLLO URBANO DE LA CIUDAD DE CALCA 2017-2027” elaborado por La Municipalidad Provincial de Calca en el año 2015 a través de la Sub Gerencia de Control Urbano y edificaciones.

Es importante indicar que, se cuantificara la probable afectación de los elementos expuestos que están dentro del área de influencia del fenómeno de origen natural, calculando las probables pérdidas o daños (vidas humanas, infraestructura, bienes, etc.), que podrían generarse a consecuencia de las posibles inundaciones en la ciudad de Calca.

### **7.1. ANÁLISIS DE LA VULNERABILIDAD**

El análisis se dividió en función a dos DIMENSIONES: SOCIAL Y ECONÓMICA, debido a que el trabajo no presenta grandes impactos en la dimensión ambiental.

### **7.2. ANÁLISIS DE LOS FACTORES DE VULNERABILIDAD**

#### **7.2.1. EXPOSICIÓN**

Esta referida a las decisiones y prácticas que ubican al ser humano y sus medios de vida en la zona de impacto de un peligro.

La exposición se genera por una relación no apropiada con el ambiente que se debe a procesos no planificados de crecimientos demográficos, a un proceso migratorio

desordenado, al proceso de urbanización sin un adecuado manejo del territorio. A mayor exposición mayor vulnerabilidad.

#### 7.2.2. FRAGILIDAD

Está relacionado a las condiciones de desventaja, debilidad relativa del ser humano y sus medios de vida frente a un peligro.

En general, está concentrada con las condiciones físicas de la comunidad o sociedad y es de origen interno, por ejemplo, formas de construcción, no seguimiento de normas vigentes sobre construcción y/o materiales, entre otros. A mayor fragilidad mayor vulnerabilidad.

#### 7.2.3. RESILIENCIA

Está asociada a condiciones sociales y de organización de la población frente a la ocurrencia de un peligro. A mayor resiliencia menor vulnerabilidad.

### 7.3. ANÁLISIS DE ELEMENTOS EXPUESTOS

#### 7.3.1. DIMENSIÓN SOCIAL

##### 7.3.1.1. EXPOSICIÓN SOCIAL

Se evaluaron los siguientes parámetros:

*Tabla 91: Parámetros de fragilidad y resiliencia*

<b>FRAGILIDAD</b>	<b>RESILIENCIA</b>
Grupo etario	Nivel educativo
Discapacidad	Tipo de seguro

*Fuente: Elaboración propia*

### 7.3.1.1.1. ANÁLISIS DE LA FRAGILIDAD EN LA DIMENSIÓN SOCIAL

#### A) GRUPO ETARIO

Tabla 92: Matriz de comparación de pares-Grupo etario

MATRIZ DE COMPARACIÓN DE PARES					
GRUPO ETARIO	0-5 y >65	5-14 y 60-64	15-19 y 45-59	20-29	30-49
0-5 y >65	<b>1.00</b>	3.00	3.00	5.00	7.00
5-14 y 60-64	0.33	<b>1.00</b>	2.00	5.00	7.00
15-19 y 45-59	0.33	0.50	<b>1.00</b>	2.00	3.00
20-29	0.20	0.20	0.50	<b>1.00</b>	3.00
30-49	0.14	0.14	0.33	0.33	<b>1.00</b>
<b>SUMA</b>	<b>2.01</b>	<b>4.84</b>	<b>6.83</b>	<b>13.33</b>	<b>21.00</b>
1/SUMA	0.50	0.21	0.15	0.08	0.05

Fuente: Elaboración propia

Tabla 93: Matriz de normalización-Grupo etario.

MATRIZ DE NORMALIZACIÓN						
GRUPO ETARIO	0-5 y >65	5-14 y 60-64	15-19 y 45-59	20-29	30-49	VECTOR DE PRIORIZACIÓN PONDERADA
0-5 y >65	0.50	0.62	0.44	0.38	0.33	<b>0.45</b>
5-14 y 60-64	0.17	0.21	0.29	0.38	0.33	<b>0.27</b>
15-19 y 45-59	0.17	0.10	0.15	0.15	0.14	<b>0.14</b>
20-29	0.10	0.04	0.07	0.08	0.14	<b>0.09</b>
30-49	0.07	0.03	0.05	0.03	0.05	<b>0.04</b>
<b>SUMA</b>	<b>1.00</b>	<b>1.00</b>	<b>1.00</b>	<b>1.00</b>	<b>1.00</b>	<b>1.00</b>

Fuente: Elaboración propia

Tabla 94: Vector de suma ponderada-Grupo etario

VECTOR DE SUMA PONDERADA							
GRUPO ETARIO	0-5 y >65	5-14 y 60-64	15-19 y 45-59	20-29	30-49	VECTOR DE SUMA (PONDERACIÓN)	$\lambda$
0-5 y >65	0.45	0.82	0.42	0.43	0.31	2.44	5.40
5-14 y 60-64	0.15	0.27	0.28	0.43	0.31	1.45	5.28
15-19 y 45-59	0.15	0.14	0.14	0.17	0.13	0.74	5.19
20-29	0.09	0.05	0.07	0.09	0.13	0.44	5.05
30-49	0.06	0.04	0.05	0.03	0.04	0.22	5.05
						<b>Yprom</b>	<b>5.20</b>

Fuente: Elaboración propia

<b>IC</b>	0.05
<b>RC</b>	0.04

Tabla 95: Peso ponderado-Grupo etario

FACTOR CONDICIONANTE	GRUPO ETARIO	PESO PONDERADO		
DESCRPTORES	GE1	0-5 y >65	PGE1	0.45
	GE2	5-14 y 60-64	PGE2	0.27
	GE3	15-19 y 45-59	PGE3	0.14
	GE4	20-29	PGE4	0.09
	GE5	30-49	PGE5	0.04

Fuente: Elaboración propia

## B) DISCAPACIDAD

Tabla 96: Matriz de comparación de pares-Discapacidad

MATRIZ DE COMPARACIÓN DE PARES					
DISCAPACIDAD	Mental o Intelectual	Visual	Para usar brazos y piernas	Para oír y/o hablar	Ninguna
Mental o Intelectual	<b>1.00</b>	2.00	4.00	5.00	7.00
Visual	0.50	<b>1.00</b>	2.00	4.00	5.00
Para usar brazos y piernas	0.25	0.50	<b>1.00</b>	2.00	4.00
Para oír y/o hablar	0.20	0.25	0.50	<b>1.00</b>	2.00
Ninguna	0.14	0.20	0.25	0.50	<b>1.00</b>
<b>SUMA</b>	<b>2.09</b>	<b>3.95</b>	<b>7.75</b>	<b>12.50</b>	<b>19.00</b>
1/SUMA	0.48	0.25	0.13	0.08	0.05

Fuente: Elaboración propia

Tabla 97: Matriz de normalización-Discapacidad

MATRIZ DE NORMALIZACIÓN						
DISCAPACIDAD	Mental o Intelectual	Visual	Para usar brazos y piernas	Para oír y/o hablar	Ninguna	VECTOR DE PRIORIZACIÓN PONDERADA
Mental o Intelectual	0.48	0.51	0.52	0.40	0.37	<b>0.45</b>
Visual	0.24	0.25	0.26	0.32	0.26	<b>0.27</b>
Para usar brazos y piernas	0.12	0.13	0.13	0.16	0.21	<b>0.15</b>
Para oír y/o hablar	0.10	0.06	0.06	0.08	0.11	<b>0.08</b>
Ninguna	0.07	0.05	0.03	0.04	0.05	<b>0.05</b>
<b>SUMA</b>	<b>1.00</b>	<b>1.00</b>	<b>1.00</b>	<b>1.00</b>	<b>1.00</b>	<b>1.00</b>

Fuente: Elaboración propia



Tabla 98: Peso ponderado-Discapacidad

VECTOR DE SUMA PONDERADA							
DISCAPACIDAD	Mental o Intelectual	Visual	Para usar brazos y piernas	Para oír y/o hablar	Ninguna	VECTOR DE SUMA (PONDERACIÓN)	$\lambda$
Mental o Intelectual	0.45	0.53	0.60	0.41	0.34	2.33	5.14
Visual	0.23	0.27	0.30	0.33	0.24	1.36	5.11
Para usar brazos y piernas	0.11	0.13	0.15	0.16	0.20	0.75	5.06
Para oír y/o hablar	0.09	0.07	0.07	0.08	0.10	0.41	5.03
Ninguna	0.06	0.05	0.04	0.04	0.05	0.25	5.03
						<b>Yprom</b>	<b>5.07</b>

Fuente: Elaboración propia

Tabla 99: Vector de suma ponderada-Discapacidad.

FACTOR CONDICIONANTE	DISCAPACIDAD	PESO PONDERADO
DESCRIPTORES	DIS1	Mental o Intelectual
	DIS2	Visual
	DIS3	Para usar brazos y piernas
	DIS4	Para oír y/o hablar
	DIS5	Ninguna

Fuente: Elaboración propia

<b>IC</b>	0.02
<b>RC</b>	0.02

### 7.3.1.1.2. ANÁLISIS DE LA RESILIENCIA EN LA DIMENSIÓN SOCIAL

#### A) NIVEL EDUCATIVO

Tabla 100: Matriz de comparación de pares-Nivel educativo

MATRIZ DE COMPARACIÓN DE PARES					
NIVEL EDUCATIVO	Inicial	Primaria	Secundaria	Superior-No universitario	Superior universitario u otro similar
Inicial	<b>1.00</b>	2.00	3.00	5.00	7.00
Primaria	0.50	<b>1.00</b>	2.00	4.00	5.00
Secundaria	0.33	0.50	<b>1.00</b>	2.00	4.00
Superior-No universitario	0.20	0.25	0.50	<b>1.00</b>	2.00
Superior universitario u otro similar	0.14	0.20	0.25	0.50	<b>1.00</b>
<b>SUMA</b>	<b>2.18</b>	<b>3.95</b>	<b>6.75</b>	<b>12.50</b>	<b>19.00</b>
1/SUMA	0.46	0.25	0.15	0.08	0.05

Fuente: Elaboración propia

Tabla 101: Matriz de normalización-Nivel educativo

MATRIZ DE NORMALIZACIÓN						
NIVEL EDUCATIVO	Inicial	Primaria	Secundaria	Superior-No universitario	Superior universitario u otro similar	VECTOR DE PRIORIZACIÓN PONDERADA
Inicial	0.46	0.51	0.44	0.40	0.37	<b>0.44</b>
Primaria	0.23	0.25	0.30	0.32	0.26	<b>0.27</b>
Secundaria	0.15	0.13	0.15	0.16	0.21	<b>0.16</b>
Superior-No universitario	0.09	0.06	0.07	0.08	0.11	<b>0.08</b>
Superior universitario u otro similar	0.07	0.05	0.04	0.04	0.05	<b>0.05</b>
SUMA	<b>1.00</b>	<b>1.00</b>	<b>1.00</b>	<b>1.00</b>	<b>1.00</b>	<b>1.00</b>

Fuente: Elaboración propia

Tabla 102: Vector de suma ponderada-Nivel educativo

VECTOR DE SUMA PONDERADA							
NIVEL EDUCATIVO	Inicial	Primaria	Secundaria	Superior-No universitario	Superior universitario u otro similar	VECTOR DE SUMA (PONDERACIÓN)	$\lambda$
Inicial	0.44	0.54	0.48	0.41	0.34	2.22	5.09
Primaria	0.22	0.27	0.32	0.33	0.25	1.39	5.09
Secundaria	0.15	0.14	0.16	0.17	0.20	0.80	5.03
Superior-No universitario	0.09	0.07	0.08	0.08	0.10	0.42	5.02
Superior universitario u otro similar	0.06	0.05	0.04	0.04	0.05	0.25	5.03
						<b>Yprom</b>	<b>5.05</b>

Fuente: Elaboración propia

IC	0.01
RC	0.01

Tabla 103: Peso ponderado-Nivel educativo

FACTOR RESILIENCIA	NIVEL EDUCATIVO		PESO PONDERADO	<b>0.5</b>
DESCRITORES	NE1	Inicial	PNE1	0.44
	NE2	Primaria	PNE2	0.27
	NE3	Secundaria	PNE3	0.16
	NE4	Superior No universitario	PNE4	0.08
	NE5	Superior Universitario u otro similar	PNE5	0.05

Fuente: Elaboración propia

## B) TIPO DE SEGURO

Tabla 104: Matriz de comparación de pares

MATRIZ DE COMPARACIÓN DE PARES					
TIPO DE SEGURO	No tiene	SIS	ESSALUD	FFAA-PNP	Seguro Privado y/u Otro
No tiene	<b>1.00</b>	3.00	5.00	6.00	7.00
SIS	0.33	<b>1.00</b>	3.00	4.00	6.00
ESSALUD	0.20	0.33	<b>1.00</b>	3.00	5.00
FFAA-PNP	0.17	0.25	0.33	<b>1.00</b>	3.00
Seguro Privado y/u Otro	0.14	0.17	0.20	0.33	<b>1.00</b>
<b>SUMA</b>	<b>1.84</b>	<b>4.75</b>	<b>9.53</b>	<b>14.33</b>	<b>22.00</b>
1/SUMA	0.54	0.21	0.10	0.07	0.05

Fuente: Elaboración propia

Tabla 105: Matriz de normalización-Tipo de seguro

MATRIZ DE NORMALIZACIÓN						
TIPO DE SEGURO	No tiene	SIS	ESSALUD	FFAA-PNP	Seguro Privado y/u Otro	VECTOR DE PRIORIZACIÓN PONDERADA
No tiene	0.54	0.63	0.52	0.42	0.32	<b>0.49</b>
SIS	0.18	0.21	0.31	0.28	0.27	<b>0.25</b>
ESSALUD	0.11	0.07	0.10	0.21	0.23	<b>0.14</b>
FFAA-PNP	0.09	0.05	0.03	0.07	0.14	<b>0.08</b>
Seguro Privado y/u Otro	0.08	0.04	0.02	0.02	0.05	<b>0.04</b>
<b>SUMA</b>	<b>1.00</b>	<b>1.00</b>	<b>1.00</b>	<b>1.00</b>	<b>1.00</b>	<b>1.00</b>

Fuente: Elaboración propia

Tabla 106: Vector de suma ponderada-Tipo de seguro

VECTOR DE SUMA PONDERADA							
TIPO DE SEGURO	No tiene	SIS	ESSALUD	FFAA-PNP	Seguro Privado y/u Otro	VECTOR DE SUMA (PONDERACIÓN)	$\lambda$
No tiene	0.49	0.75	0.72	0.46	0.28	2.71	5.56
SIS	0.16	0.25	0.43	0.31	0.24	1.40	5.55
ESSALUD	0.10	0.08	0.14	0.23	0.20	0.76	5.26
FFAA-PNP	0.08	0.06	0.05	0.08	0.12	0.39	5.08
Seguro Privado y/u Otro	0.07	0.04	0.03	0.03	0.04	0.21	5.10
						<b>Yprom</b>	<b>5.31</b>

Fuente: Elaboración propia

<b>IC</b>	<b>0.081</b>
<b>RC</b>	<b>0.073</b>

Tabla 107: Peso ponderado-Tipo de seguro.

FACTOR RESILIENCIA		TIPO DE SEGURO	PESO PONDERADO	<b>0.5</b>
DESCRPTORES	TS1	No tiene	PTS1	0.49
	TS2	SIS	PTS2	0.25
	TS3	ESSALUD	PTS3	0.14
	TS4	FFAA-PNP	PTS4	0.08
	TS5	Seguro Privado y/u Otro	PTS5	0.04

Fuente: Elaboración propia

### 7.3.2. DIMENSIÓN ECONÓMICA

#### 7.3.2.1. EXPOSICIÓN ECONÓMICA

Se evaluará los siguientes parámetros:

Tabla 108: Parámetros de fragilidad y resiliencia

FRAGILIDAD	RESILIENCIA
Material de paredes	Tipo de Vivienda
Material de techos	

Fuente: Elaboración propia

#### 7.3.2.1.1. ANÁLISIS DE LA FRAGILIDAD EN LA DIMENSIÓN ECONÓMICA

##### A) MATERIAL DE PAREDES

Tabla 109: Matriz de comparación de pares-Material de

MATRIZ DE COMPARACIÓN DE PARES					
MATERIAL DE PAREDES	Adobe y/o piedra con barro	Esteras y/o Cartón	Quincha (caña con barro)	Madera	Ladrillo o Bloque cemento
Adobe y/o piedra con barro	<b>1.00</b>	3.00	4.00	6.00	9.00
Esteras y/o Cartón	0.33	<b>1.00</b>	2.00	4.00	5.00
Quincha (caña con barro)	0.25	0.50	<b>1.00</b>	2.00	4.00
Madera	0.17	0.25	0.50	<b>1.00</b>	2.00
Ladrillo o Bloque cemento	0.11	0.20	0.25	0.50	<b>1.00</b>
<b>SUMA</b>	<b>1.86</b>	<b>4.95</b>	<b>7.75</b>	<b>13.50</b>	<b>21.00</b>
1/SUMA	0.54	0.20	0.13	0.07	0.05

Fuente: Elaboración propia

Tabla 110: Matriz de normalización-Material de paredes

MATRIZ DE NORMALIZACIÓN						
MATERIAL DE PAREDES	Adobe y/o piedra con barro	Esteras y/o Cartón	Quincha (caña con barro)	Madera	Ladrillo o Bloque cemento	VECTOR DE PRIORIZACIÓN PONDERADA
Adobe y/o piedra con barro	0.54	0.61	0.52	0.44	0.43	0.51
Esteras y/o Cartón	0.18	0.20	0.26	0.30	0.24	0.23
Quincha (caña con barro)	0.13	0.10	0.13	0.15	0.19	0.14
Madera	0.09	0.05	0.06	0.07	0.10	0.07
Ladrillo o Bloque cemento	0.06	0.04	0.03	0.04	0.05	0.04
SUMA	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00

Fuente: Elaboración propia

Tabla 111: Vector de suma ponderada-Material de paredes.

VECTOR DE SUMA PONDERADA							
MATERIAL DE PAREDES	Adobe y/o piedra con barro	Esteras y/o Cartón	Quincha (caña con barro)	Madera	Ladrillo o Bloque cemento	VECTOR DE SUMA (PONDERACIÓN)	$\lambda$
Adobe y/o piedra con barro	0.51	0.70	0.56	0.45	0.39	2.61	5.16
Esteras y/o Cartón	0.17	0.23	0.28	0.30	0.22	1.20	5.12
Quincha (caña con barro)	0.13	0.12	0.14	0.15	0.17	0.71	5.03
Madera	0.08	0.06	0.07	0.07	0.09	0.37	5.01
Ladrillo o Bloque cemento	0.06	0.05	0.04	0.04	0.04	0.22	5.05
						<b>Yprom</b>	<b>5.07</b>

Fuente: Elaboración propia

IC	0.02
RC	0.02

Tabla 112: Peso ponderado-Material de paredes

FACTOR FRAGILIDAD	MATERIAL DE PAREDES	PESO PONDERADO	0.5	
DESCRIPTORES	MP1	Adobe y/o piedra con barro	PMP1	0.51
	MP2	Esteras y/o Cartón	PMP2	0.23
	MP3	Quincha (caña con barro)	PMP3	0.14
	MP4	Madera	PMP4	0.07
	MP5	Ladrillo o Bloque cemento	PMP5	0.04

Fuente: Elaboración propia

## B) MATERIALES DE TECHOS

Tabla 113: Matriz de comparación depares-Material de techos.

MATRIZ DE COMPARACIÓN DE PARES					
MATERIAL DE TECHOS	Otro material (Cartón, Plástico, etc)	Estera y/o Paja, Hojas de palmera	Madera y/o Caña	Plancha de calamina y/o Teja	Concreto Armado
Otro material (Cartón, Plástico, etc)	1.00	2.00	3.00	5.00	8.00
Estera y/o Paja, Hojas de palmera	0.50	1.00	2.00	3.00	5.00
Madera y/o Caña	0.33	0.50	1.00	2.00	3.00
Plancha de calamina y/o Teja	0.20	0.33	0.50	1.00	2.00
Concreto Armado	0.13	0.20	0.33	0.50	1.00
<b>SUMA</b>	<b>2.16</b>	<b>4.03</b>	<b>6.83</b>	<b>11.50</b>	<b>19.00</b>
1/SUMA	0.46	0.25	0.15	0.09	0.05

Fuente: Elaboración propia

Tabla 114: Matriz de comparación de pares-Material de techos

MATRIZ DE NORMALIZACIÓN						
MATERIAL DE TECHOS	Otro material (Cartón, Plástico, etc)	Estera y/o Paja, Hojas de palmera	Madera y/o Caña	Plancha de calamina y/o Teja	Concreto Armado	VECTOR DE PRIORIZACIÓN PONDERADA
Otro material (Cartón, Plástico, etc)	0.46	0.50	0.44	0.43	0.42	0.45
Estera y/o Paja, Hojas de palmera	0.23	0.25	0.29	0.26	0.26	0.26
Madera y/o Caña	0.15	0.12	0.15	0.17	0.16	0.15
Plancha de calamina y/o Teja	0.09	0.08	0.07	0.09	0.11	0.09
Concreto Armado	0.06	0.05	0.05	0.04	0.05	0.05
<b>SUMA</b>	<b>1.00</b>	<b>1.00</b>	<b>1.00</b>	<b>1.00</b>	<b>1.00</b>	<b>1.00</b>

Fuente: Elaboración propia

Tabla 115: Vector de suma ponderada-Material de techos

VECTOR DE SUMA PONDERADA							
MATERIAL DE TECHOS	Otro material (Cartón, Plástico, etc)	Estera y/o Paja, Hojas de palmera	Madera y/o Caña	Plancha de calamina y/o Teja	Concreto Armado	VECTOR DE SUMA (PONDERACIÓN)	$\lambda$
Otro material (Cartón, Plástico, etc)	0.45	0.52	0.45	0.44	0.40	2.27	5.03
Estera y/o Paja, Hojas de palmera	0.23	0.26	0.30	0.26	0.25	1.30	5.03
Madera y/o Caña	0.15	0.13	0.15	0.18	0.15	0.76	5.02
Plancha de calamina y/o Teja	0.09	0.09	0.08	0.09	0.10	0.44	5.01
Concreto Armado	0.06	0.05	0.05	0.04	0.05	0.25	5.02
						<b>Yprom</b>	<b>5.02</b>

Fuente: Elaboración propia

<b>IC</b>	0.05
<b>RC</b>	0.04

Tabla 116: Peso ponderado-Material de techo.

FACTOR FRAGILIDAD		MATERIAL DE TECHO	PESO PONDERADO	<b>0.5</b>
DESCRIPTORES	MT1	Otro material (Cartón, Plástico, etc)	PMT1	0.45
	MT2	Estera y/o Paja, Hojas de palmera	PMT2	0.26
	MT3	Madera y/o Caña	PMT3	0.15
	MT4	Plancha de calamina y/o Teja	PMT4	0.09
	MT5	Concreto Armado	PMT5	0.05

Fuente: Elaboración propia

### 7.3.2.1.2. ANÁLISIS DE LA RESILIENCIA EN LA DIMENSIÓN ECONÓMICA

#### A) TIPO DE VIVIENDA

Tabla 117: Matriz de comparación de pares-Tipo de vivienda

MATRIZ DE COMPARACIÓN DE PARES					
TIPO DE VIVIENDA	No destinado para habitación, otro tipo	Chozo o cabaña, vivienda improvisada	Vivienda en quinta y/o Vivienda en casa vecinal	Departamento en Edificio	Casa Independiente
No destinado para habitación, otro tipo	<b>1.00</b>	2.00	3.00	5.00	7.00
Chozo o cabaña, vivienda improvisada	0.50	<b>1.00</b>	2.00	3.00	5.00
Vivienda en quinta y/o Vivienda en casa vecinal	0.33	0.50	<b>1.00</b>	3.00	5.00
Departamento en Edificio	0.20	0.33	0.33	<b>1.00</b>	2.00
Casa Independiente	0.14	0.20	0.20	0.50	<b>1.00</b>
<b>SUMA</b>	<b>2.18</b>	<b>4.03</b>	<b>6.53</b>	<b>12.50</b>	<b>20.00</b>
<b>1/SUMA</b>	<b>0.46</b>	<b>0.25</b>	<b>0.15</b>	<b>0.08</b>	<b>0.05</b>

Fuente: Elaboración propia

Tabla 118: Matriz de normalización-Tipo de vivienda

MATRIZ DE NORMALIZACIÓN						
TIPO DE VIVIENDA	No destinado para habitación, otro tipo	Chozo o cabaña, vivienda improvisada	Vivienda en quinta y/o Vivienda en casa vecinal	Departamento en Edificio	Casa Independiente	<b>VECTOR DE PRIORIZACIÓN PONDERADA</b>
No destinado para habitación, otro tipo	0.46	0.50	0.46	0.40	0.35	<b>0.43</b>
Chozo o cabaña, vivienda improvisada	0.23	0.25	0.31	0.24	0.25	<b>0.25</b>
Vivienda en quinta y/o Vivienda en casa vecinal	0.15	0.12	0.15	0.24	0.25	<b>0.18</b>
Departamento en Edificio	0.09	0.08	0.05	0.08	0.10	<b>0.08</b>
Casa Independiente	0.07	0.05	0.03	0.04	0.05	<b>0.05</b>
<b>SUMA</b>	<b>1.00</b>	<b>1.00</b>	<b>1.00</b>	<b>1.00</b>	<b>1.00</b>	<b>1.00</b>

Fuente: Elaboración propia



Tabla 119: Vector de suma ponderada-Tipo de vivienda.

VECTOR DE SUMA PONDERADA							
TIPO DE VIVIENDA	No destinado para habitación, otro tipo	Choza o cabaña, vivienda improvisada	Vivienda en quinta y/o Vivienda en casa vecinal	Departamento en Edificio	Casa Independiente	VECTOR DE SUMA (PONDERACIÓN)	$\lambda$
No destinado para habitación, otro tipo	0.43	0.51	0.55	0.41	0.33	2.23	5.15
Choza o cabaña, vivienda improvisada	0.22	0.25	0.37	0.24	0.24	1.32	5.18
Vivienda en quinta y/o Vivienda en casa vecinal	0.14	0.13	0.18	0.24	0.24	0.93	5.08
Departamento en Edificio	0.09	0.08	0.06	0.08	0.09	0.41	5.03
Casa Independiente	0.06	0.05	0.04	0.04	0.05	0.24	5.03
						<b>Yprom</b>	<b>5.09</b>

Fuente: Elaboración propia

<b>IC</b>	0.02
<b>RC</b>	0.02

Tabla 120: Peso ponderado-Tipo de vivienda

FACTOR RESILIENCIA	TIPO DE VIVIENDA	PESO PONDERADO	1.00	
DESCRITORES	TV1	No destinado para habitación, otro tipo	PTV1	0.43
	TV2	Choza o cabaña, vivienda improvisada	PTV2	0.25
	TV3	Vivienda en quinta y/o Vivienda en casa vecinal	PTV3	0.18
	TV4	Departamento en Edificio	PTV4	0.08
	TV5	Casa Independiente	PTV5	0.05

Fuente: Elaboración propia

## 7.4. DETERMINACIÓN DE NIVEL DE VULNERABILIDAD

Tabla 121: Resultados de pesos ponderados de la dimensión social

DIMENSIÓN SOCIAL						
FRAGILIDAD			RESILIENCIA			TOTAL
GRUPO ETARIO	DISCAPACIDAD	VALOR	NIVEL EDUCATIVO	TIPO DE SEGURO	VALOR	PROMEDIO TOTAL
0.45	0.45	<b>0.45</b>	0.44	0.49	<b>0.46</b>	<b>0.46</b>
0.27	0.27	<b>0.27</b>	0.27	0.25	<b>0.26</b>	<b>0.27</b>
0.14	0.15	<b>0.15</b>	0.16	0.14	<b>0.15</b>	<b>0.15</b>
0.09	0.08	<b>0.08</b>	0.08	0.08	<b>0.08</b>	<b>0.08</b>
0.04	0.05	<b>0.05</b>	0.05	0.04	<b>0.04</b>	<b>0.05</b>

Fuente: Elaboración propia

Tabla 122: Resultados de pesos ponderados de la dimensión económica

DIMENSIÓN ECONÓMICA				
FRAGILIDAD		RESILIENCIA		TOTAL
MATERIAL DE PAREDES	VALOR	TIPO DE VIVIENDA	VALOR	PROMEDIO TOTAL
0.51	<b>0.51</b>	0.43	<b>0.43</b>	<b>0.47</b>
0.23	<b>0.23</b>	0.25	<b>0.25</b>	<b>0.24</b>
0.14	<b>0.14</b>	0.18	<b>0.18</b>	<b>0.16</b>
0.07	<b>0.07</b>	0.08	<b>0.08</b>	<b>0.08</b>
0.04	<b>0.04</b>	0.05	<b>0.05</b>	<b>0.05</b>

Fuente: Elaboración propia

DIMENSIÓN SOCIAL		DIMENSIÓN ECONÓMICA		VALOR
<b>0.5</b>	0.46	<b>0.5</b>	0.47	<b>0.46</b>
	0.27		0.24	<b>0.26</b>
	0.15		0.16	<b>0.15</b>
	0.08		0.08	<b>0.08</b>
	0.05		0.05	<b>0.05</b>

Fuente: Elaboración propia

Tabla 123: Nivel de Vulnerabilidad

RANGO			NIVEL
0.26	$\leq P <$	0.46	MUY ALTO
0.15	$\leq P <$	0.26	ALTO
0.08	$\leq P <$	0.15	MEDIO
0.05	$\leq P <$	0.08	BAJO

Fuente: Elaboración propia

## 7.5. ESTRATIFICACIÓN DE NIVEL DE VULNERABILIDAD

Para todas las variables objeto de este estudio, y adicionalmente teniendo la ponderación o peso de cada una de las variables con base en los resultados obtenidos y validados del análisis multicriterio; entonces podemos zonificar de las zonas con Vulnerabilidad ante inundación en la ciudad de Calca.

Tabla 124: Estratificación de nivel de Vulnerabilidad

DESCRIPCIÓN	RANGO	NIVEL
Grupo etario de 0-5 y >65 años, con discapacidad tanto mental o intelectual y visual, no posee ningún tipo de seguro. Material de construcción tanto de paredes y techo de adobe y/o piedra con barro, esteras y/o cartón. Tipo de vivienda no destinado para habitación, otro tipo.	$0.26 \leq P < 0.46$	MUY ALTO
Grupo etario de 5-14 y 60-64 años, con discapacidad para usar brazos y piernas, posee un seguro de ESSALUD y SIS. Material de construcción tanto de paredes y techo quincha (caña con barro) y madera y/o caña, estera y/o paja, hojas de palmera respectivamente. Tipo de vivienda choza o cabaña, vivienda improvisada	$0.15 \leq P < 0.26$	ALTO
Grupo etario de 15-19 y 45-59 años, con discapacidad para oír y/o hablar, posee un seguro de tipo FFAA-PNP. Material de construcción tanto de paredes y techo madera y plancha de calamina y/ teja respectivamente. Tipo de vivienda en quinta y/o en casa vecinal.	$0.08 \leq P < 0.15$	MEDIO
Grupo etario de 20-49 años, con ninguna discapacidad, posee seguro privado u otro tipo. Material de construcción tanto de paredes y techo ladrillo, bloque, cemento. Tipo de vivienda casa independiente o departamento en edificio.	$0.05 \leq P < 0.08$	BAJO

Fuente: Elaboración propia

## 7.6. RESULTADOS DEL MAPA DE NIVEL DE VULNERABILIDAD

Analizando los factores de vulnerabilidad en el ámbito de exposición se obtiene que existe 44 instituciones públicas y privadas que representan un 5.70% de la zona de estudio, mientras que el 94.29% son viviendas, expuestas a la inundación del río Qochoq. En cuanto a la fragilidad el mayor porcentaje de viviendas son de adobe, continuando con ladrillos y en menor porcentaje constituido por madera. (Ver anexo I-Mapa N°19 y20)

Al analizar las dimensiones sociales y económicas de la zona de estudio obtenemos que 805 edificaciones entre instituciones y viviendas se obtiene como resultado que para  $Tr=50$  años, el nivel de vulnerabilidad es MEDIA debido a que presenta un 44.35% del total de la zona de estudio. (Ver anexo I-Mapa N°21)

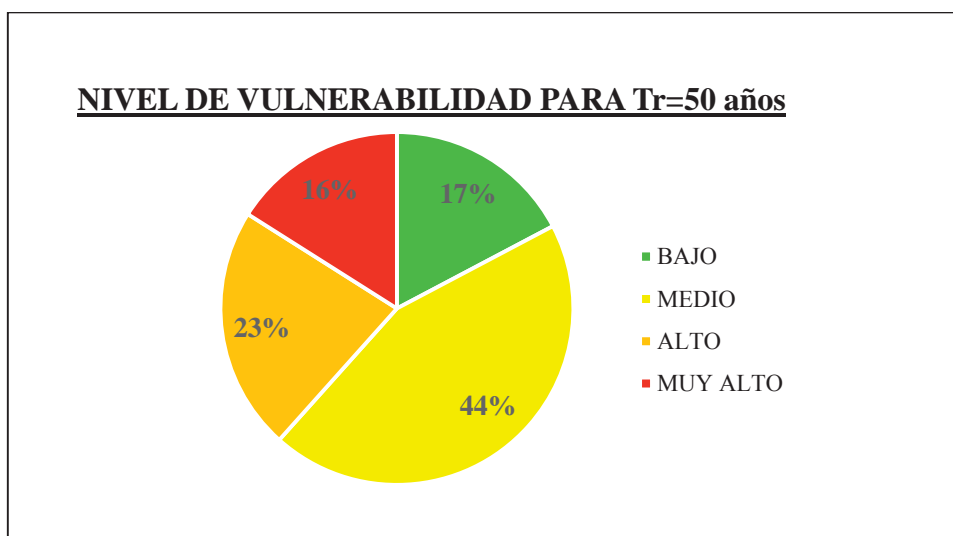


Gráfico 31: Porcentaje de edificaciones vulnerables para  $Tr=50$  años. Elaboración propia.

De igual forma para un  $Tr=100$  años el nivel de vulnerabilidad sigue siendo ALTA con un 48.12%. (Ver anexo I-Mapa N°22)

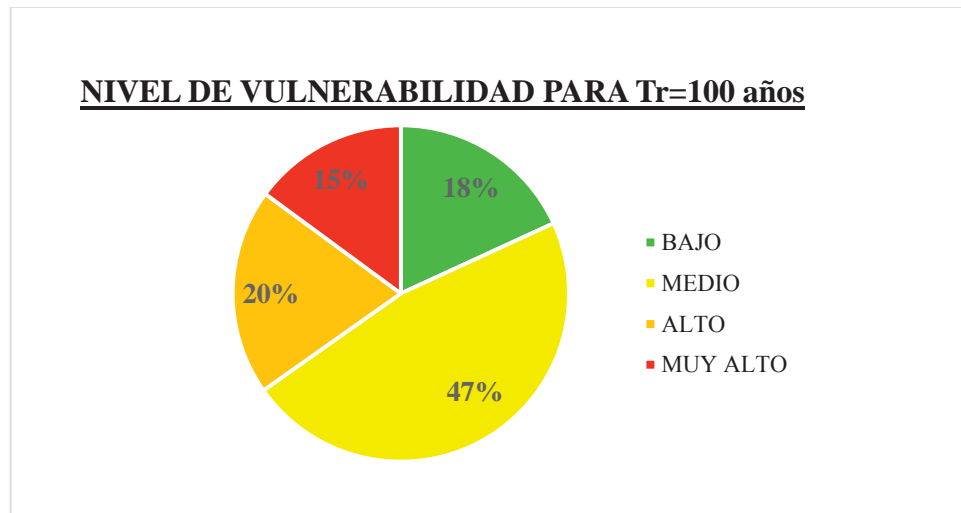


Gráfico 32: Porcentaje de edificaciones vulnerables para Tr=100 años. Elaboración propia.

Finalmente, para un Tr=500 años se obtiene un nivel de vulnerabilidad ALTA que tiene un 52.42%. (Ver anexo I-Mapa N°23)

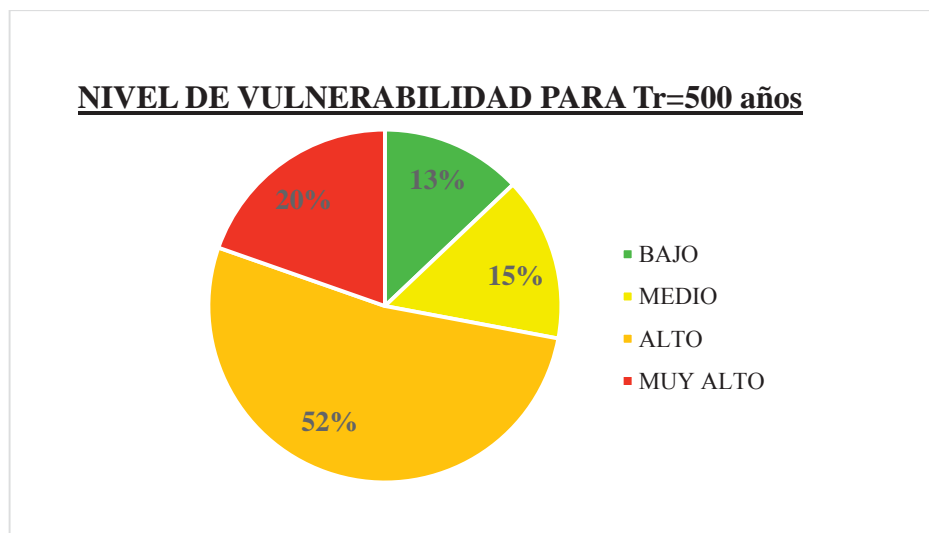


Gráfico 33: Porcentaje de edificaciones vulnerables para Tr=500 años. Elaboración propia.

## **CAPITULO VIII: NIVEL DE RIESGO**

En el Manual para la Evaluación de Riesgos originados por Fenómenos Naturales (CENEPRED, 2015) manifiesta que “El riesgo es el resultado de relacionar el peligro con la vulnerabilidad de los elementos expuestos, con el fin de determinar los posibles efectos y consecuencias sociales, económicas y ambientales asociadas a uno o varios fenómenos peligrosos” (p 147). De modo que, una vez identificados y analizados los peligros de inundación a los que está expuesto la zona en estudio y realizado el análisis de los componentes que inciden en la vulnerabilidad, se procede a la conjunción de estos para calcular el nivel de riesgo del área en estudio.

En el manual de CENEPRED (2015), “expresa los conceptos de peligro (amenaza), vulnerabilidad y riesgo, ampliamente aceptada en el campo técnico científico Cardona (1985), Fournier d’Albe (1985), Milutinovic y Petrovsky (1985b) y Coburn y Spence (1992), está fundamentada en la ecuación adaptada a la Ley N°29664 Ley que crea el Sistema Nacional de Gestión del Riesgo de Desastres, mediante la cual se expresa que el riesgo es una función  $f()$  del peligro y la vulnerabilidad”. (pg. 74, parr 3)

$$R_{ie} | _t = f(P_i, V_e) | _t$$

Dónde:

R= Riesgo.

$f$ = En función

$P_i$  =Peligro con la intensidad mayor o igual a  $i$  durante un período de exposición  $t$

$V_e$  = Vulnerabilidad de un elemento expuesto .

### **8.1.DETERMINACIÓN DE NIVEL DE RIESGO**

Para la determinación del nivel de riesgo se utilizó el método simplificado – Matriz de Riesgo, el cual permite determinar el nivel de riesgo, sobre la base del conocimiento de la peligrosidad y de la vulnerabilidad calculada en las secciones precedentes.

Tabla 125: Nivel de peligro para determinar nivel de riesgo

PELIGRO			
RANGO		NIVEL	
<b>0.26</b>	$\leq P <$	<b>0.28</b>	MUY ALTO
<b>0.17</b>	$\leq P <$	<b>0.26</b>	ALTO
<b>0.16</b>	$\leq P <$	<b>0.17</b>	MEDIO
<b>0.13</b>	$\leq P <$	<b>0.16</b>	BAJO

Fuente: Elaboración propia

Tabla 126: Nivel de vulnerabilidad para determinar nivel riesgo

VULNERABILIDAD			
RANGO		NIVEL	
<b>0.26</b>	$\leq P <$	<b>0.46</b>	MUY ALTO
<b>0.15</b>	$\leq P <$	<b>0.26</b>	ALTO
<b>0.08</b>	$\leq P <$	<b>0.15</b>	MEDIO
<b>0.05</b>	$\leq P <$	<b>0.08</b>	BAJO

Fuente: Elaboración propia

Tabla 127: Matriz de riesgo

<b>PMA</b>	<b>0.28</b>	0.02	0.04	0.07	0.13
<b>CPA</b>	<b>0.26</b>	0.02	0.04	0.07	0.12
<b>PM</b>	<b>0.17</b>	0.01	0.03	0.05	0.08
<b>PB</b>	<b>0.16</b>	0.01	0.02	0.04	0.07
		<b>0.08</b>	<b>0.15</b>	<b>0.26</b>	<b>0.46</b>
		<b>VB</b>	<b>VM</b>	<b>VA</b>	<b>VMA</b>

Fuente: Elaboración propia

Tabla 128: Resultados de nivel de riesgo

RANGO		NIVEL	
<b>0.13</b>	$\leq R <$	<b>0.07</b>	MUY ALTO
<b>0.07</b>	$\leq R <$	<b>0.05</b>	ALTO
<b>0.05</b>	$\leq R <$	<b>0.03</b>	MEDIO
<b>0.03</b>	$\leq R <$	<b>0.01</b>	BAJO

Fuente: Elaboración propia

## 8.2. ESTRATIFICACIÓN DE NIVEL DE RIESGO

Tabla 129: Estratificación de nivel de riesgo

DESCRIPCIÓN	RANGO	NIVEL
La superficie del río está canalizado, fondo uniforme, con cercanía al cauce ( $D < 30m$ ), con intensidad de lluvia muy fuerte ( $30 \text{ mm/hr} \leq I < 60 \text{ mm/hr}$ ) con pendiente ( $PEN < 4\%$ ), presenta un grupo etario de 0-5 y $> 65$ años, con discapacidad tanto mental o intelectual y visual, no posee ningún tipo de seguro. Material de construcción tanto de paredes y techo de adobe y/o piedra con barro, esteras y/o cartón. Tipo de vivienda no destinado para habitación, otro tipo.	$0.13 \leq P < 0.07$	MUY ALTO
Áreas con intervención antrópica, con cercanía al cauce ( $30m \leq D < 80m$ ), con intensidad de lluvia fuerte ( $15 \text{ mm/hr} \leq I < 30 \text{ mm/hr}$ ), con pendiente ( $5\% \leq PEN < 15\%$ ) presenta un grupo etario de 5-14 y 60-64 años, con discapacidad para usar brazos y piernas, posee un seguro de ESSALUD y SIS. Material de construcción tanto de paredes y techo quincha (caña con barro) y madera y/o caña, estera y/o paja, hojas de palmera respectivamente. Tipo de vivienda choza o cabaña, vivienda improvisada	$0.07 \leq P < 0.05$	ALTO
Zonas cultivadas, cultivos sembrados, con cercanía al cauce ( $80m \leq D < 150m$ ), con intensidad de lluvia moderada ( $2.1 \text{ mm/hr} \leq I < 15 \text{ mm/hr}$ ), con pendiente ( $16\% \leq PEN < 25\%$ ), presenta grupo etario de 15-19 y 45-59 años, con discapacidad para oír y/o hablar, posee un seguro de tipo FFAA-PNP. Material de construcción tanto de paredes y techo madera y plancha de calamina y/ teja respectivamente. Tipo de vivienda en quinta y/o en casa vecinal.	$0.05 \leq P < 0.03$	MEDIO
Zonas arbustivas, con cercanía al cauce ( $150m \leq D < 300m$ ), con intensidad de lluvia débil ( $I < 2 \text{ mm/hr}$ ), con pendiente ( $26\% \leq PEN < 50\%$ ), presenta grupo etario de 20-49 años, con ninguna discapacidad, posee seguro privado u otro tipo. Material de construcción tanto de paredes y techo ladrillo, bloque, cemento. Tipo de vivienda casa independiente o departamento en edificio.	$0.03 \leq P$	BAJO

Fuente: Elaboración propia

## 8.3. RESULTADOS DE MAPA DE NIVEL DE RIESGO

Esta es la parte final de nuestra evaluación, se estima el impacto de zonas ribereñas al río Qochoq de la ciudad de Calca causadas por la inundación para diferentes periodos de retorno. (Ver anexo I-Mapa N°24 al 26)





## CONCLUSIONES

1. Geomorfológicamente, la subcuenca Qochoq es variada, se caracteriza por presentar valles, laderas, planicies, terrazas y conos de deyección. La ciudad de Calca se emplaza en un cono aluvial disectada por el río Qochoq que desemboca en el río Vilcanota, hacia sus extremos se encuentran los nevados Pituisiray, Sarasiray y Colquecruz.
2. La subcuenca Qochoq se caracteriza geológicamente por presentar formaciones rocosas del paleozoico inferior y superior, del cretácico y cuaternarios; constituidas por pizarras, esquistos, cuarcitas y areniscas que afloran en la parte norte de la cuenca, en la zona sur afloran rocas del paleozoico superior grupo Mitu que constituyen las partes altas de los nevados, estructuralmente presenta dos fallas llanchu y totora con dirección de NW a SE las cuales no ejercen influencia directa en la zona de estudio puesto que no son relativamente activas, de la misma manera la zona de estudio está conformado por depósitos cuaternarios pertenecientes a los depósitos coluviales compuesto por materiales inconsolidados de bloques, gravas en una matriz limo-arcillosa
3. A nivel de la subcuenca Qochoq se determinó que la pendiente es fuertemente empinada con 25%-50% lo que indica que, debido a altas precipitaciones, las velocidades de flujo también son altas; en la zona de estudio la pendiente es allanada con 0-2% en consecuencia, esta zona se considera propensa a inundarse.
4. Mediante la evaluación hidrológica e hidráulica se logró obtener el caudal de diseño para diferentes periodos de retorno:
  - Para  $T_r=50$  años  $Q=84.17 \text{ m}^3/\text{s}$ .
  - Para  $T_r=100$  años  $Q=117.04 \text{ m}^3/\text{s}$ .
  - Para  $T_r=500$  años  $Q= 202.63 \text{ m}^3/\text{s}$ .



5. Identificado los niveles de peligro por inundación para diferentes periodos de retorno se tiene:
- **Tr=50 años**, el modelamiento inicia en la antigua planta de tratamiento de agua presentando una canalización natural y angosta con un tirante que varía de 0.5 m a 1 m con una velocidad de 1.4 m/s a 1.7 m/s. lo que conlleva al inicio de inundación de la ciudad Calca. En el tramo de la canalización del río Qochoq los tirantes varían de 1.5 m a 2.8 m con una velocidad de 3.6 m/s a 4.2 m/s y así los niveles alcanzados rebasarían las secciones de los tramos canalizados que atraviesa la ciudad, por lo tanto, el Peligro por inundación es medio.
  - **Tr=100 años**, en la parte inicial del modelamiento presenta un tirante que varía de 0.73 m a 1.5 m con una velocidad de 4.1 m/s a 6.2 m/s. En el tramo de la canalización del río Qochoq los tirantes varían de 1.2 m a 3.1 m con una velocidad de 4.1 m/s a 6.2 m/s ya que los niveles alcanzados rebasarían las secciones de los tramos canalizados que atraviesa la ciudad, por lo tanto, el Peligro por inundación es alto.
  - **Tr=500 años**, en la parte inicial presenta un tirante que varía de 0.75 m a 1.6 m con una velocidad de 4.8 m/s a 7.1m/s, lo que conlleva a la inundación fuerte en la ciudad. En el tramo de la canalización del río Qochoq los tirantes varían de 3 m a 4.4 m con una velocidad de 4.8 m/s a 7.1 m/s, por lo tanto, el desborde será más fuerte y el Peligro por inundación es muy alto.
6. Se identificaron las zonas vulnerables en la zona de estudio en función a su dimensión social y económica, debido a que la mayoría de edificaciones y/o viviendas presentan uno y dos niveles, todas construidas con materiales de adobe y material noble; dentro de la dimensión económica, respecto al estado de conservación 88% de las



edificaciones expuestas a inundaciones están entre regular, malo y muy malo, solo el 12% están en buen y muy buen estado, aspecto que expresa la deficitaria actitud de la población respecto al riesgo de inundación.

7. Las zonas ribereñas al río Qochoq de la ciudad Calca presenta un nivel de riesgo de inundación medio para  $Tr=50$  años y riesgo alto para  $TR=100$  y  $500$  años debido a que afectaría infraestructuras importantes como los colegios Humberto Luna, Nuestra Señora de Belén, Cesar Vallejo, la Plaza Principal, Comisaria, Municipalidad Provincial, Gobernatura y viviendas.



## RECOMENDACIONES

1. Realizar la limpieza del cauce (descolmatación) del río Qochoq, no solo en el tramo que cruza la ciudad sino a lo largo del valle Qochoq, ya que se observa que cada periodo de crecida del río acarrea y acumula material detrítico.
2. La utilización de datos de precipitación tiene que ser completo por lo que es necesario determinar con mayor precisión el volumen total de la precipitación y la distribución espacial, ya que la lluvia no es uniforme en toda la cuenca.
3. Las autoridades competentes (Municipalidad de Calca, Gobierno Regional de Cusco, INDECI, SENAMHI, etc.) tienen que tomar atención en aperturar e implementar la estación de Calca para realizar estudios más precisos de la zona.
4. Es necesario que la autoridad competente haga cumplir las normas establecidas sobre las fajas marginales del río Qochoq para así poder evitar poner en riesgo a la población de Calca.
5. Fortalecer las capacidades de la población en materia de inundación, contemplando aspectos relacionados con el sistema de alerta temprana, rutas de evacuación y zonas seguras ante inundaciones.



## GLOSARIO

1. - **ESCORRENTÍA**: Parte de la precipitación que se presenta en forma de flujo en un curso de agua.
2. **ANÁLISIS DE RIESGOS**: Procedimiento técnico, que permite identificar y caracterizar los peligros, analizar las vulnerabilidades, calcular, controlar, manejar y comunicar los riesgos, para lograr un desarrollo sostenido mediante una adecuada toma de decisiones en la Gestión del Riesgo de Desastres.
3. **ASCCI**: Es el acrónimo que corresponde a la expresión inglesa American Standard Code for Information Interchange. Dicha frase puede traducirse como Código Estándar Americano para el Intercambio de Información. Se trata de un patrón de codificación que se emplea en el ámbito de la informática.
4. **BONDAD DE AJUSTE**: La bondad de ajuste de un modelo estadístico describe lo bien que se ajusta un conjunto de observaciones. Las medidas de bondad en general resumen la discrepancia entre los valores observados y los valores esperados en el modelo de estudio. Tales medidas se pueden emplear en el contraste de hipótesis, e.g. el test de normalidad de los residuos, Kolmogorov-Smirnov, Chi cuadrada).
5. **CÁLCULO DE RIESGOS**: Etapa de la evaluación de riesgos, en la que se determina los niveles de riesgos, se estima (cualitativa y cuantitativa) los daños o afectaciones, se elabora el mapa de zonificación del nivel de riesgos y se recomiendan medidas de control preventivo y de reducción de orden estructural y no estructural.
6. **CENEPRED**: Centro Nacional de Estimación, Prevención y Reducción del Riesgo de Desastres.
7. **COEFICIENTE DE CORRELACIÓN “R”**: Es el estadístico que permite medir el grado de asociación de dos variables linealmente relacionadas.



8. **CUENCA HIDROGRÁFICA:** La superficie de terreno cuya escorrentía superficial fluye en su totalidad a través de una serie de corrientes, ríos y, eventualmente, lagos hacia el mar por una única desembocadura.
9. **CURVA HIPSOMÉTRICA:** Curva que muestra la fracción de la superficie de una cuenca fluvial situada por encima de una cota determinada.
10. **CURVA INTENSIDAD – DURACIÓN – FRECUENCIA:** Es un elemento de diseño que relacionan la intensidad de la lluvia, la duración de la misma y la frecuencia con la que se puede presentar, es decir su probabilidad de ocurrencia o el periodo de retorno.
11. **DETERMINACIÓN DE PELIGROS:** Etapa de la evaluación de riesgos, en la que se identifica y caracteriza los peligros, se evalúa la susceptibilidad de los peligros, se define los escenarios, se determina el nivel de peligrosidad y se elabora el mapa del nivel de peligrosidad.
12. **ESCORRENTÍA DIRECTA:** Flujo que se incorpora sin retraso a un curso de agua después de una precipitación.
13. **HIDRÁULICA:** Es una rama de la física y la ingeniería que se encarga del estudio de las propiedades mecánicas de los fluidos. Todo esto depende de las fuerzas que se interponen con la masa (fuerza) y empuje de la misma.
14. **HIDROGRAMA:** Gráfico que permite ver el comportamiento del caudal acumulado durante la tormenta a través del tiempo de la misma.
15. **HIDROGRAMA SINTÉTICO:** Es un hidrograma sintético que se obtienen usando las características fisiográficas y parámetros de la cuenca de interés. Su finalidad es representar o simular un hidrograma representativo del fenómeno hidrológico de la cuenca, para determinar el caudal pico para diseñar.



16. **HIDROGRAMA UNITARIO:** Es un método lineal propuesto por Sherman en 1932, es un hidrograma típico para la cuenca. Se denomina unitario puesto que, el volumen de escorrentía bajo el hidrograma se ajusta generalmente a 1 cm.
17. **HIDROLOGÍA:** Es la ciencia geográfica que se dedica al estudio de la distribución, espacial y temporal, y las propiedades del agua presente en la atmósfera y en la corteza terrestre. Esto incluye las precipitaciones, la escorrentía, la humedad del suelo, la evapotranspiración y el equilibrio de las masas glaciares.
18. **HIETOGRAMA:** Gráfico que permite conocer la precipitación de un lugar a través del tiempo de la tormenta.
19. **INDECI:** Instituto Nacional de Defensa Civil.
20. **INUNDACIÓN:** Una inundación es la ocupación por parte del agua de zonas que habitualmente están libres de esta por desbordamiento de ríos, torrentes o por lluvias torrenciales, deshielo, por subida de las mareas por encima del nivel habitual.
21. **LABANI:** Ingeniería de la Tierra S.A.C
22. **LAG TIME:** Tiempo de retraso.
23. **MDT:** Modelo digital de terreno, es una estructura numérica de datos que representa la distribución espacial de una variable cuantitativa y continua.
24. **MODELO HIDROLÓGICO:** Los modelos hidrológicos se presentan como una necesidad y una herramienta para conocer mejor el funcionamiento y el comportamiento de las diferentes componentes del ciclo hidrológico. Como consecuencia de ello, los modelos hidrológicos se usan: Como herramienta para la gestión y planeamiento, para una mayor comprensión del rol de los componentes del ciclo hidrológico en una determinada cuenca, para extrapolar potenciales condiciones futuras a partir de condiciones actuales.



25. **N-MANNING:** Es una de las formas de expresar la cantidad de resistencia al movimiento del agua en cauces, naturales o artificiales. Este coeficiente de resistencia al flujo es muy variable porque depende de una serie factores como la vegetación, irregularidad, obstrucciones, nivel, caudal, régimen de circulación, entre otros.
26. **ORTOFOTO:** Es la presentación fotográfica de una zona de la superficie terrestre, en la que todos los elementos están en la misma escala, libre de errores y deformaciones, con la misma validez de un plano cartográfico.
27. **PDU:** Plan de Desarrollo Urbano de la ciudad Calca.
28. **PELIGRO:** Probabilidad de que un fenómeno, potencialmente dañino, de origen natural o inducido por la acción humana, se presente en un lugar específico, con una cierta intensidad y en un período de tiempo y frecuencia definidos.
29. **PNUD:** Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo.
30. **REGRESIÓN LINEAL SIMPLE:** También denominado ajuste lineal es un modelo matemático usado para aproximar la relación de dependencia entre una variable dependiente Y, las variables independientes Xi y un término aleatorio  $\epsilon$ . Es el modelo más simple y común, basado en la suposición de que dos variables se relacionan en forma lineal.
31. **SOIL CONSERVATION SERVICE (SCS):** Agencia federal de estados Unidos que trabaja en asociación con el pueblo americano para conservar y mantener los suelos y recursos naturales.
32. **VULNERABILIDAD:** Es la susceptibilidad de la población, la estructura física o las actividades socioeconómicas, de sufrir daños por acción de un peligro. La vulnerabilidad puede ser explicada por tres factores: Exposición, Fragilidad y Resiliencia.





33. **RIESGO:** Es una medida de la magnitud de los daños frente a una situación peligrosa. El riesgo se mide asumiendo una determinada vulnerabilidad frente a cada tipo de peligro. Se debe distinguirse adecuadamente entre peligrosidad y (probabilidad de ocurrencia de un peligro), vulnerable (probabilidad de ocurrencia de daños dado que se ha presentado un peligro) y riesgo (propiamente dicho).
34. **TIEMPO DE CONCENTRACIÓN:** Es el tiempo requerido por una gota para recorrer desde el punto hidráulicamente más lejano hasta la salida de la cuenca. Transcurrido el tiempo de concentración se considera que toda la cuenca contribuye a la salida.



## BIBLIOGRAFÍA

- Aplicada, H. (1994). Ven Te Chow. D Maldment y L Mays.
- Benavente Escobar, C. L., & Delgado Madera, G. F. (2011). *Evaluación de peligros geológicos en la microcuenca de Ccochoc, provincia de Calca–región Cusco*.
- Benavente, R., & Fernández, B. C. 2004 “*Estudio del Mapa de Peligros de la Ciudad del Cusco*”
- Bladé, E., Cea, L., Corestein, G., Escolano, E., Puertas, J., Vázquez-Cendón, E., ... & Coll, A. (2014). Iber: herramienta de simulación numérica del flujo en ríos. *Revista Internacional de Métodos Numéricos para Cálculo y Diseño en Ingeniería*, 30(1), 1-10.
- Burgos, V. H., Martínez, L., & Salcedo, A. P. *Actualización del mapa de CN (número de curva) del Gran Mendoza*.
- Carlotto, V., Gil, W., Cárdenas, J., & Chávez, R. (1996). Geología de los cuadrángulos de Urubamba y Calca. INGEMMET. *Boletín, Serie A: Carta Geol. Nac*, 65, 245.
- Castellet, E. B., Cea, L., & Corestein, G. (2014). Modelización numérica de inundaciones fluviales. *Ingeniería del agua*, 18(1), 71-82.
- Ccamato, C., & Aidee, S. (2018). “*Relación entre la gestión de los servicios de saneamiento desde el área técnica municipal y la prestación de los servicios en el ámbito rural de las juntas administradoras de servicios de saneamiento (jass) la Municipalidad provincial de Calca-cusco, 2018*”.
- Chiroque, C., & Lavado, H. (2016). *Aspectos geológicos y geodinámicos de flujos aluvionales en la quebrada Jicamarca y análisis de la vulnerabilidad para la implementación de un Sistema de Alerta Temprana (SAT) en el centro poblado Cajamarquilla*.



- Cortijo, O. L. (2009). *Metodología para el análisis de vulnerabilidad y riesgo ante inundaciones y sismos, de las edificaciones en centros urbanos.*
- Cuervo Muñoz, A. E. (2012). *Comparación de los modelos hidráulicos unidimensional (HEC-RAS) y bidimensional (IBER) en el análisis del rompimiento de presas de materiales sueltos* (Master's thesis, Universitat Politècnica de Catalunya).
- Cusco, D. D. C. R., Participativo, P. P., & de Desastres, G. L. D. R. *Componente de la Gestión de Riesgos para el Ordenamiento Territorial de la ciudad de Calca Distrito Calca, Región Cusco, Perú.*
- Díez-Herrero, A., Laín-Huerta, L., & Llorente-Isidro, M. (2008). *Mapas de peligrosidad por avenidas e inundaciones.* Guía metodológica para su elaboración.
- Huaraca, P., & Lucía, E. (2018). *El control interno y el desempeño institucional en el Centro Nacional de Estimación, Prevención y Reducción del Riesgo de Desastres- CENEPRED-Lima 2018.*
- Isidro, M. L., & A Díez-Herrero, L. (2008). *Aplicaciones de los SIG al análisis y gestión del riesgo de inundaciones: avances recientes. Cuadernos de la SECF, (29).*
- Jardón A., Marini S. & Oliva A. (2016). *Hidrostatica Hidrodinamica.* Mayo 28, 2018, de Universidad Nacional de Rosario Sitio web: <http://rephip.unr.edu.ar/bitstream/handle/2133/5672/740116%20FISICA%20Hidrostatica-Hidrodinamica.pdf?sequence=2>
- LABANI-Ingeniería de la Tierra. (2015). *Evaluación del riesgo por desastre de la ciudad de Calca.* Municipalidad Provincial de Calca.
- Leopold, L.B., Wolman, M.G., and Miller, J.P. (1964). *Fluvial processes in geomorphology:* San Francisco, W.H. Freeman and Co., 522 p.



- Ley N° 29664 El Peruano, Lima, Perú, 18 febrero de 2011.
- Lima, N. (2016). *Estudio Hidrológico – Haqira*. (Estudio Hidrológico). Municipalidad de Haqira. Cusco
- Lima, N. (2016). *Estudio Hidrológico – Huancascca*. (Estudio Hidrológico). Municipalidad de Haqira. Cusco
- Lima, N. Y Bengoa S. (2015). *Evaluación por comparación y contrastación de la Eficacia del “Modelo Hidrológico de generación de Caudales Medios Mensuales de Lutz Scholz”, en la Cuenca Alta del Río Apurímac hasta la Estación la Angostura* (tesis de pregrado). Universidad Andina del Cusco. Cusco.
- Linsley, Kohler, & Paulus. (1977). *Hidrología para Ingenieros*. Bogotá, Colombia: McGraw-Hill Latinoamericana, S.A.
- Llamas (1993) *Hidrología General*. Edición española, Servicio Editorial Universidad del País Vasco, 635 p.
- Llanos L. & Álvarez P. (2014). *RClimTool: Una aplicación libre para el análisis de series climatológicas*. Abril 23,2018, de Clima y sector Agropecuario colombiano  
Sitio web: <http://www.aclimatecolombia.org/rclimtool-una-aplicacion-libre-para-el-analisis-de-series-climatologicas/>
- Meléndrez, C., & Gusmán, J. (2014). *Evaluación de riesgos de desastres en el asentamiento humano San José del Huito de la ciudad de Jaén-Cajamarca ante peligro de inundación*.
- Municipalidad Distrital de Calca. (2017). *Plan de Desarrollo Urbano 2017-2021*, Cusco, Perú.



- Nina Mamani, R., & Almanza Ascue, M. (2018). *Evaluación del peligro de inundación ocasionado por el río Vilcanota en el Centro Poblado de Písac*, Cusco 2018
- PER, P. I. P., Sostenibles, C., Llosa, J. L. P., Atkings, A., Horiuchi, J. K., Galleno, A. P., ... & Tupayachi, A. M. Estudio: “*Mapa de peligros de la ciudad de Calca*”
- PER, P. I. P., Sostenibles, C., Llosa, J. L. P., Atkings, A., Horiuchi, J. K., Galleno, A. P., ... & Tupayachi, A. M. Estudio: “*Mapa de peligros de la ciudad de Urubamba*”
- PER, P. I. P., Sostenibles, C., Llosa, J. L. P., Atkings, A., Horiuchi, J. K., Galleno, A. P., ... & Tupayachi, A. M. Estudio: “*Mapa de peligros de la ciudad de Pisac*”
- López Cuenca y Zevallos (2008). *Estudio Geológico Geodinámico Sub Cuenca Cochoc. 2018* -Municipalidad Provincial de Calca.
- Resolución Jefatural N° 112-2014-CENEPRED/J, Lima, Perú, 31 de diciembre del 2014.
- Resolución Jefatural N° 317-2006-INDECI. El Peruano, Lima, Perú, 26 febrero de 2006.
- Resolución Ministerial N° 088-2012-PCM. CENEPRED, Lima, Perú, 23 abril de 2012.
- Resolución Ministerial N° 276-2012-PCM. CENEPRED-INDECI, Lima, Perú, 24 octubre de 2012.
- Resolución Ministerial N° 334-2012-PCM. CENEPRED, Lima, Perú, 28 diciembre de 2012.
- Ruiz-Villanueva, V., Bladé, E., Sánchez-Juny, M., Marti-Cardona, B., Díez-Herrero, A., & Bodoque, J. M. (2014). Two-dimensional numerical modeling of wood transport. *Journal of Hydroinformatics*, 16(5), 1077-1096.



- Saaty, T.L. (1994). *How to make a decision: the analytic hierarchy process*. University of Pittsburgh.
- Saaty, T.L. (2001). *The seven pillars of the analytic hierarchy process*. University of Pittsburgh.
- SENAMHI. (s/f). *Mapa del Número de Curva*. Diciembre 28,2017, de senamhi.gob.pe Sitio web: <http://senamhi.gob.pe/?p=estudios>.
- SIGRID. (2018). *Informe Técnico N° A6840 Evaluación Geológica por inundación en los sectores de Villa Ancayo y Unión Progreso, Región Junín, Provincia Satipo, Distrito Pampa Hermosa, Paraje Villa Ancayo - Unión Progreso*. Octubre 10,2018, de Sigrid. CENEPRED Sitio web: <https://sigrid.cenepred.gob.pe/sigridv3/documento/4263>
- SINAGERD, P., & SGRD, C. (2014). INDECI. *Plan Nacional De Gestión Del Riesgo De Desastres PLANAGERD, 2021*.
- Smith, R. y Campuzano, C. (2000). *Análisis exploratorio para la detección de cambios y tendencias en series hidrológicas*. XIV Seminario Nacional de Hidráulica e Hidrología.
- SNYDER, F.F. *Syntethic Unit Graphs*. Transaction of the American Geophysical Union. Estados Unidos. 1938.
- Vélez J. & Botero A. (2010). *Estimación del Tiempo de Concentración y Tiempo de Rezago en la Cuenca Experimental Urbana de la Quebrada San Luis, Manizales*. Abril 30,2018, de [scielo.org](http://www.scielo.org) Sitio web: <http://www.scielo.org.co/pdf/dyna/v78n165/a06v78n165.pdf>
- Ven Te Chow, David R. Maidment, Larry W. Mays, (1994). *Hidrología Aplicada*. McGraw Hill Interamericana S.A.



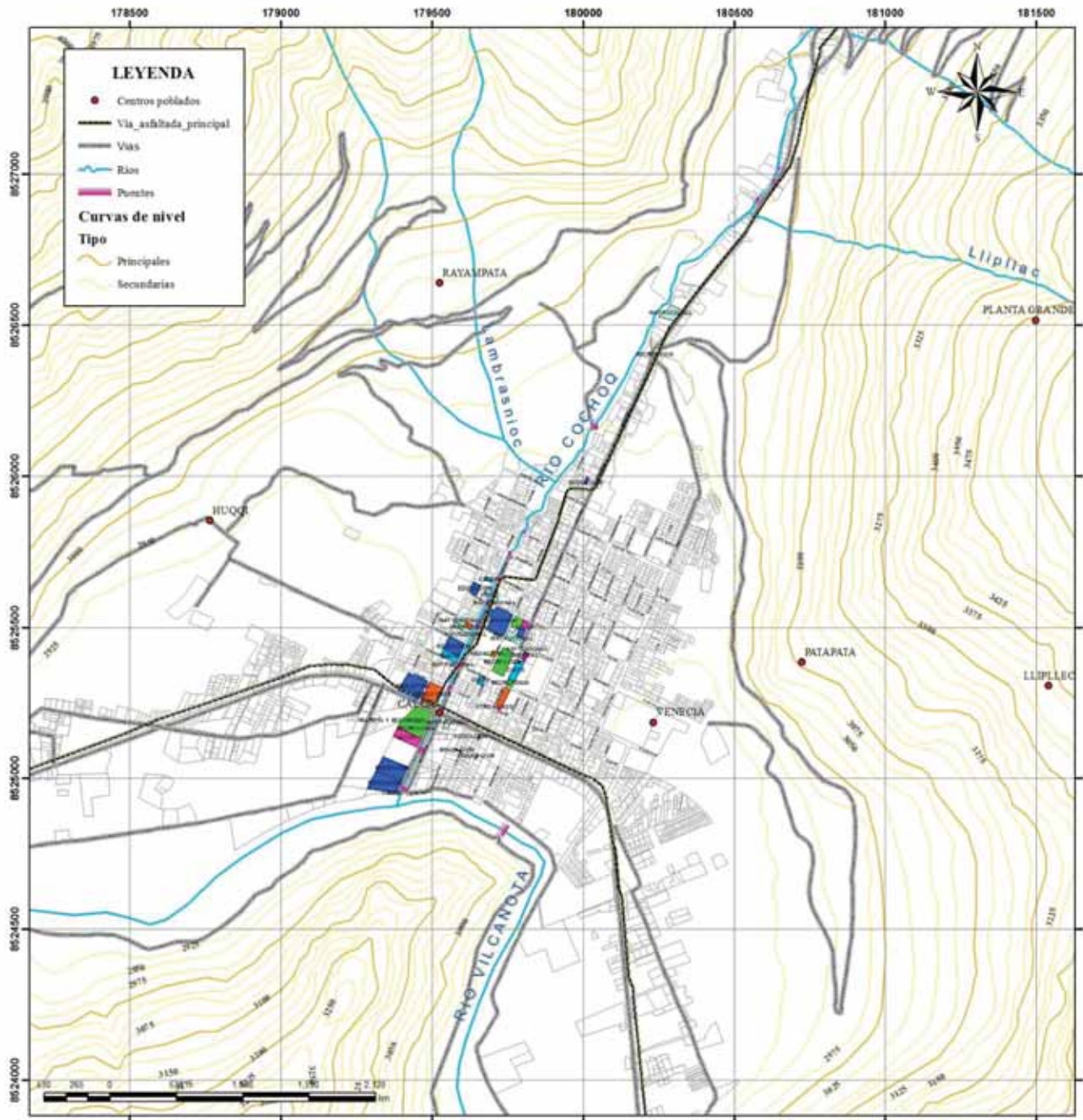
- Villón, M. (2002). *Caudales máximos, En Hidrología* (2ª ed.) (pp.49 – 63, 269). Lima: Editorial Villón.
- Villón, M. (2002). *Hidrología*. Lima: Editorial Villón.
- Villón, M. (2010). *HEC-HMS Ejemplos*. 2da ed. Lima: Max Soft



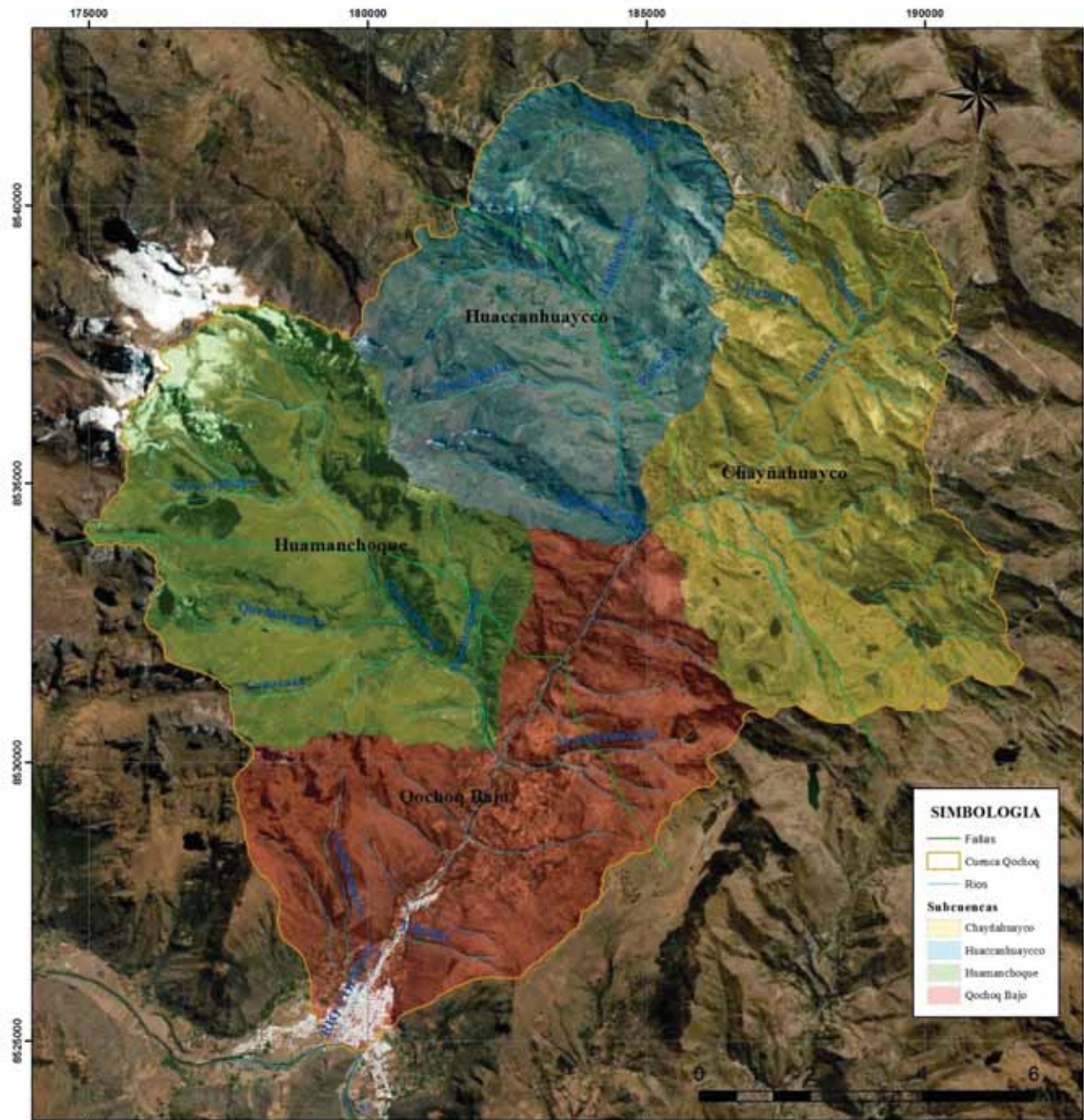
# ANEXO I

## MAPAS

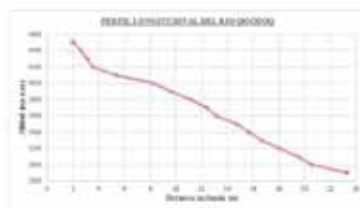
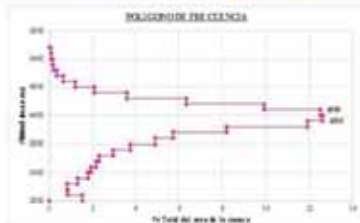




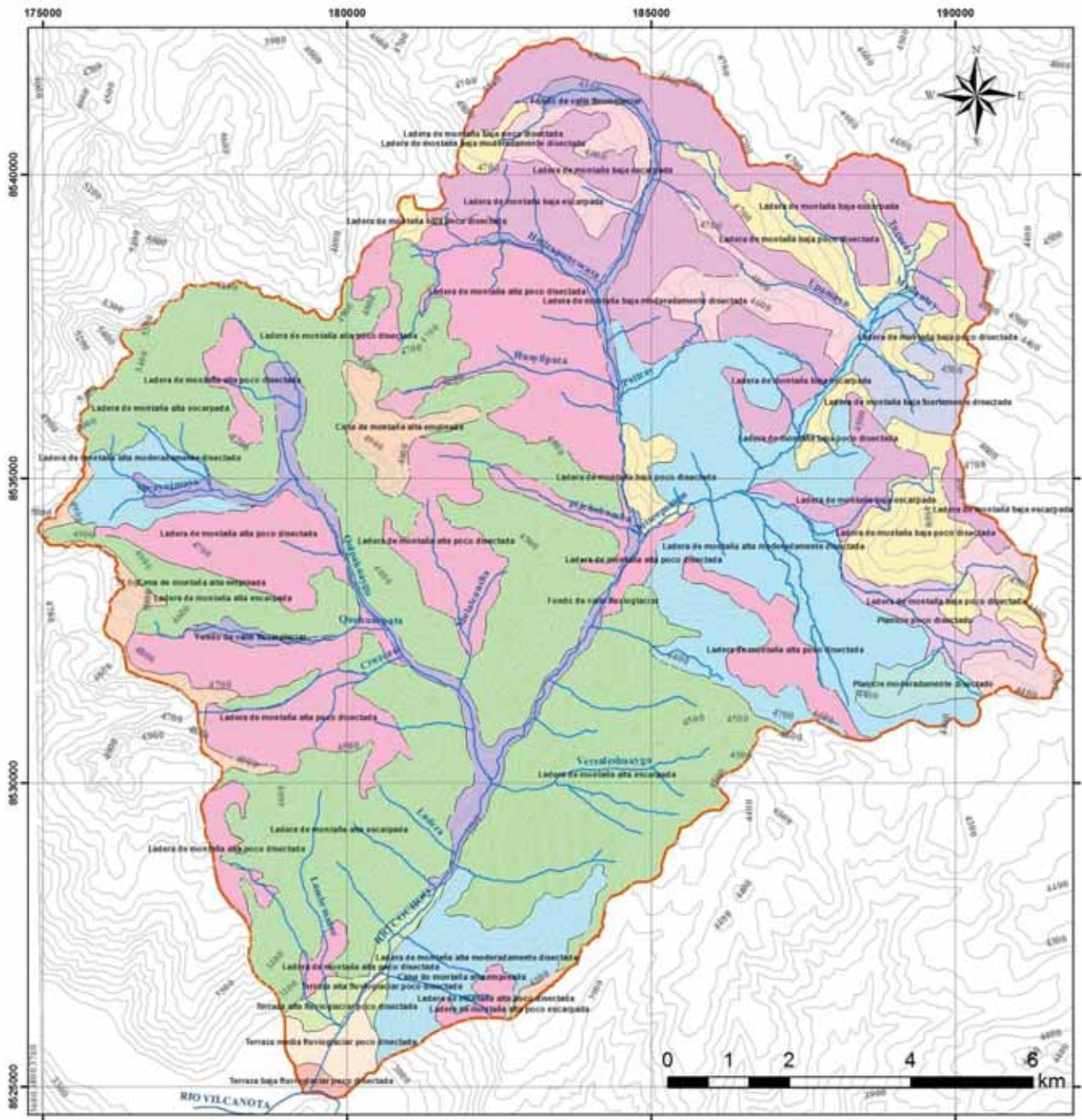
 UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABAAD DEL CUSCO		
FACULTAD DE INGENIERIA GEOLOGICA, MINAS Y METALURGICA		
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA GEOLOGICA		
<small>“EVALUACION HIDROLOGICA E HIDRAULICA CON EL MEDIO TIERRA PARA DETERMINAR EL RIESGO POR INUNDACION EN LA POBLACION RESERVA AL RIO COCHAC, PROVINCIA CALCA - REGION CUSCO 2017”</small>		
<b>MAPA DE UBICACION</b>		
UBICACION:	ELABORADO POR:	RECALA RECOMENDADA:
DIST: CALCA	SEQUIROS CUBA MATUMI NADRA	<b>MAPA-01</b>
PROV: CALCA	FARFAN ENCALADA SUSAN LUCERO	
DEP: CUSCO	SIST COORD: WGS84 - ZONA 18	



PARAMETROS MORTOMÉTRICOS			
	SYMBOL	UNIDAD	VALOR
<b>1. ELEMENTOS DE LA SUPERFICIE</b>			
AREA TOTAL DE LA CUENCA	A	Km <sup>2</sup>	165.03
<b>2. ELEMENTOS DE DISTANCIA</b>			
PERIMETRO	P	Km	64.67
LONGANIAL	L.A	Km	17.89
ANCHO PROMEDIO	AP	Km	9.22
CENTRO DE GRAVEDAD	LATITUD	grados	13°14' 21.0366"S
	LONGITUD	grados	71°55' 21.0829"O
<b>3. ELEMENTOS DE FORMA</b>			
FACTOR FORMA	FF		0.52
COEFICIENTE DE COMPACTAD	Kc		1.43
<b>RECTANGULO EQUIVALENTE:</b>			
LADO MAYOR	L	Km	26.18
LADO MENOR	l	Km	6.30
<b>4. ELEMENTOS DE RELIEVE</b>			
ALTITUD MAXIMA	Hmax	m.s.n.m	5600
ALTITUD MINIMA	Hmin	m.s.n.m	2900
<b>CURVA HIPSOMETRICA</b>			
ALTITUD MEDIA	Hm	m.s.n.m	4200
ELEVACION MEDIA	Em	m.s.n.m	4219.06
<b>POLIGONO DE FRECUENCIA</b>			
ALTITUD MAS FRECUENTE	Mh	m.s.n.m	4300-4500



	UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABAAD DEL CUZCO		
	FACULTAD DE INGENIERIA GEOLOGICA, MINAS Y METALURGIA A		
	ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA GEOLOGICA		
EVALUACION HIDROLOGICA E HIDRAULICA CON EL MODELO DIERO PARA DETERMINAR EL RIESGO POR FUNDACION EN LA POBLACION RIBERENA AL RIO QOCHOSQO, PROVINCIA CALCA - REGION CUSCO 2017			
<b>MAPA HIDROGRAFICO</b>			
UBICACION:	ELABORADO POR:		ESCALA: REDUCIDA
DIR: CALCA	SIQUEIROS CUBA MAYUMI NARRIA		<b>MAPA-02</b>
PROV: CALCA	FARFAN ESCALADA SUJAN LUCERO		
DEP: CUSCO	SIST. COORD:	WGS84 - ZONA 19S	



GEOMORFOLOGÍA	AREA (km <sup>2</sup> )	%
Cima de montaña alta empinada	3.55	2.15
Fondo de valle fluvio-glaciar	6.46	3.91
Ladera de montaña alta escarpada	55.26	33.48
Ladera de montaña alta moderadamente disectada	23.97	14.52
Ladera de montaña alta poco disectada	29.61	17.94
Ladera de montaña alta poco escarpada	0.02	0.01
Ladera de montaña baja escarpada	20.35	12.33
Ladera de montaña baja fuertemente disectada	2.36	1.43
Ladera de montaña baja moderadamente disectada	6.77	4.10
Ladera de montaña baja poco disectada	10.62	6.43
Planicie moderadamente disectada	1.25	0.76
Planicie poco disectada	1.76	1.06
Terraza alta fluvio-glaciar poco disectada	1.36	0.83
Terraza baja fluvio-glaciar poco disectada	0.31	0.19
Terraza media fluvio-glaciar poco disectada	1.39	0.84
<b>SUMATORIA</b>	<b>165.05</b>	<b>100.00</b>

**LEYENDA**

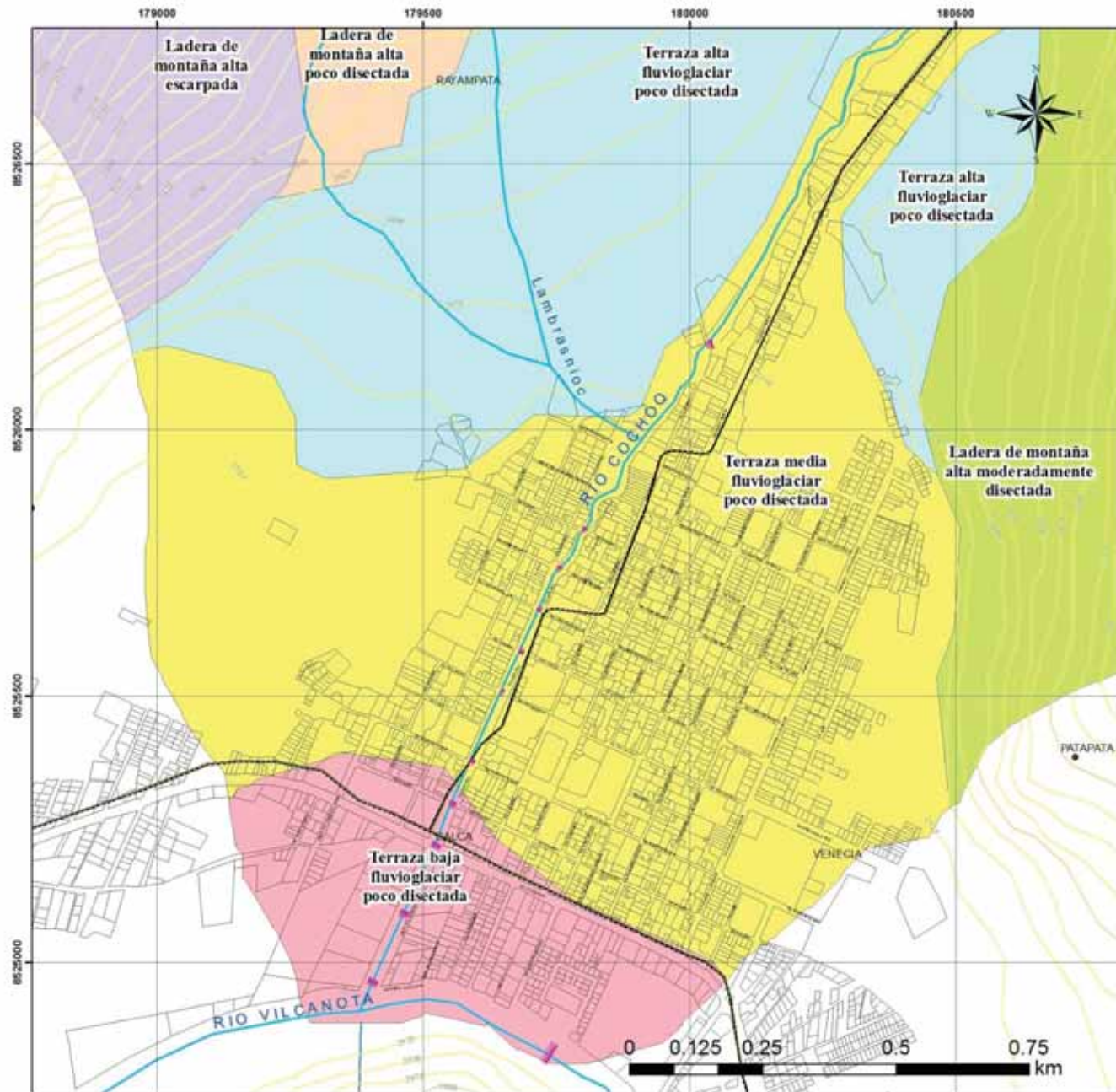
- Rio
- Curva de nivel
- Curva Quebrada



**Geomorfología**

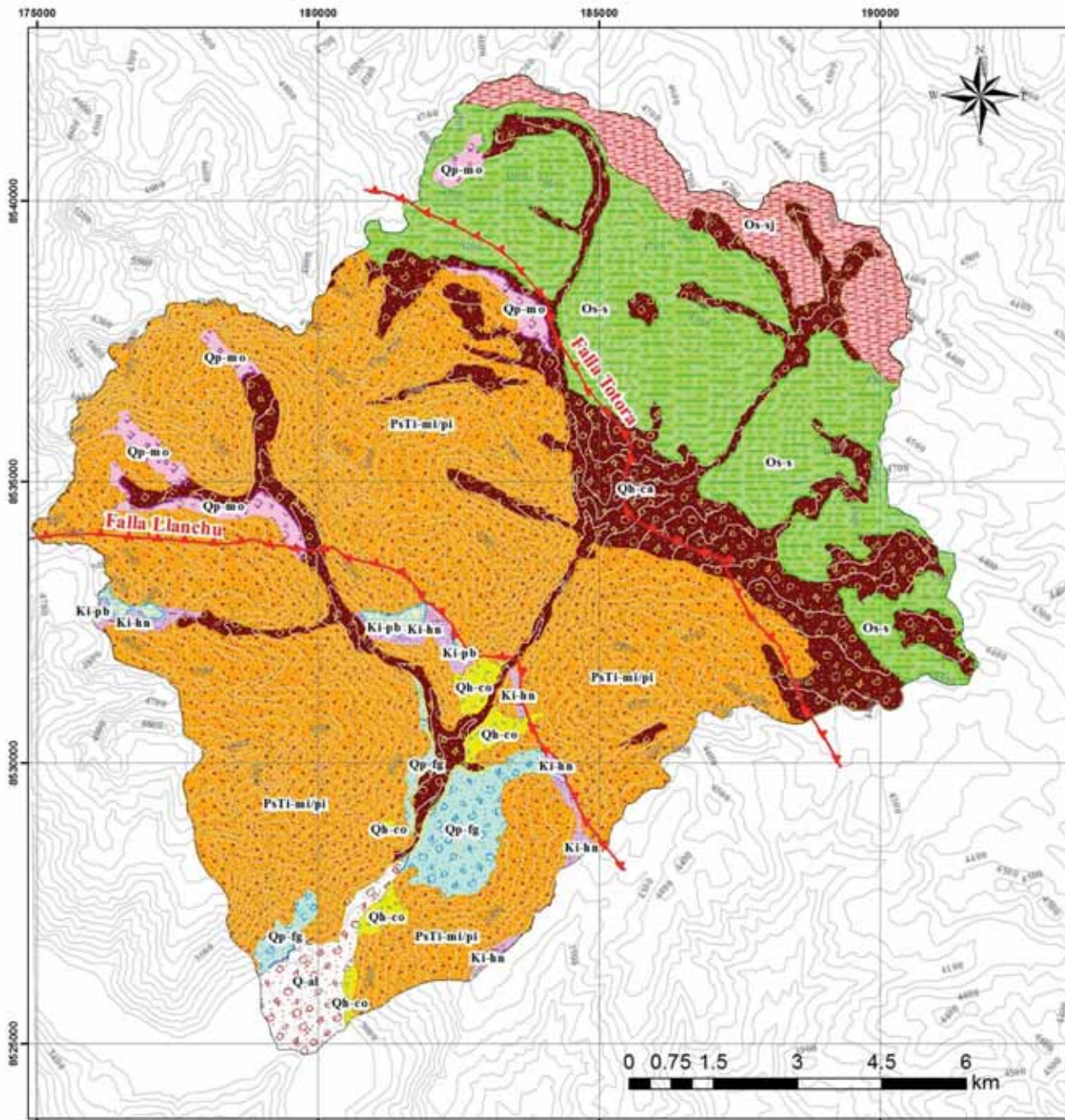
**Descripción**

- Cima de montaña alta empinada
- Fondo de valle fluvio-glaciar
- Ladera de montaña alta escarpada
- Ladera de montaña alta moderadamente disectada
- Ladera de montaña alta poco disectada
- Ladera de montaña alta poco escarpada
- Ladera de montaña baja escarpada
- Ladera de montaña baja fuertemente disectada
- Ladera de montaña baja moderadamente disectada
- Ladera de montaña baja poco disectada
- Planicie moderadamente disectada
- Planicie poco disectada
- Terraza alta fluvio-glaciar poco disectada
- Terraza baja fluvio-glaciar poco disectada
- Terraza media fluvio-glaciar poco disectada

	UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABAAD DEL CUSCO	
	FACULTAD DE INGENIERIA GEOLOGICA, MINAS Y METALURGICA	
	ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA GEOLOGICA	
EVALUACION HIDROLOGICA E HIDRAULICO CON EL MUELLO DEBRO PARA DETERMINAR EL RIESGO POR INUNDACION EN LA POBLACION RIBERENA AL RIO QUORQ, PROVINCIA CALCA - REGION CUSCO 2017		
<b>MAPA GEOMORFOLOGICO</b>		
UBICACION:	ELABORADO POR:	REVISAR RECOMENDADA:
DIST: CALCA	SEQUIROS CUBA MATUMI NABRA	<b>MAPA-03</b>
PROV: CALCA	FARFAN ENCALADA SUSAN LUCERO	
DEP: CUSCO	SIST COORD: WGS84 - ZONA 18E	



	UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABADEL CUSCO	
	FACULTAD DE INGENIERÍA GEOLÓGICA, MINAS Y METALÚRGICA	
	ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA GEOLÓGICA	
<small>“EVALUACIÓN HIDROGEOLÓGICA E HIDRÁULICA CON EL APOYO DEL SIG PARA DETERMINAR EL RIESGO POR INUNDACIÓN EN LA POBLACIÓN ERERERKA AL RÍO COCHHOQ, PROVINCIA CALCA - REGIÓN CUSCO 2017”</small>		
<b>MAPA GEOMORFOLÓGICO DE LA ZONA DE ESTUDIO</b>		
UBICACIÓN:	ELABORADO POR:	ESCALA SEGURIDAD:
DIST: CALCA	SEQUEIROS CUBA MAYUMI NAZHA	<b>MAPA-03-A</b>
PROV: CALCA	FARFAN ENCALADA SUSAN LUCERO	
DEP: CUSCO	SIST. COORD: WSG84 - ZONA 19S	



UNIDAD GEOLOGICA	DESCRIPCION LITOLÓGICA	FORMACIÓN	ÁREA	PORCENTAJE (%)
Deposito Aluvial	Cuarta y quinta terrazas erosivas en sustrato de arena, limo y arcilla, con clases subangulosas e subredondeadas con presencia de bloques de roca.	Q-al	1.08	1.07
Deposito Coluvial	Clases angulosas, subangulosas en sustrato de arena y limo en porciones y permeables, ubicadas en laderas escarpadas y piedemontes, con sus superficies de bloques muy angulosas.	Q-co	1.30	1.06
Deposito Coteno Aluvial	Clases cuarcas y granas heterométricas, subangulosas e subredondeadas en sustrato de arena, limo y arcilla porosas y permeables, ubicadas en quebradas, laderas de tipo pedregoso y pedregosas.	Qp-fg	4.36	2.55
Deposito Paroiglaciar	Depositos heterogéneos bien estratificados en sustrato de arena, limo y arcilla, con clases y bloques finos subangulosos e redondeados.	Qp-co	28.94	17.53
Deposito Llanero	Finigranuloso y bloques subangulosos e subredondeados con estratificación, en sustrato arenoso, limo y arcilla.	Qp-so	3.21	1.94
Facies con Basaltos	Areniscas cuarzosas rojas o rojizas intercaladas con lías o lías rojas.	Ki-hn	1.02	1.22
Facies con Lías	Pizos y conglomerados plásticos, gruesos y rugosos sin una estratificación visible, sobre sustratos limos de cuarcas.	Os-s	30.13	18.24
Grupo Mito - Facies con Pizarra	Areniscas y conglomerados, intercalados con lías rojas, congradas por coque aluvial, las zonas anchas con rocas cristalinas.	PsTi-mi-p	32.46	20.56
Facies con Lías Juve	Pizos con Cuarcas y areniscas finas lías.	Os-sj	1.41	4.49
Grupo Vercognat - Facies con Pizarra	Calizas gris oscuras, margas y lías para las escarpas de gredas.	Ki-pb	0.07	0.41



	UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABADEL CUSCO	
	FACULTAD DE INGENIERÍA GEOLOGICA, MINAS Y METALURGICA	
	ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA GEOLOGICA	
EVALUACIÓN HIDROLOGICA E HIDRAULICA CON EL APOYO DEL SERVIDOR PARA DETERMINAR EL RIEGO POR DEFUNDACION EN LA POBLACION RIBERENA AL RIO QUICHUQ, PROVINCIA CALCA - REGION CUSCO 2017		
<b>MAPA GEOLOGICO</b>		
UBICACION:	ELABORADO POR:	RECALIBRACION/EDICION:
DIST: CALCA	SEQUIEROS CUBA MATYMI NABIRA	<b>MAPA-04</b>
PROV: CALCA	FARFAN ENCALADA SUSAN LUCERO	
DEP: CUSCO	SIST. COORD: WGS84 - ZONA 18S	



**LEYENDA**

- Centros\_poblados
- Puentes
- Vía principal
- VIAS
- Ríos

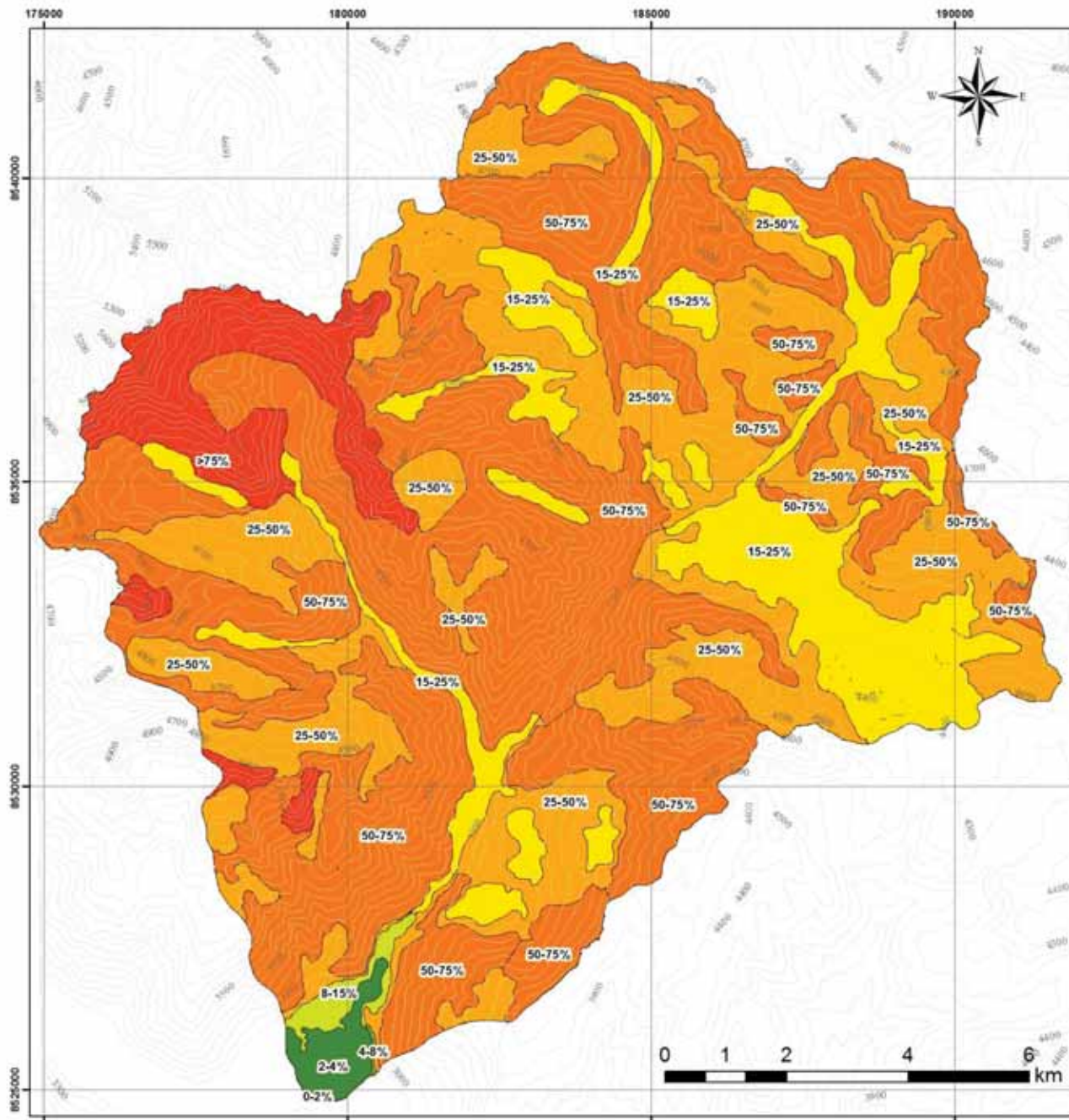
**Curvas de nivel**

- Principales
- Secundarias

**Unidades Geológicas**

- Depositos Aluviales
- Depositos Coluviales
- Depositos Coluvio Aluviales
- Grupo Mita - Formación Pisac

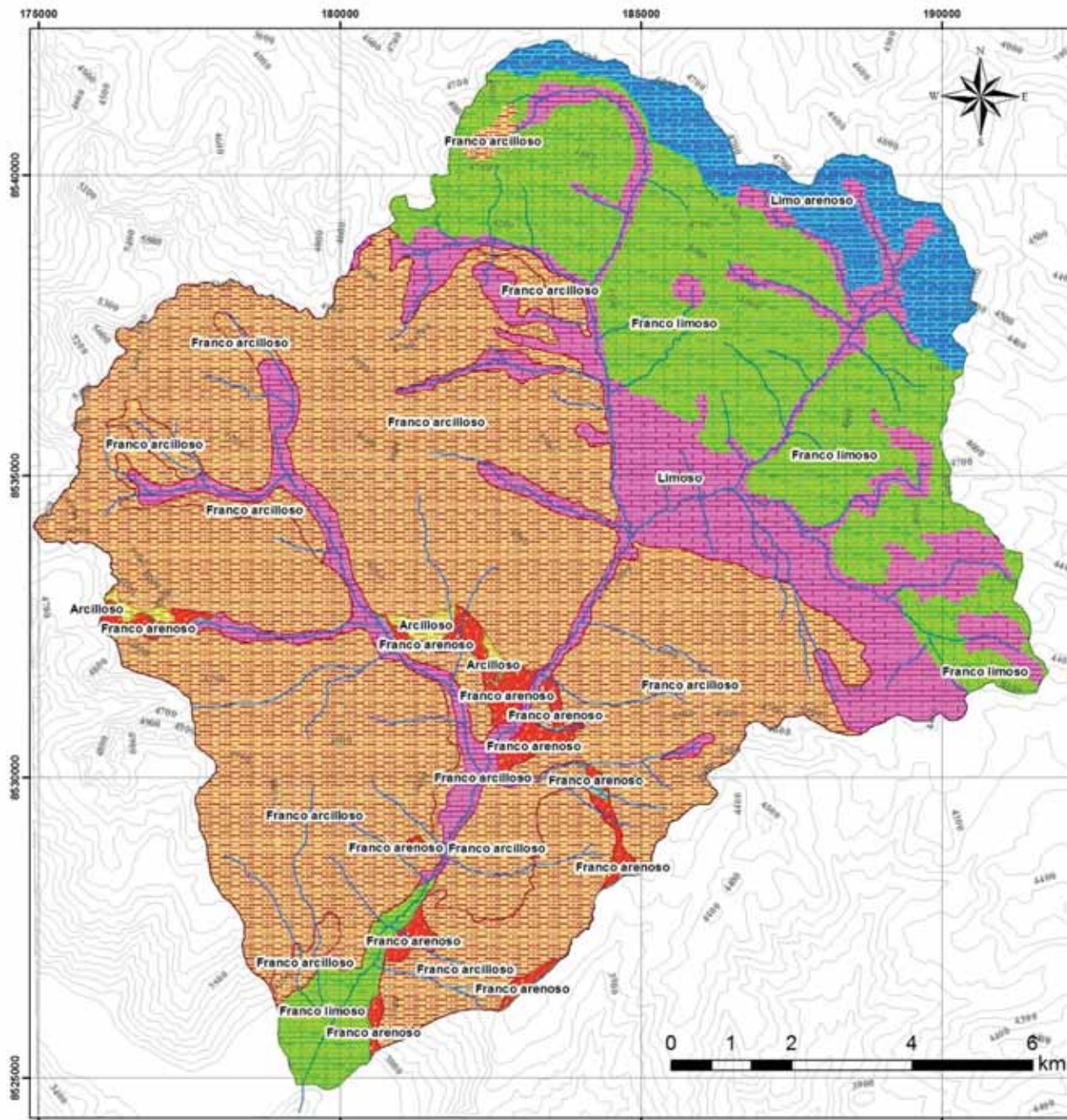
UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO		
FACULTAD DE INGENIERÍA GEOLÓGICA, MINAS Y METALÚRGICA		
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA GEOLÓGICA		
EVALUACIÓN HIDROLÓGICA E HIDRÁULICA CON EL MÉTODO SIMIO PARA DETERMINAR EL RIESGO POR INUNDACIÓN EN LA POBLACIÓN BARRERA AL RÍO QUCHOQ, PROVINCIA CALCA - REGIÓN CUSCO 2017		
<b>MAPA GEOLÓGICO DE LA ZONA DE ESTUDIO</b>		
UBICACIÓN:	ELABORADO POR:	ESCALA:
DIST: CALCA	SEQUEIROS CUBA MAYUMI NAZHA	1:5000
PROV: CALCA	FARFAN ENCALADA SUSAN LUCERO	<b>MAPA-04-A</b>
DEP: CUSCO	SIST. COORD: WSG84 - ZONA 19S	



PENDIENTES (%)	AREA (km2)	%
0-2	0.02	0.01
2 - 4	0.02	0.01
4 - 8	0.05	0.03
8 - 15	1.04	0.63
15-25	23.33	14.13
25-50	47.17	28.58
50-75	80.50	48.78
>75	10.94	6.63
<b>SUMATORIA</b>	<b>165.05</b>	<b>100.00</b>



	UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABAAD DEL CUSCO	
	FACULTAD DE INGENIERIA GEOLOGICA, MINAS Y METALURGICA	
	ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA GEOLOGICA	
EVALUACIÓN HIDROLOGICA E HIDRAULICA CON EL APOYO DEL SIG PARA DETERMINAR EL RIESGO POR DESLIZAMIENTO EN LA POBLACION RIBERENA AL RIO QUECHAG, PROVINCIA CALCA - REGION CUSCO 2017		
<b>MAPA DE PENDIENTES</b>		
UBICACION:	ELABORADO POR:	RECALIFICACION:
DIST: CALCA	SEQUIROS CUBA MATUMI NABIRA	<b>MAPA-05</b>
PROV: CALCA	FARFAN ENCALADA SUSAN LUCERO	
DEP: CUSCO	SIST COORD: WGS84 - ZONA 18E	

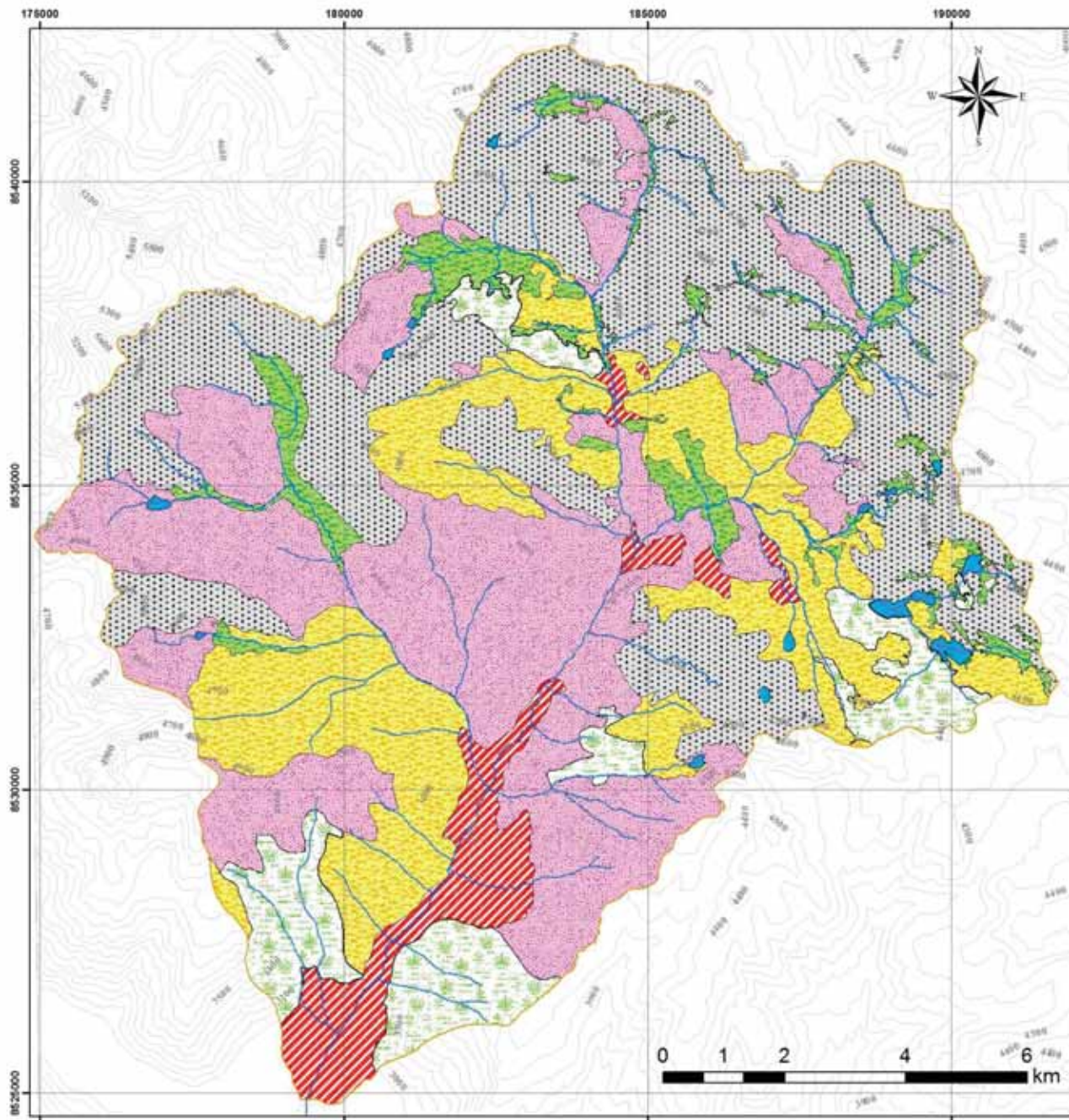


TEXTURA DE SUELOS	AREA (km <sup>2</sup> )	%
Arcilloso	0.67	0.41
Franco arcilloso	4.38	2.65
Franco arcilloso	3.21	1.94
Franco arcilloso	83.46	50.56
Franco arenoso	1.80	1.09
Franco arenoso	2.02	1.22
Franco limoso	3.08	1.87
Franco limoso	30.11	18.24
Limo arenoso	7.41	4.49
Limoso	28.94	17.53
<b>SUMATORIA</b>	<b>165.08</b>	<b>100.00</b>



	UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABAAD DEL CUSCO	
	FACULTAD DE INGENIERIA GEOLOGICA, MINAS Y METALURGICA	
	ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA GEOLOGICA	
EVALUACION HIDROLOGICA E HIDRAULICO CON EL METODO SIEMO PARA DETERMINAR EL RIESGO POR INUNDACION EN LA POBLACION RIBERENA AL RIO GOCHOQ, PROVINCIA CALCA - REGION CUSCO 2017		
<b>MAPA DE TEXTURA DE SUELOS</b>		
UBICACION:	ELABORADO POR:	RECALIBRE/REVISADA:
DIST: CALCA	SEQUEIROS CUBA MATUMI NABRA	<b>MAPA-06</b>
PROV: CALCA	FARFAN ENCALADA SUSAN LUCERO	
DEP: CUSCO	SIST COORD: WGS84 - ZONA 18E	



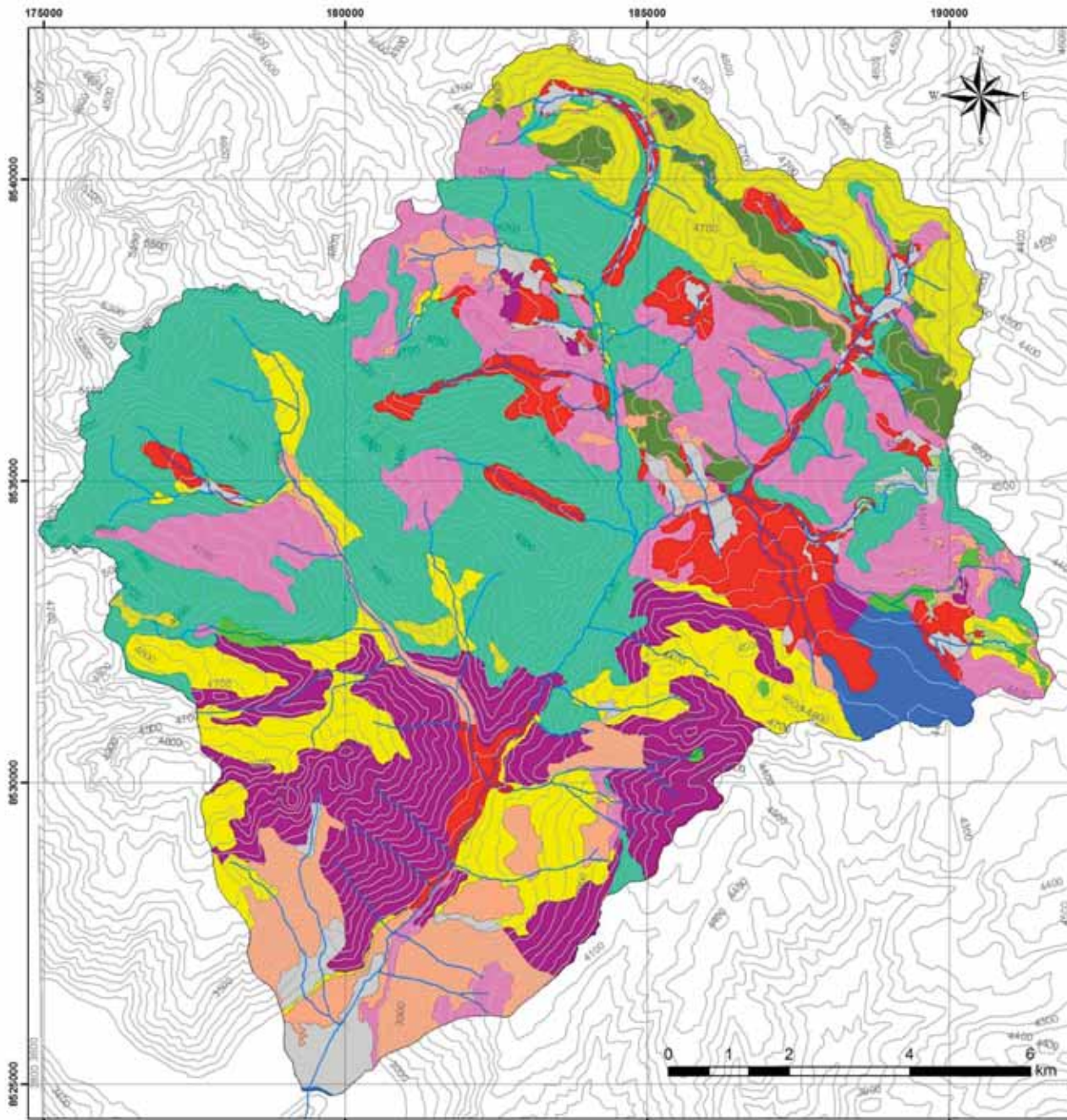


USO DE SUELOS	AREA (km2)	%
Afloramiento Rocoso	53.69	32.53
Laguna	0.87	0.53
Pantanos y ciénagas	9.06	5.49
Poblacion	8.73	5.29
Tierra sin uso	32.10	19.45
Tierras de cultivo	13.36	8.09
Tierras improductivas	47.23	28.62
<b>SUMATORIA</b>	<b>165.04</b>	<b>100.00</b>

**LEYENDA**

- Curvas de nivel
- Rios\_Qochoq
- Cuerpo\_Qochoq
- Uso de suelos
- Afloramiento Rocoso
- Laguna
- Pantanos y ciénagas
- Poblacion
- Tierra sin uso
- Tierras de cultivo
- Tierras improductivas

	UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABAAD DEL CUSCO		
	FACULTAD DE INGENIERIA GEOLOGICA, MINAS Y METALURGICA		
	ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA GEOLOGICA		
EVALUACION HIDROLOGICA E HIDRAULICO CON EL SIGILO DIBO PARA DETERMINAR EL RIESGO POR DEPENDENCIAS EN LA POBLACION REBERERA AL RIO QOCHOQ, PROVINCIA CALCA - REGION CUSCO 2017			
<b>MAPA DE USO DE SUELOS</b>			
UBICACION:	ELABORADO POR:		REGISTRACION:
DIST: CALCA	SEQUIEROS CUBA MATUMI NABRA		<b>MAPA-07</b>
PROV: CALCA	FARFAN ENCALADA SUSAN LUCERO		
DEP: CUSCO	SIST COORD:	WGS84 - ZONA 18E	

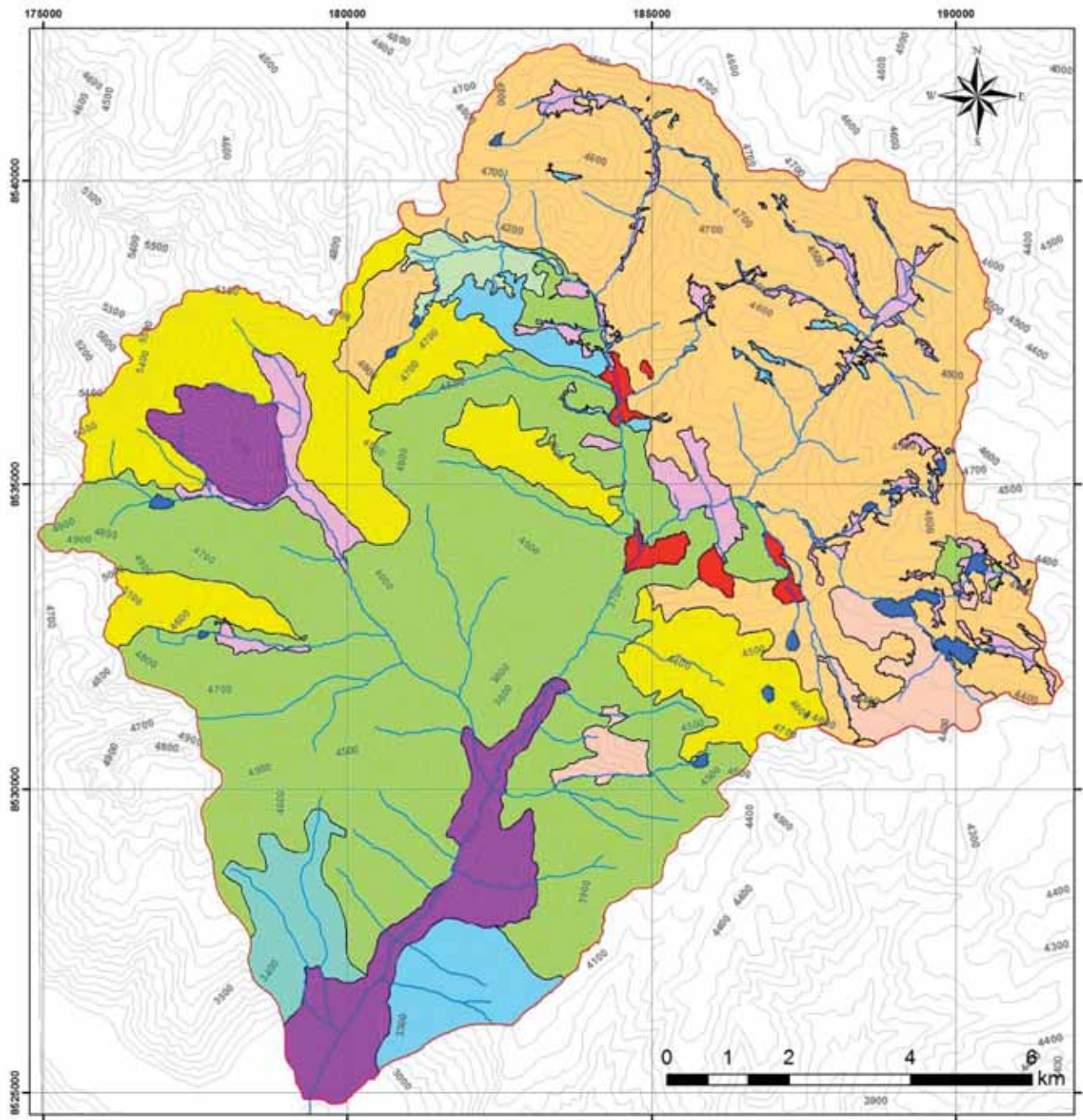


COEFICIENTE DE ESCORRENTIA						
USO DE SUELO		PENDIENTES				
		>50%		5-20%		0-1%
Sin Vegetación	Impermeable	0.8	0.75	0.7	0.65	0.6
	Semipermeable	0.7	0.65	0.6	0.55	0.5
	Permeable	0.5	0.45	0.4	0.35	0.3
Cubitos	Impermeable	0.7	0.55	0.6	0.55	0.5
	Semipermeable	0.6	0.55	0.5	0.45	0.4
	Permeable	0.4	0.35	0.3	0.25	0.2
Pastos, Vegetación ligera	Impermeable	0.65	0.6	0.55	0.5	0.45
	Semipermeable	0.55	0.7	0.45	0.4	0.35
	Permeable	0.35	0.3	0.25	0.2	0.15
Hierba, Grama	Impermeable	0.6	0.55	0.5	0.45	0.4
	Semipermeable	0.5	0.45	0.4	0.35	0.3
	Permeable	0.3	0.25	0.2	0.15	0.1
Bosque, Densa Vegetación	Impermeable	0.55	0.5	0.45	0.4	0.35
	Semipermeable	0.45	0.4	0.35	0.3	0.25
	Permeable	0.35	0.2	0.15	0.1	0.05

Ce = 0.5916



	UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABAAD DEL CUSCO		
	FACULTAD DE INGENIERIA GEOLOGICA, MINAS Y METALURGICA		
	ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA GEOLOGICA		
EVALUACION HIDROLOGICA E HIDRAULICA CON EL SIGILO DIBO PARA DETERMINAR EL RIESGO POR INUNDACION EN LA POBLACION RIBERENA AL RIO QUECHABAMBA, PROVINCIA CALCA - REGION CUSCO 2017			
<b>MAPA DE COEFICIENTE DE ESCORRENTIA</b>			
UBICACION:	ELABORADO POR:		RECALIFICACION:
DIST: CALCA	SEQUEIROS CUBA MATUMI NABIRA		<b>MAPA-08</b>
PROV: CALCA	FARFAN ENCALADA SUSAN LUCERO		
DEP: CUSCO	SIST COORD:	WGS84 - ZONA 18E	

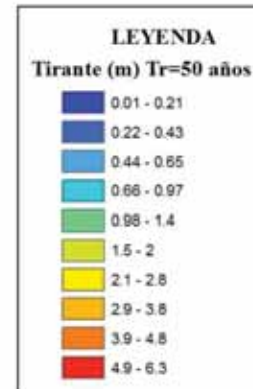
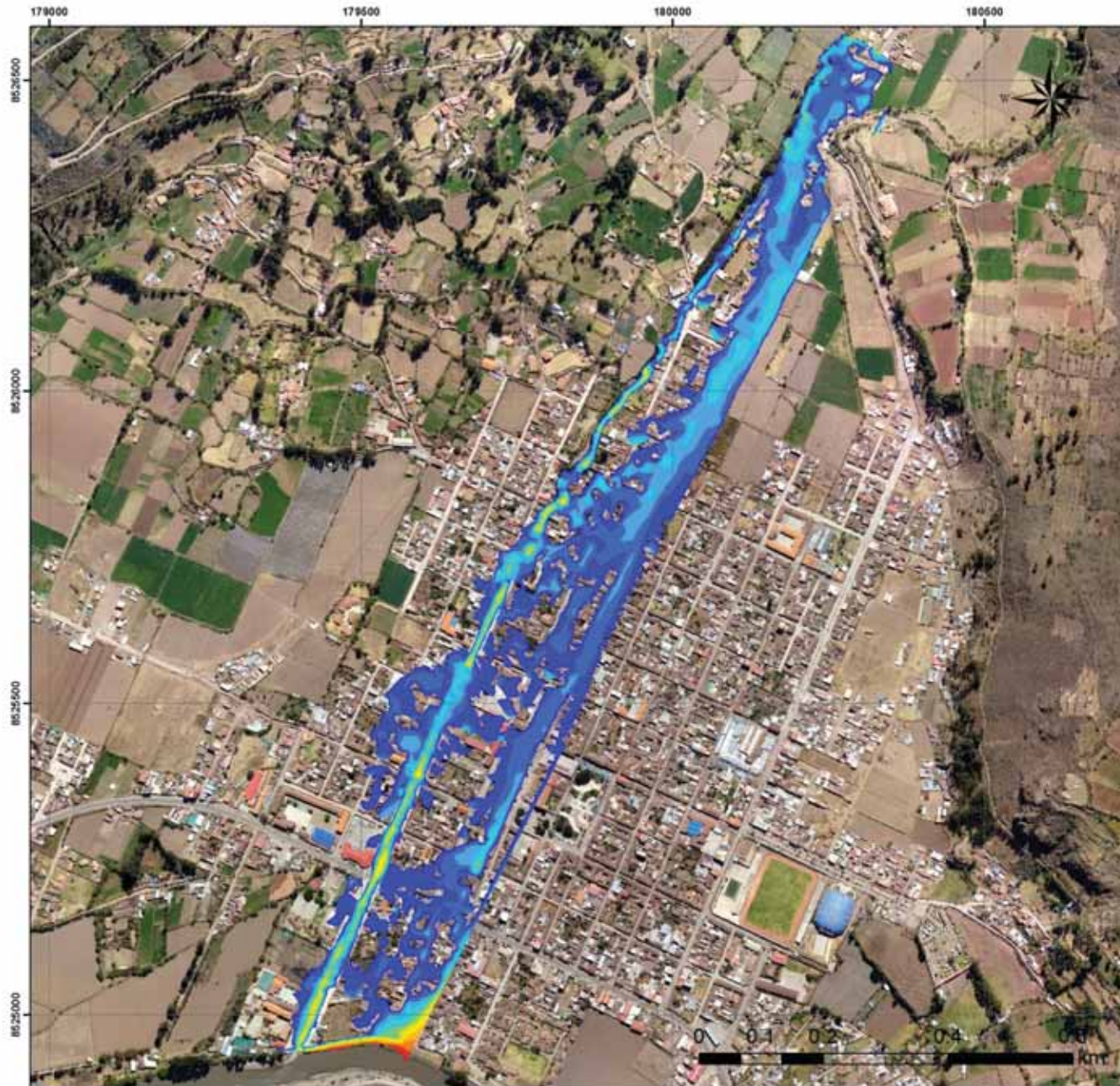


USO DE SUELOS	SCS	NUMERO DE CURVA	
		GRUPO HIDROLÓGICO	CN
Abarramiento Rocoso	Descuidado, en descanso y sin cultivo	C	90
		D	91
Laguna	Pastizales o similares	A	70
		A	30
		B	58
Pantanos y Ciénegas	Praderas	B	71
		C	71
		C	71
Población	Descuidado, en descanso y sin cultivo	B	61
		D	94
Tierra sin uso	Descuidado, en descanso y sin cultivo	B	86
		C	91
		C	91
Tierras de cultivo	Cultivos	A	62
		B	71
		C	78
Tierras improductivas	Descuidado, en descanso y sin cultivo	B	86
		C	91
		D	94
<b>PROMEDIO</b>			<b>69.14</b>

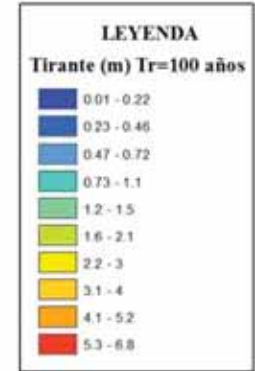
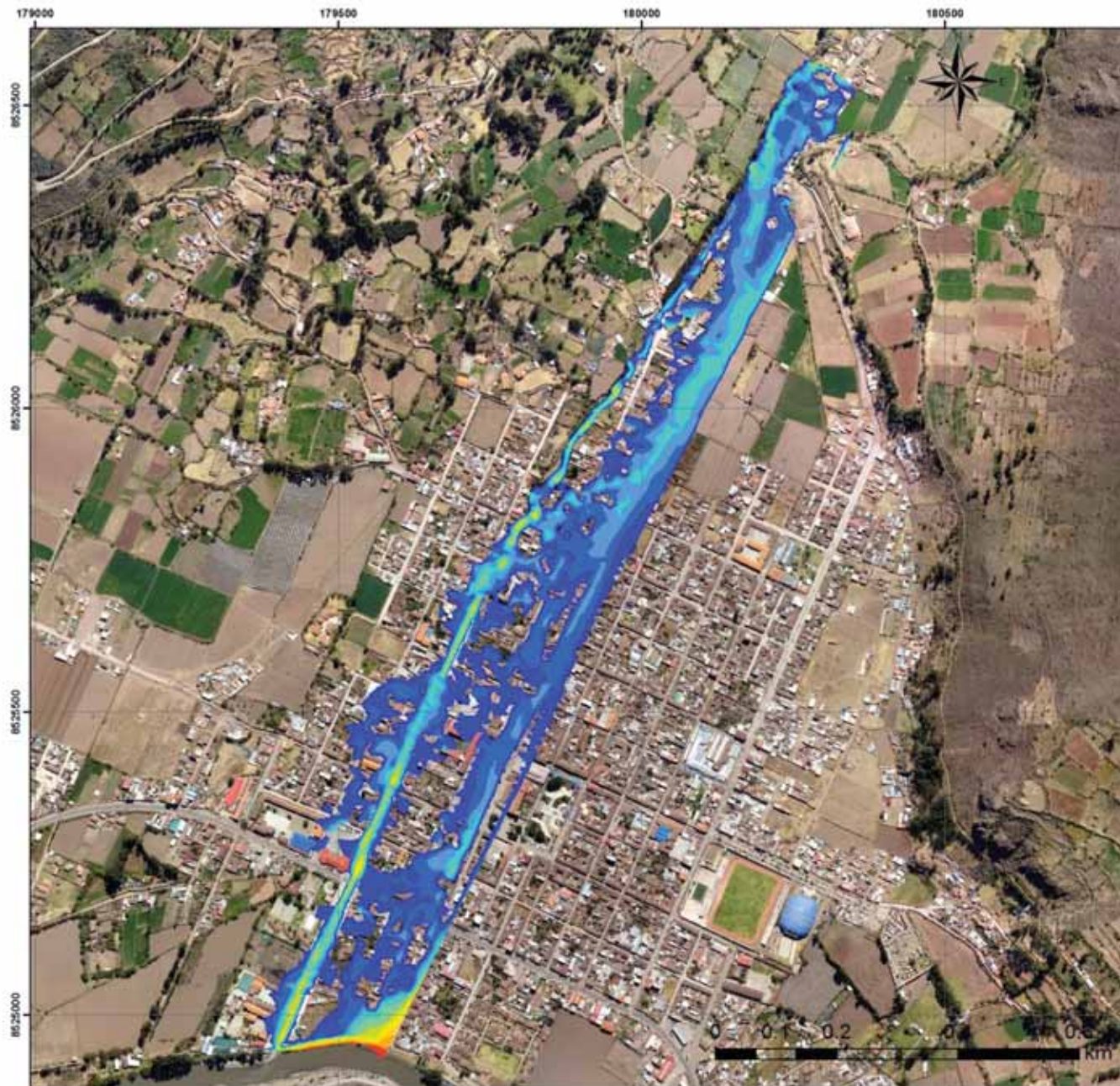
GRUPO HIDROLÓGICO DE SUELO	
A	Bajo potencial de escorrentía
B	Moderado bajo potencial de escorrentía
C	Moderado alto potencial de escorrentía
D	Alto potencial de escorrentía



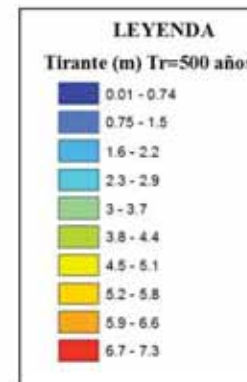
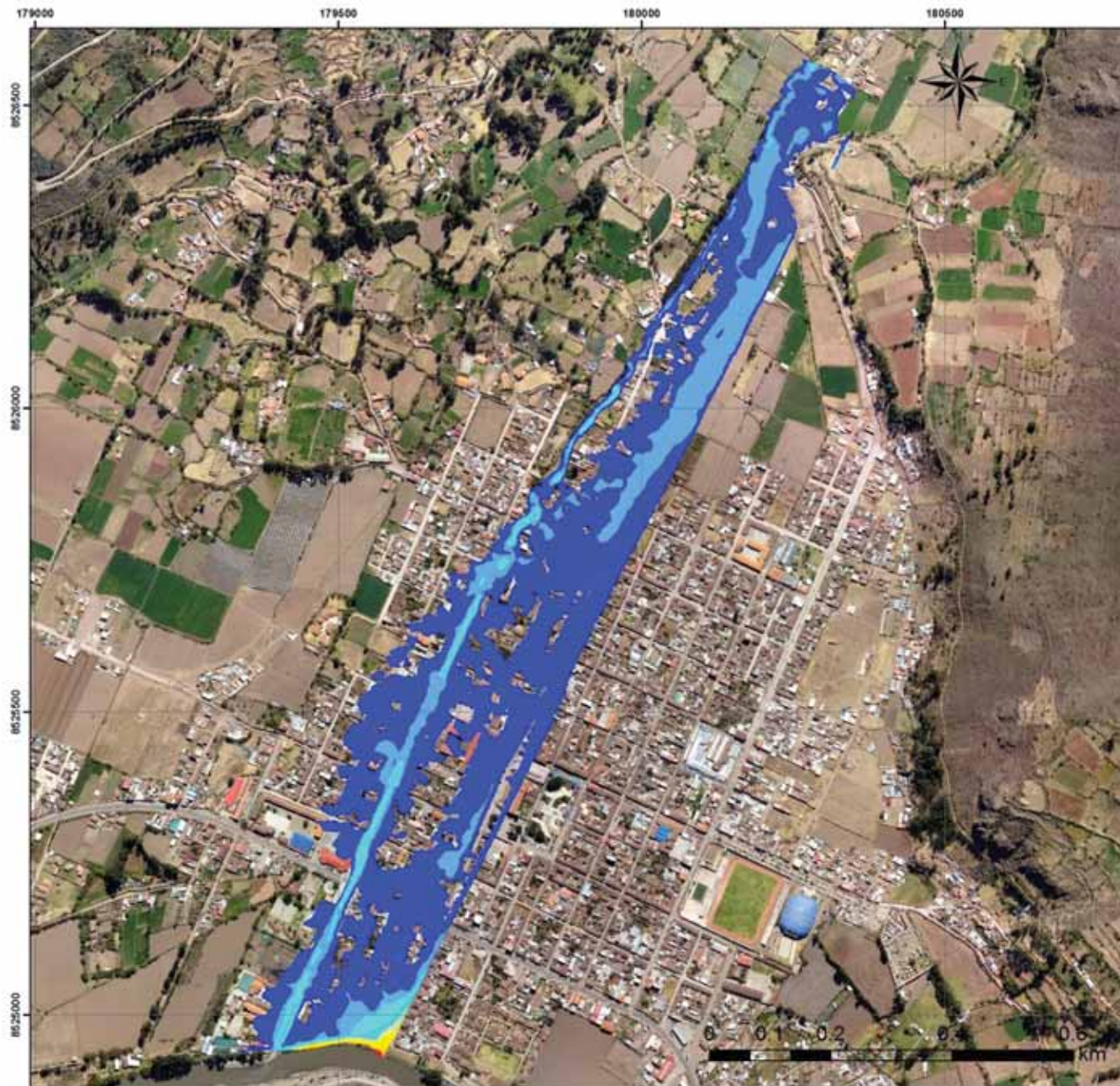
	UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABAAD DEL CUSCO	
	FACULTAD DE INGENIERÍA GEOLOGICA, MINAS Y METALURGICA	
	ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA GEOLOGICA	
EVALUACION HIDROLOGICA E HIDRAULICA CON EL METODO SCS PARA DETERMINAR EL RIESGO POR INUNDACION EN LA POBLACION ESFERERA AL RIO QUICHUQ PROVINCIA CALCA - REGION CUSCO 2017		
<b>MAPA DE NÚMERO DE CURVA</b>		
UBICACION:	ELABORADO POR:	ESCALA RECOMENDADA:
DIST: CALCA	SEQUIEROS CUBA MATUMI NADIRA	<b>MAPA-09</b>
PROV: CALCA	FARFAN ENCALADA SUSAN LUCERO	
DEP: CUSCO	SIST COORD: WGS84 - ZONA 18E	



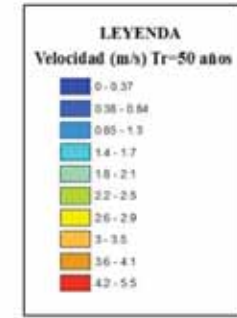
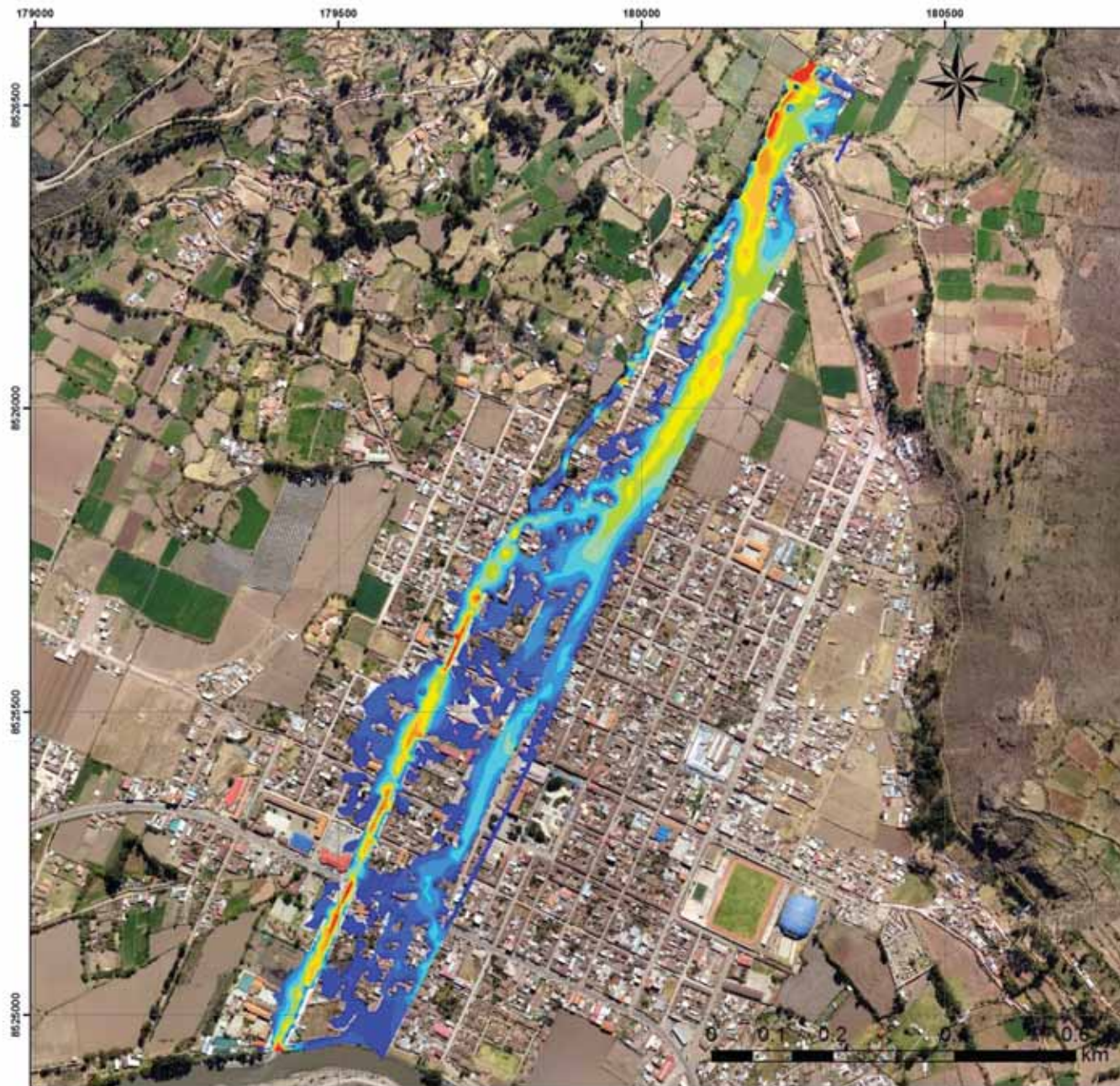
	UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABAAD DEL CUZCO	
FACULTAD DE INGENIERÍA GEOLÓGICA, MINAS Y METALÚRGICA		
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA GEOLÓGICA		
EVALUACIÓN HIDROLÓGICA E HIDRÁULICA CON EL MODELO IBERO PARA DETERMINAR EL RIESGO POR INUNDACION EN LA POBLACIÓN RIBERERA AL RÍO QUOCHOQ, PROVINCIA CALCA - REGION CUSCO 2017		
<b>MAPA DE TIRANTE HIDRAULICO PARA TR=50 AÑOS</b>		
UBICACION:	ELABORADO POR:	Escala: 1:10000
DIR: CALCA	SEQUEBROS CUBA MATUCCI NARRA	<b>MAPA-10</b>
PROV: CALCA	BARFAN ENCALADA SUSAN LUCERO	
DEP: CUSCO	SIST. COORD: WGS84 - ZONA 19S	



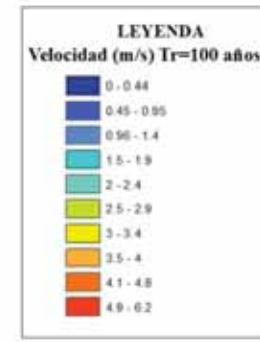
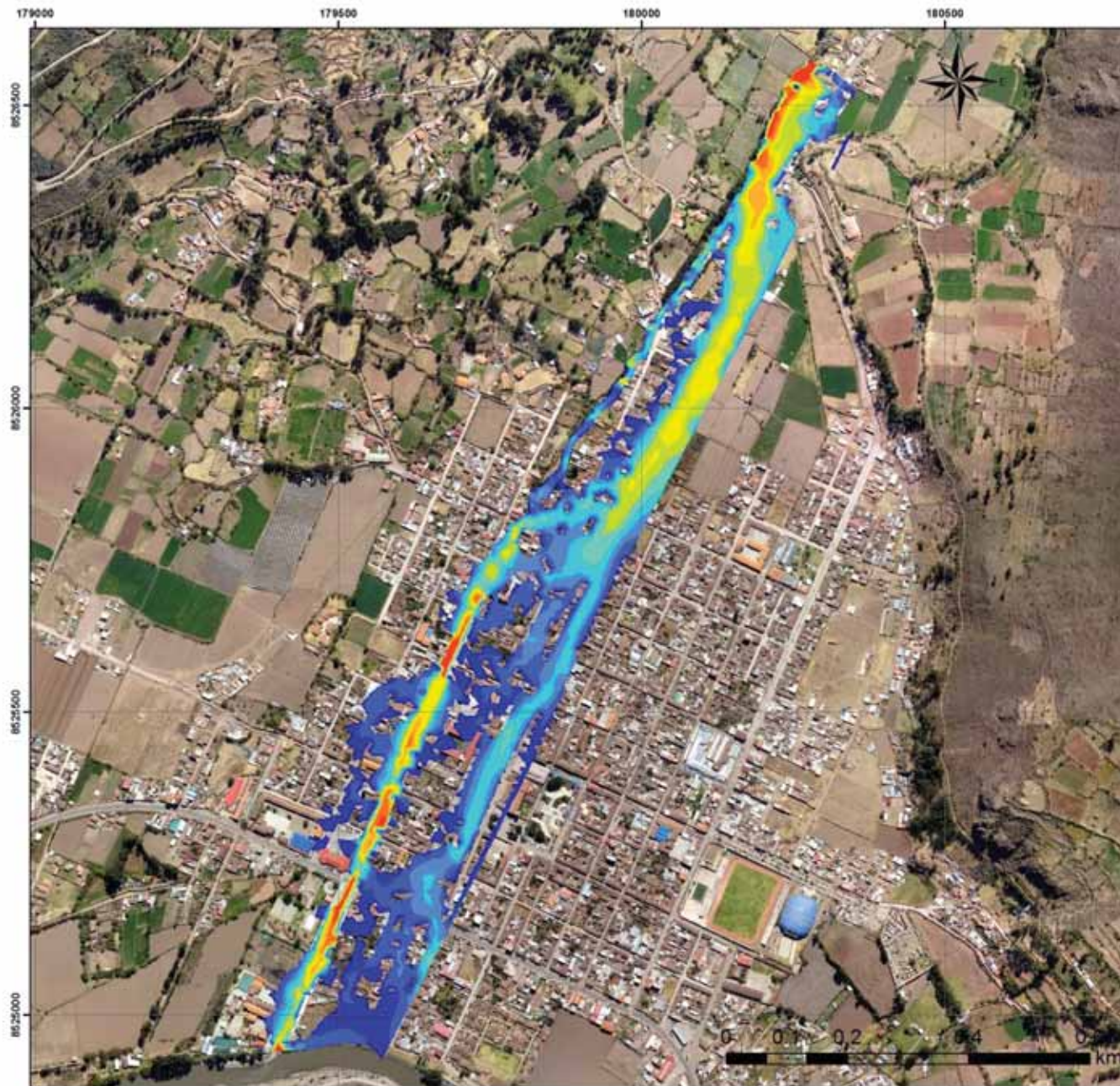
	UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABAAD DEL CUZCO		
FACULTAD DE INGENIERÍA GEOLÓGICA, MINAS Y METALÚRGICA			
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA GEOLÓGICA			
EVALUACIÓN HIDROLÓGICO E HIDRÁULICO CON EL REGÍMEN DEBIDO PARA DETERMINAR EL RIESGO POR INUNDACIONES EN LA POBLACIÓN RIBERERA AL RÍO QOCHOQ, PROVINCIA CALCA - REGION CUSCO 2017			
<b>MAPA DE TIRANTE HIDRÁULICO PARA <math>T_r=100</math> AÑOS</b>			
UBICACIÓN:		ELABORADO POR:	ESCALA: REDIMENSIONADA
DIST:	CALCA	SEQUEBROS CUBA MATUJO NABRA	<b>MAPA-11</b>
PROV:	CALCA	JARFAN ENCALADA SUSAN LUCERO	
DEP:	CUSCO	SIST. COORD: WGS84 - ZONA 19S	



		UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABAAD DEL CUSCO			
		FACULTAD DE INGENIERÍA GEOLÓGICA, MINAS Y METALÚRGICA			
		ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA GEOLÓGICA			
"EVALUACIÓN HIDROLÓGICA E HIDRÁULICA CON EL MODELO DIFWA PARA DETERMINAR EL RIESGO POR INUNDACIÓN EN LA POBLACIÓN RIBERERA AL RÍO QOCHOQ, PROVINCIA CALCA - REGIÓN CUSCO 2017"					
<b>MAPA DE TIRANTE HIDRÁULICO PARA TR=500 AÑOS</b>					
UBICACIÓN:		ELABORADO POR:		ESCALA RECOMENDADA:	
DIST:	CALCA	SEQUEBROS CUBA MATUCO NABRA		<b>MAPA-12</b>	
PROV:	CALCA	JAYFAN ENCALADA SUSAN LUCERO			
DEP:	CUSCO	SIST. COORD:	WGS84 - ZONA 19S		

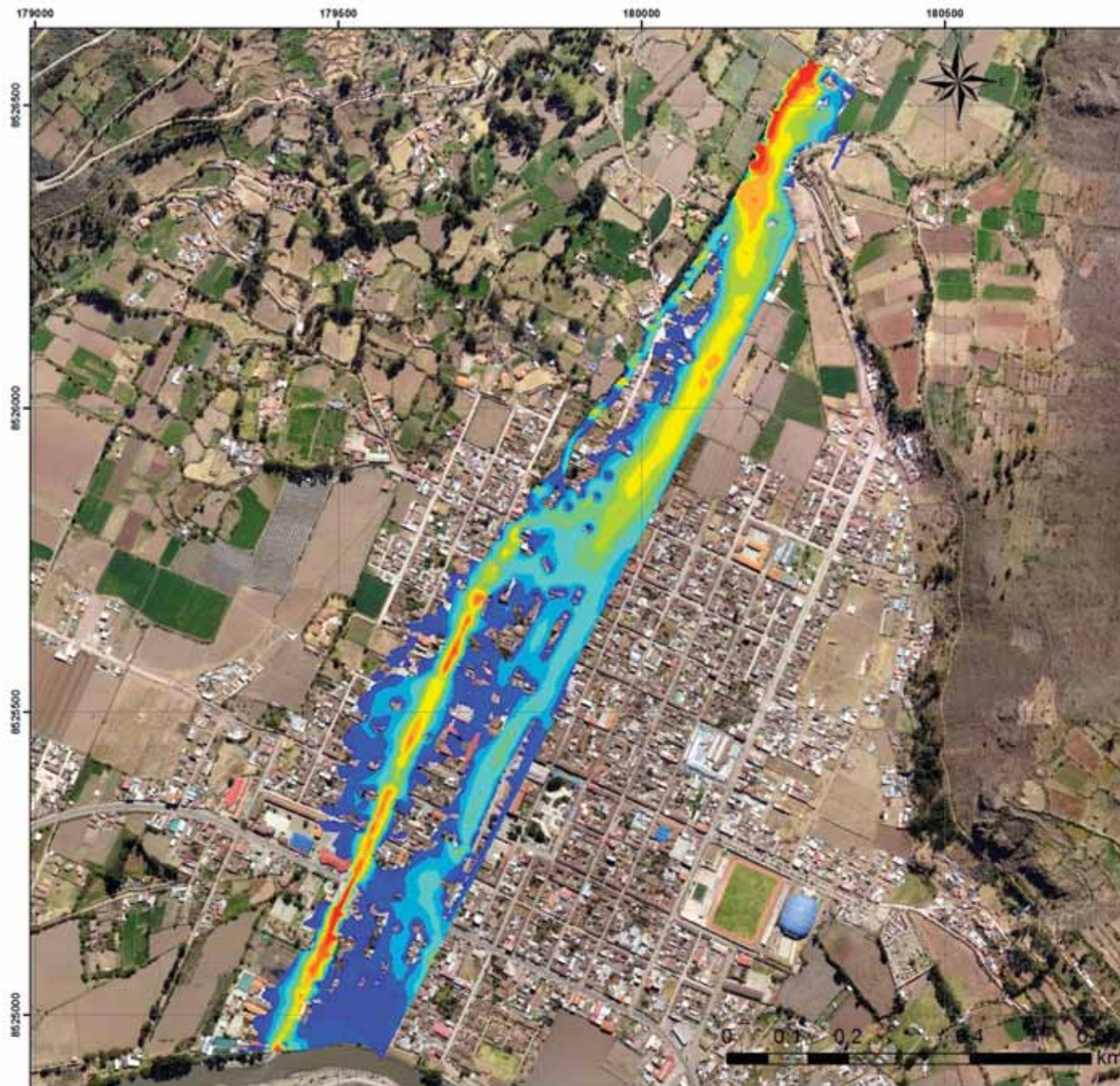


		UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABAAD DEL CUSCO			
		FACULTAD DE INGENIERÍA GEOLÓGICA, MINAS Y METALÚRGICA			
		ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA GEOLÓGICA			
EVALUACIÓN HIDROLÓGICO E HIDRÁULICO CON EL MODELO 2DHO PARA DETERMINAR EL RIESGO POR FUNDACIONES EN LA POBLACIÓN RIBERENA AL RÍO QOCHOQ, PROVINCIA CALCA - REGIÓN CUSCO 2017					
<b>MAPA DE VELOCIDAD HIDRAULICO PARA TR-50 AÑOS</b>					
UBICACIÓN:		ELABORADO POR:		Escala: REDIMENSIONADA	
DT:	CALCA	SEQUEBROS CUBA MATUJO NABRA		<b>MAPA-13</b>	
PROV:	CALCA	JAEFAN ENCALADA SUSAN LUCERO			
DEP:	CUSCO	SIST. COORD:	WGS84 - ZONA 19S		

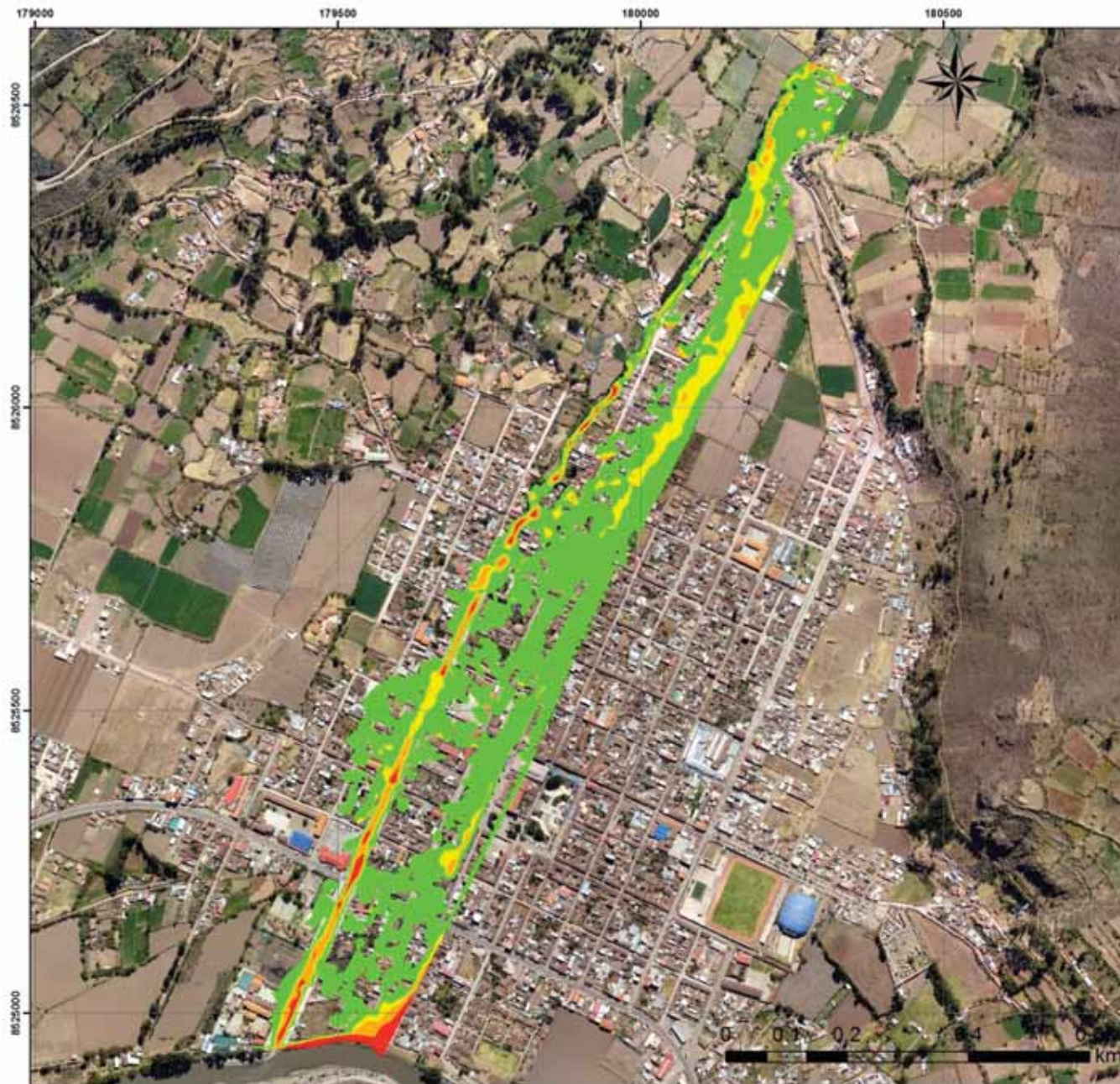


	UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABAAD DEL CUSCO	
FACULTAD DE INGENIERÍA GEOLÓGICA, MINAS Y METALÚRGICA		
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA GEOLÓGICA		
EVALUACIÓN HIDROLÓGICA E HIDRÁULICA CON EL MÉTODO DE RIBERA PARA DETERMINAR EL RIESGO POR INUNDACIÓN EN LA POBLACIÓN RIBEREA AL RÍO QOCHOQ, PROVINCIA CALCA - REGIÓN CUSCO 2017		
<b>MAPA DE VELOCIDAD HIDRÁULICA PARA TR=100 AÑOS</b>		
UBICACIÓN:	ELABORADO POR:	Escala: REDUCIDA
DIST: CALCA	SEQUEROS CUBA MATUJO NABRA	<b>MAPA-14</b>
PROV: CALCA	JARFAN ENCALADA SUSAN LUCERO	
DEP: CUSCO	SIST. COORD: WGS84 - ZONA 19S	

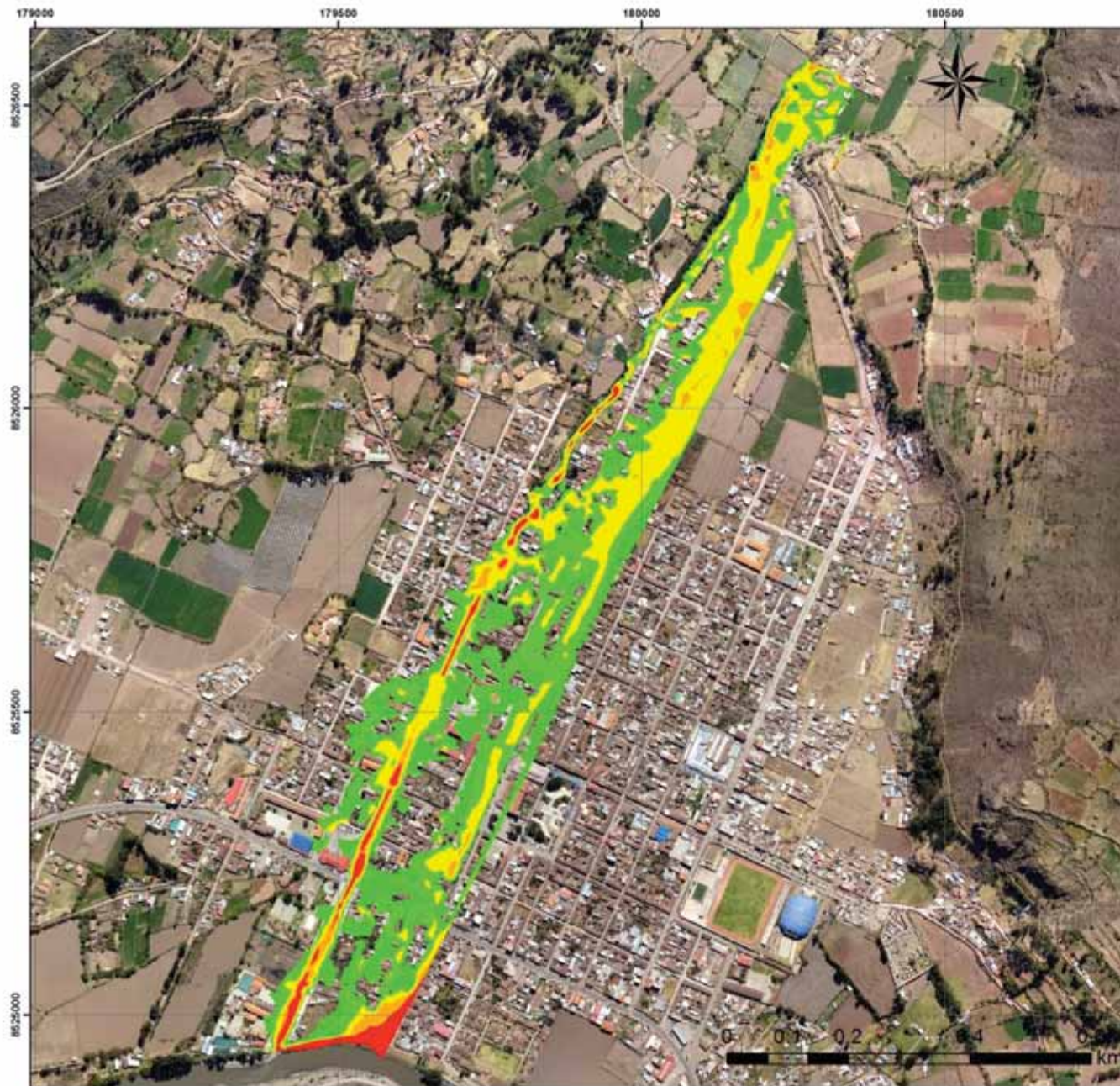




UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO			
FACULTAD DE INGENIERÍA GEOLÓGICA, MINAS Y METALÚRGICA			
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA GEOLÓGICA			
EVALUACIÓN HIDROLÓGICA E HIDRÁULICA CON EL MODELO TRERO PARA DETERMINAR EL RIESGO POR INUNDACIÓN EN LA POBLACIÓN REFERIDA AL RÍO QOCHOQ, PROVINCIA CALCA - REGION CUSCO 2017			
<b>MAPA DE VELOCIDAD HIDRÁULICA PARA TR=500 AÑOS</b>			
UBICACIÓN:		ELABORADO POR:	<b>MAPA-15</b>
DIST:	CALCA	SEQUEBROS CUBA MATUJO NABRA	
PROV:	CALCA	JARFAN ENCALADA SUSAN LUCERO	
DEP:	CUSCO	SIST COORD:	WGS84 - ZONA 19S



UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO			
FACULTAD DE INGENIERÍA GEOLÓGICA, MINAS Y METALÚRGICA			
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA GEOLÓGICA			
EVALUACIÓN HIDROLÓGICO E HIDRÁULICO CON EL MODELO 2DHO PARA DETERMINAR EL RIESGO POR INUNDACION EN LA POBLACIÓN RIBERERA AL RIO QUOCHO, PROVINCIA CALCA - REGION			
CUSCO 2017			
<b>MAPA DE PELIGRO POR INUNDACIÓN PARA TR=50 AÑOS</b>			
UBICACIÓN:		ELABORADO POR:	<b>MAPA-16</b>
DIST:	CALCA	SEQUEROS CUBA MATUJUNABRA	
PROV:	CALCA	JARFAN ENCALADA SUSAN LUCERO	
DEP:	CUSCO	SIST COORD	WGS84 - ZONA 19S

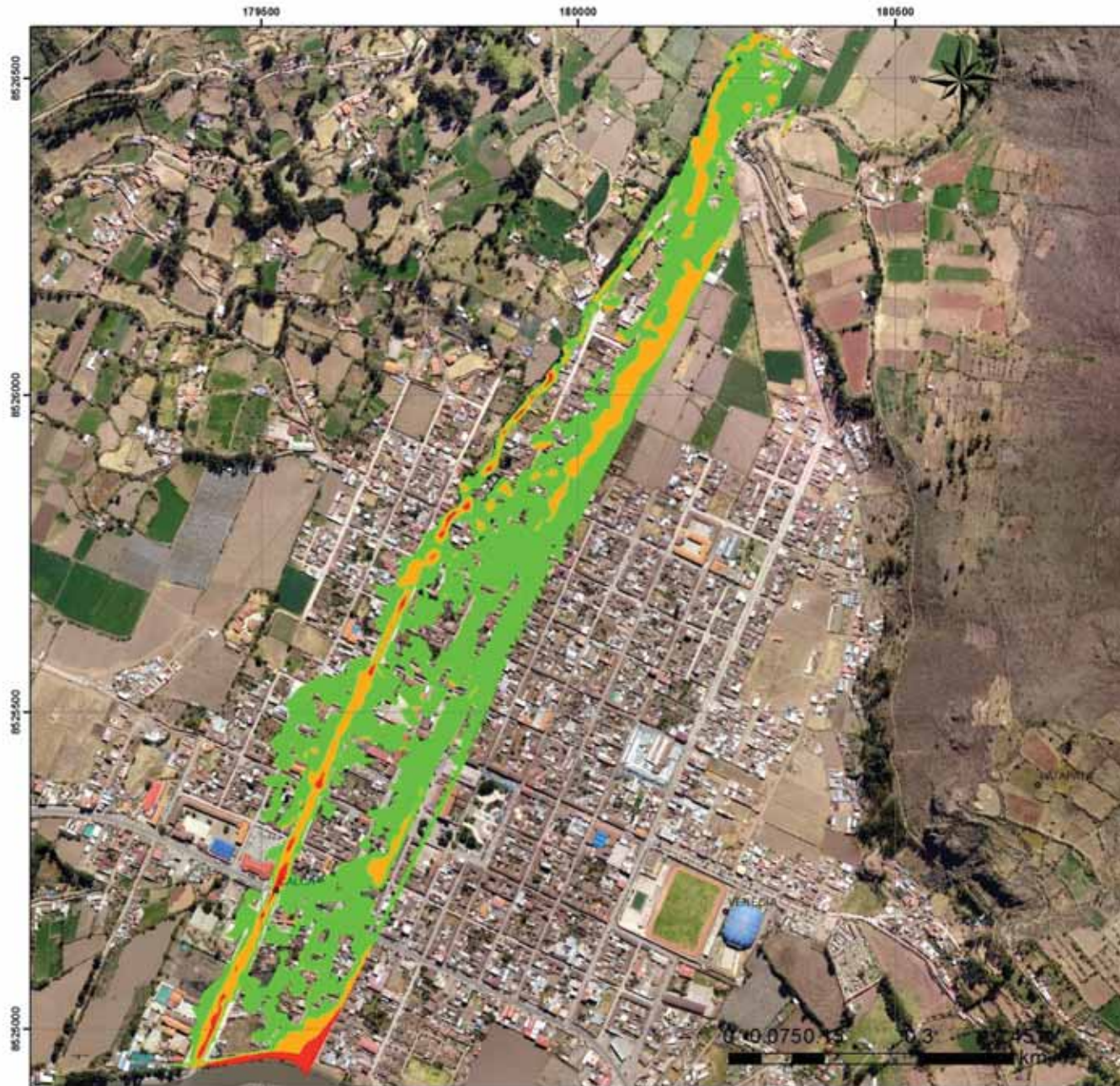


**LEYENDA**

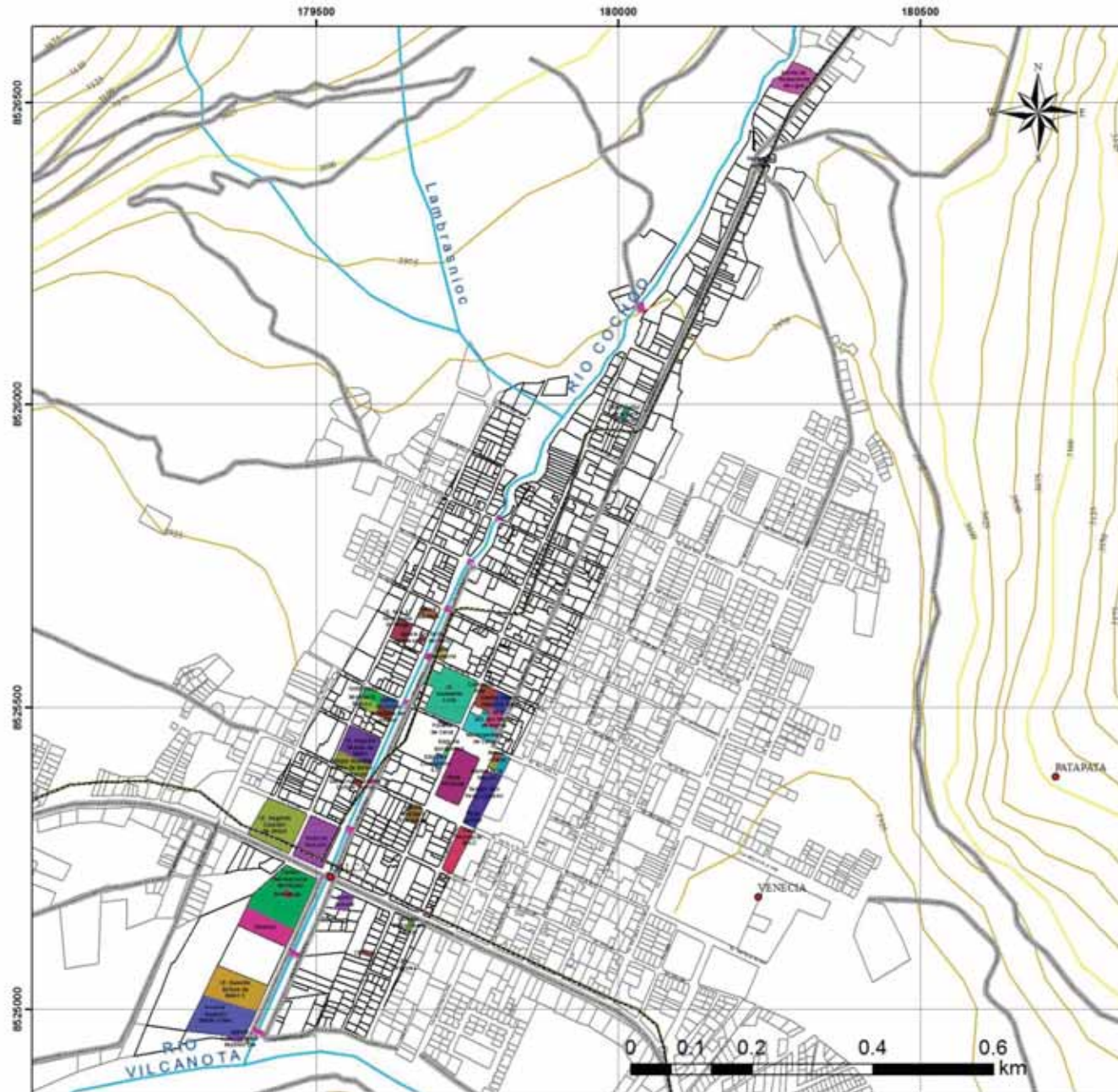
**Peligro por Inundación Tr=100 años**

- Peligro Bajo
- Peligro Medio
- Peligro Alto
- Peligro Muy Alto

UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO			
FACULTAD DE INGENIERÍA GEOLÓGICA, MINAS Y METALÚRGICA			
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA GEOLÓGICA			
"EVALUACIÓN HIDROLOGICA E HIDRÁULICA CON EL REGÍMEN DEBIDO PARA DETERMINAR EL RIESGO POR INUNDACIONES EN LA POBLACIÓN RIBERENA AL RIO QOCHOQ, PROVINCIA CALCA - REGION CUSCO 2017"			
<b>MAPA DE PELIGRO POR INUNDACIÓN PARA TR=100 AÑOS</b>			
UBICACIÓN		ELABORADO POR	Escala: REDIMENSIONADA
DST:	CALCA	SEQUEBROS CUBA MATUJO NABRA	<b>MAPA-17</b>
PROV:	CALCA	JAEFAN ENCALADA SUSAN LUCERO	
DEP:	CUSCO	SIST. COORD: UTM ZONA 18S	



UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO			
FACULTAD DE INGENIERÍA GEOLÓGICA, MINAS Y METALÚRGICA			
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA GEOLÓGICA			
EVALUACIÓN HIDROLOGICA E HIDRÁULICA CON EL REGISTRO DE DATOS PARA DETERMINAR EL RIESGO POR INUNDACIONES EN LA POBLACIÓN RIBERENA AL RIO QOCHOQ, PROVINCIA CALCA - REGION			
CUSCO 2017			
<b>MAPA DE PELIGRO POR INUNDACIÓN PARA TR=500 AÑOS</b>			
UBICACIÓN:	ELABORADO POR:		<b>MAPA-18</b>
DPT: CALCA	SEQUEBROS CUBA MATUJO NARRA		
PROV: CALCA	JAEFAN ENCALADA SUSAN LUCERO		
DEP: CUSCO	SIST COORD:	WGS84 - ZONA 19S	



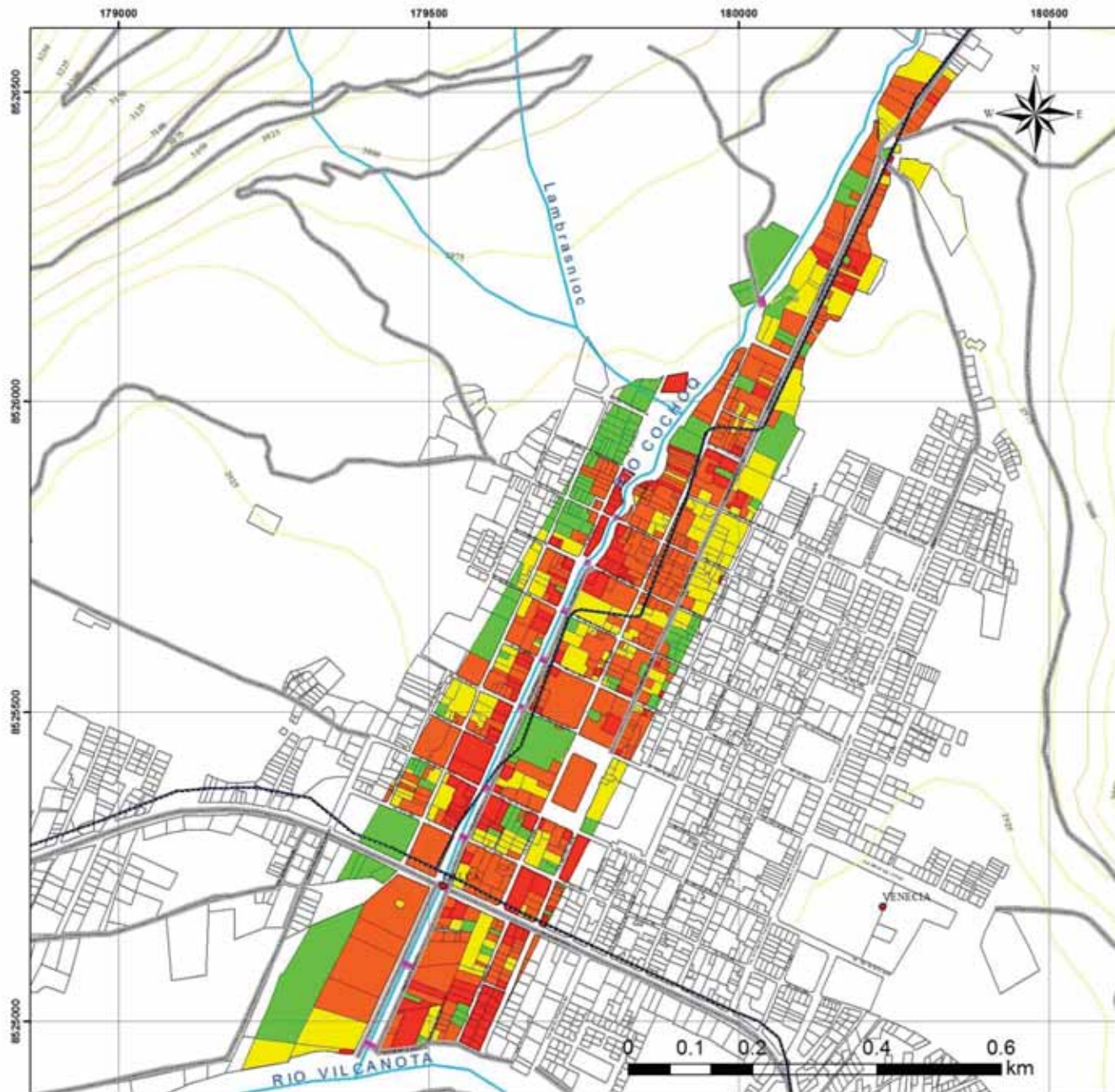
 UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABAAD DEL CUZCO		 FACULTAD DE INGENIERÍA GEOLÓGICA, MINAS Y METALÚRGICA	
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA GEOLÓGICA			
<small>“EVALUACIÓN HIDROLÓGICA E HIDRÁULICA CON EL MÉTODO INFERI PARA DETERMINAR EL RIESGO POR INUNDACIÓN EN LA POBLACIÓN RESIDENTE AL RÍO QUICHUQ, PROVINCIA CALCA - REGIÓN CUSCO 2017”</small>			
<b>MAPA DE VULNERABILIDAD - EXPOSICIÓN</b>			
UBICACIÓN:	ELABORADO POR:		ESCALA: SEGURIDAD
DIST: CALCA	SEQUEIROS CUBA MAYUMI NAZIMA		<b>MAPA-19</b>
PROV: CALCA	FARFAN ENCALADA SUSAN LUCERO		
DEP: CUSCO	SIST. COORD:	W5684 - ZONA 195	



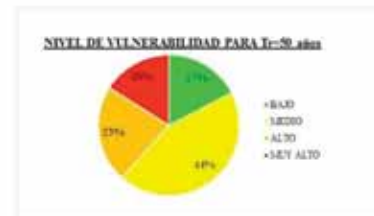
**LEYENDA**

- Casero poblado
- Zona
- Vía principal
- Vía
- Curso de agua
- Barranca
- Espediente
- Tipo de material**
- De arena
- Arena
- Lodo
- Arena
- Lodo + Roca (Cemento)

UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO		
FACULTAD DE INGENIERÍA GEOLÓGICA, MINAS Y METALÚRGICA		
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA GEOLÓGICA		
EVALUACIÓN HIDROLÓGICA E HIDRÁULICA CON EL MÉTODO TIPO PARA DETERMINAR EL RIESGO POR INUNDACIÓN EN LA POBLACIÓN ESBEREPIA AL RÍO COCHRO, PROVINCIA CALCA - REGIÓN CUSCO 2017		
<b>MAPA DE VULNERABILIDAD - FRAGILIDAD</b>		
UBICACIÓN:	ELABORADO POR:	ESCALA SEGURIDAD:
DIST: CALCA	SEQUEIROS CUBA MAYUMI NAZHA	<b>MAPA-20</b>
PROV: CALCA	FARFAN ENCALADA SUSAN LUCERO	
DEP: CUSCO	SIST. COORD: WSG84 - ZONA 19S	



NIVEL	N° Edificaciones
Bajo	139
Medio	357
Alto	180
Muy Alto	129
<b>TOTAL</b>	<b>805</b>



UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO		
FACULTAD DE INGENIERÍA GEOLÓGICA, MINAS Y METALÚRGICA		
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA GEOLÓGICA		
EVALUACIÓN HIDROLÓGICA E HIDRÁULICA CON EL MÉTODO SIMBO PARA DETERMINAR EL RIESGO POR INUNDACIÓN EN LA POBLACIÓN ESKEKKA AL RÍO COCHOC, PROVINCIA CALCA - REGIÓN CUSCO 2017		
<b>MAPA DE NIVEL DE VULNERABILIDAD PARA TR=50 AÑOS</b>		
UBICACIÓN:	ELABORADO POR:	ESCALA:
DIST: CALCA	SEQUEIRO CUBA MAYUMI NAZHA	1:5000
PROV: CALCA	FARFAN ENCALADA SUSAN LUCERO	<b>MAPA-21</b>
DEP: CUSCO	SIST. COORD: WSG84 - ZONA 19S	



NIVEL	Nº Edificaciones
BAJO	146
MEDIO	379
ALTO	160
MUY ALTO	120
<b>TOTAL</b>	<b>805</b>



**LEYENDA**

- Centros poblados
- Puentes
- Vía principal
- Vías
- Ejes
- Ejes

**Curvas de nivel**

- Principales
- Secundarias

**Vulnerabilidad Tr=100 años**

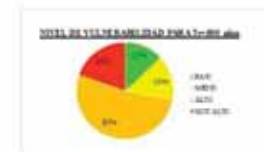
- Baja
- Media
- Alta
- Muy Alta

	UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO	
	FACULTAD DE INGENIERÍA GEOLÓGICA, MINAS Y METALÚRGICA	
	ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA GEOLÓGICA	
EVALUACIÓN HIDROLÓGICA E HIDRÁULICA CON EL MÉTODO SIMBO PARA DETERMINAR EL RIESGO POR INUNDACION EN LA POBLACIÓN ESKEKERA AL RÍO QOCHOQ, PROVINCIA CALCA - REGIÓN CUSCO 2017		
<b>MAPA DE NIVEL DE VULNERABILIDAD PARA TR=100 AÑOS</b>		
UBICACIÓN:	ELABORADO POR:	ESCALA: SEGURIDAD
DIST: CALCA	SEQUEIRO CUBA MAYUMI NAJIMA	<b>MAPA-22</b>
PROV: CALCA	FARFAN ENCALADA SUSAN LUCERO	
DEP: CUSCO	SIST. COORD: WSG84 - ZONA 19S	





NIVEL	Nº Edificaciones
BAJO	104
MEDIO	121
ALTO	422
MUY ALTO	158
<b>TOTAL</b>	<b>805</b>



 UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABAAD DEL CUSCO		
FACULTAD DE INGENIERÍA GEOLOGICA, MINAS Y METALURGICA ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA GEOLOGICA		
EVALUACIÓN HIDROLOGICA E HIDRAULICA CON EL SIGILO DE SERIO PARA DETERMINAR EL RIESGO POR FUNDACION EN LA POBLACION RIBERENA AL RIO COCHITO, PROVINCIA CALCA - REGION CUSCO 2017		
<b>MAPA DE NIVEL DE VULNERABILIDAD PARA TR=500 AÑOS</b>		
UBICACION:	ELABORADO POR:	ESCALA SEGURIDAD:
DIST: CALCA	SEQUEIROS CUBA MAYUMI NAZHA	<b>MAPA-23</b>
PROV: CALCA	FARFAN ENCALADA SUSAN LUCERO	
DEP: CUSCO	SIST. COORD: WSG84 - ZONA 19S	



**LEYENDA**

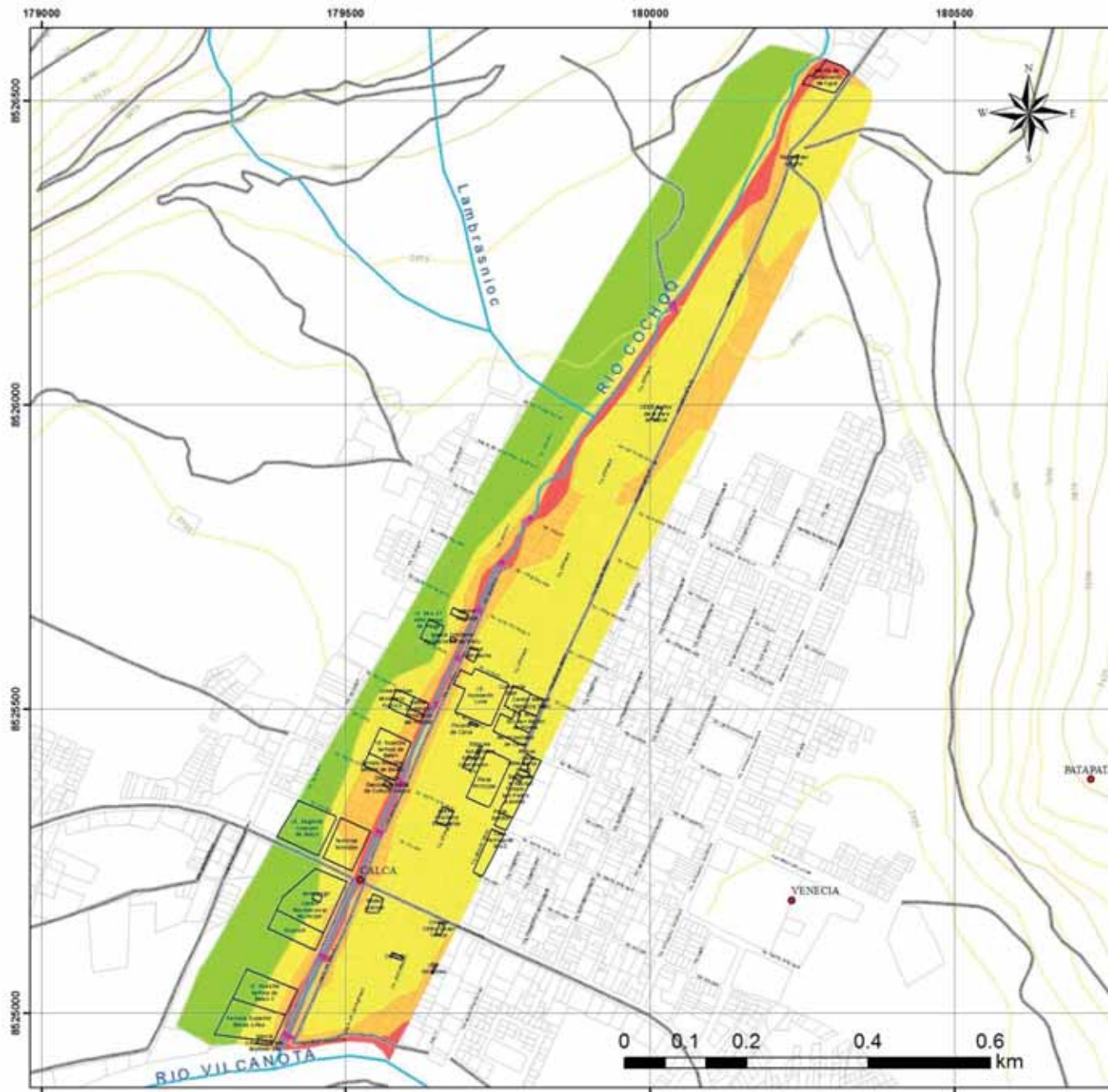
- Centros poblados
- Puentes
- Via principal
- Ríos
- Lotes

**Riesgo para Tr=50**

**Riesgo**

- Bajo
- Medio
- Alto
- Muy Alto

UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO		
FACULTAD DE INGENIERÍA GEOLÓGICA, MINAS Y METALÚRGICA		
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA GEOLÓGICA		
EVALUACIÓN HIDROLÓGICA E HIDRÁULICA CON EL MODELO SIMIO PARA DETERMINAR EL RIESGO POR INUNDACIÓN EN LA POBLACIÓN RIBERENA AL RÍO COCHUGO, PROVINCIA CALCA - REGIÓN CUSCO 2017		
<b>MAPA DE NIVEL DE RIESGO PARA TR=50 AÑOS</b>		
UBICACIÓN:	ELABORADO POR:	ESCALA SEGURIDAD:
DIST: CALCA	SEQUEIROS CUBA MAYUMI NAZHA	<b>MAPA-24</b>
PROV: CALCA	FARFAN ENCALADA SUSAN LUCERO	
DEP: CUSCO	SIST. COORD: WSG84 - ZONA 19S	



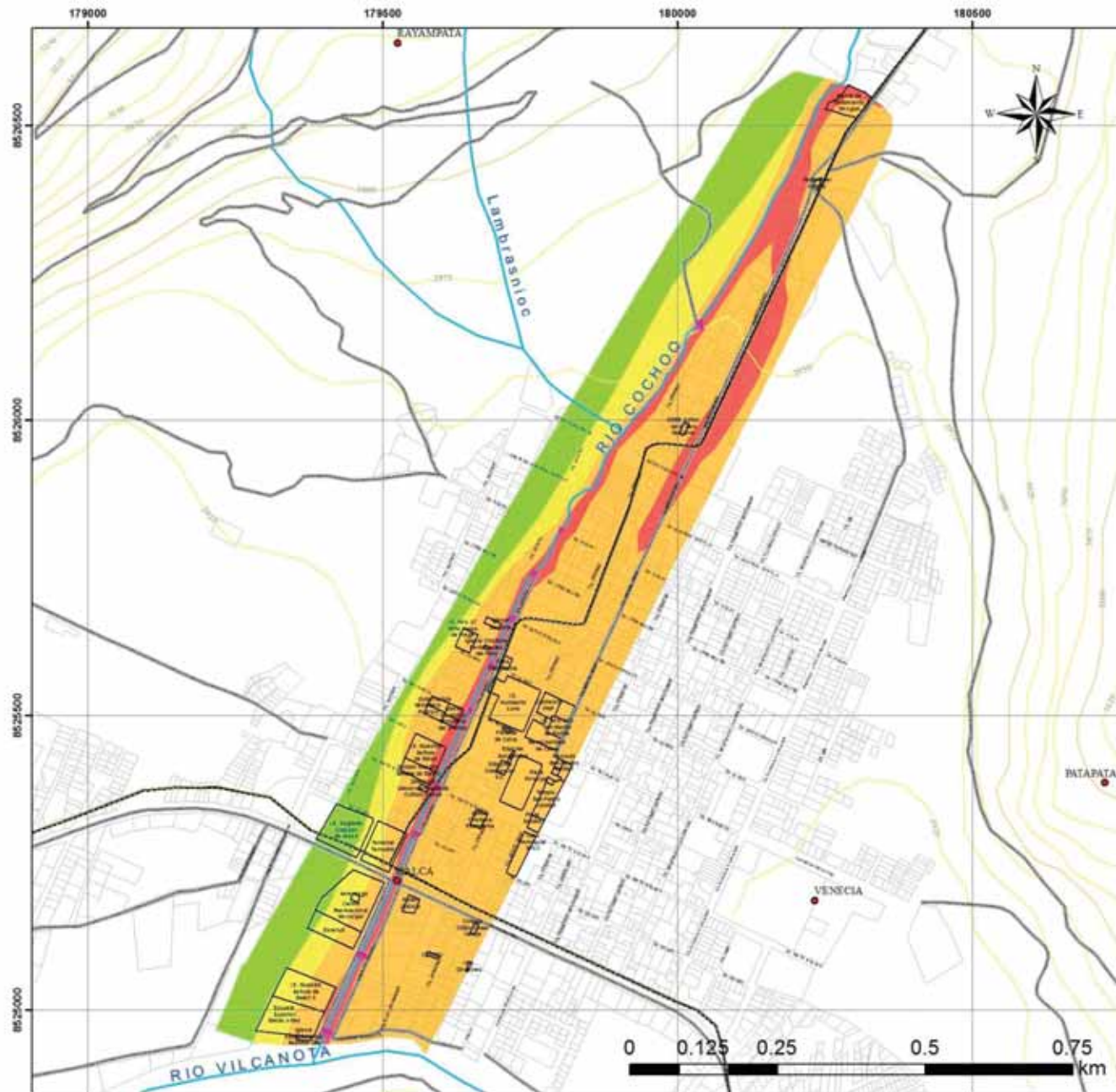
**LEYENDA**

- Centros poblados
- Puentes
- Rios
- Curvas de nivel
- Principales
- Secundarias
- Lotes

**Riesgo**



- Bajo
- Medio
- Alto
- Muy Alto

 UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABAAD DEL CUSCO		
FACULTAD DE INGENIERÍA GEOLÓGICA, MINAS Y METALÚRGICA		
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA GEOLÓGICA		
"EVALUACIÓN HIDROLÓGICA E HIDRÁULICA CON EL MODELO SIMO PARA DETERMINAR EL RIESGO POR INUNDACIÓN EN LA POBLACIÓN RIBERENA AL RIO COCHOQ, PROVINCIA CALCA - REGIÓN CUSCO 2017"		
<b>MAPA DE NIVEL DE RIESGO PARA TR=100 AÑOS</b>		
UBICACIÓN:	ELABORADO POR:	ESCALA SEGURIDAD:
DIST: CALCA	SEQUEIROS CUBA MAYUMI NAZHA	<b>MAPA-25</b>
PROV: CALCA	FARFÁN ENCALADA SUSAN LUCERO	
DEP: CUSCO	SIST. COORD: WSG84 - ZONA 19S	



**LEYENDA**

- Centros poblados
- Puentes
- Via principal
- Via
- Eje
- Curvas de nivel
- Principales
- Secundarias
- Lotes
- Riesgo**
- Bajo
- Medio
- Alto
- Muy Alto

 UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABAAD DEL CUSCO		
FACULTAD DE INGENIERÍA GEOLÓGICA, MINAS Y METALÚRGICA ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA GEOLÓGICA		
<small>EVALUACIÓN HIDROLÓGICA E HIDRÁULICA CON EL MODELO DIERO PARA DETERMINAR EL RIESGO POR INUNDACIÓN EN LA POBLACIÓN RESIDENTE AL RÍO COCHOQ, PROVINCIA CALCA - REGIÓN CUSCO 2017</small>		
<b>MAPA DE NIVEL DE RIESGO PARA TR=500 AÑOS</b>		
UBICACIÓN:	ELABORADO POR:	ESCALA SEGURIDAD:
DIST: CALCA	SEQUEIROS CUBA MAYUMI NAZHA	<b>MAPA-26</b>
PROV: CALCA	FARFAN ENCALADA SUSAN LUCERO	
DEP: CUSCO	SIST. COORD: WSG84 - ZONA 19S	

# ANEXO II

## PANEL FOTOGRAFICO

## PANEL FOTOGRÁFICO



*Fotografía N°1: Se aprecia el equipo de Dron con el que se utilizo*



*Fotografía N°2: Se observa la configuración del dron para empezar el vuelo.*



*Fotografía N°3: Se aprecia la medición de la primera sección en el tramo de carretera Calca-Mesacancha*



*Fotografía N°4: Se observa la medición del tamaño de clastos.*



*Fotografía N°5: Se aprecia la medición de la pendiente del tramo.*



*Fotografía N°6: Se observa la medición de un canal a lado izquierdo del rio Qochoq.*



**Fotografía N°7:** Se observa la medición de la segunda sección, puente de madera en malas condiciones.



**Fotografía N°8:** Se aprecia la medición de la altura del puente de madera con presencia de rocas de gran tamaño



**Fotografía N°9:** Se percibe la medición de un clasto de gran tamaño, gracias al arrastre del río.



**Fotografía N°10:** Se observa la toma de tiempo en que recorre un objeto de un tramo definido.



**Fotografía N°11:** Se aprecia la presencia de vegetación a los laterales del río Qochoq.



**Fotografía N°12:** Se observa presencia de clastos de gran tamaño arrastrados por la fuerza del caudal.



**Fotografía N°13:** Se observa la presencia de una obra de captación del caudal del río Qochoq



**Fotografía N°14:** Se observa al otro lado del río Qochoq otra compuerta de la captación de un canal de irrigación



**Fotografía N°15:** Ya en la ciudad de Calca se observa la canalización total del río Qochoq.



**Fotografía N°16:** A la altura de la plaza mayor de Calca se observa la canalización del río Qochoq con una altura de 2.20 m. y ancho de 15 m.



**Fotografía N°17:** Se aprecia a la altura de la población de Mesacancha la presencia de un muro a uno de los laterales del río Qochoq.



**Fotografía N°18:** Se observa a la altura de Huamanchoque zonas arbustivas alrededor del río Qochoq.





**Fotografía N°19:** Se observa material coluvial, presencia de areniscas y gravas limo-arcillosa, en la carretera de Calca-Mesacancha.



**Fotografía N°20:** Se aprecia el mismo material coluvial en el tramo de carretera Calca-Accha baja.

# ANEXO III

CALCULO DEL CAUDAL POR  
MÉTODO DIRECTO

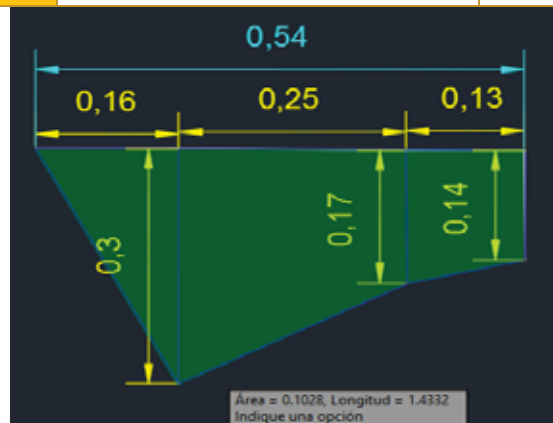
## CÁLCULOS PARA HALLAR EL CAUDAL POR EL MÉTODO DIRECTO

CAUDAL POR EL MÉTODO DIRECTO	
<b>TESIS</b>	EVALUACIÓN HIDROLÓGICO E HIDRÁULICO APLICANDO EL MODELO IBER PARA DETERMINAR EL RIESGO POR INUNDACIÓN EN LA POBLACIÓN RIBEREÑA AL RIO QOCHOQ, PROVINCIA DE CALCA Y REGIÓN CUSCO-2017
<b>UBICACIÓN</b>	RIO QOCHOQ, Tramo carretera Calca-Machacancha
<b>ELABORADO POR</b>	Mayumi Naisha Sequeiros Cuba Susan Lucero Farfan Encalada
<b>FECHA</b>	Primera salida 18/08/2018 Segunda salida 23/02/2019

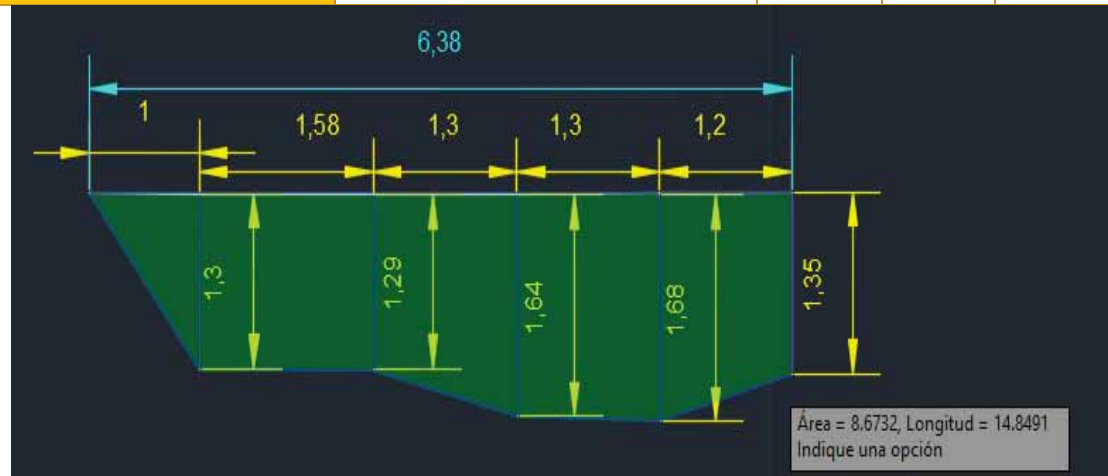


### SECCIÓN 1

<b>UBICACIÓN</b>	Coordenadas UTM	X	181274.272
		Y	8527950.755
		Z	3068 m.s.n.m.
	Longitud del cauce	0.54	m
	Área	0.10	m <sup>2</sup>
	Perímetro mojado	0.89	m
	Radio hidráulico	0.12	m



	Longitud del cauce	6.38	m
	Área	8.67	m <sup>2</sup>
	Perímetro mojado	8.47	m
	Radio hidráulico	1.02	m

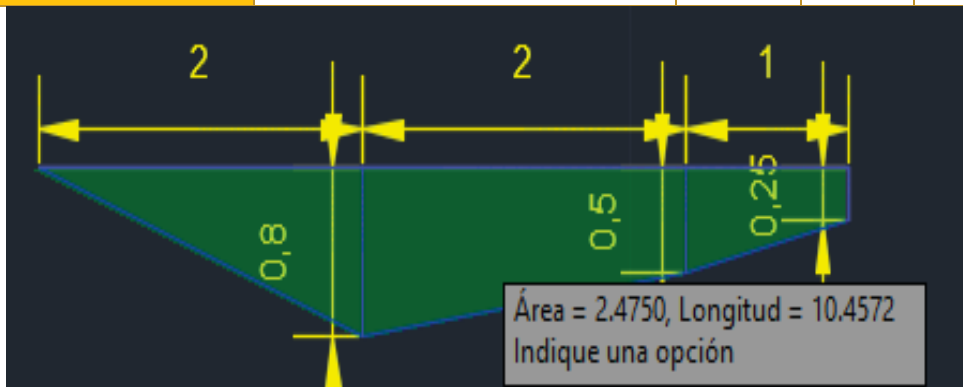


<b>TAMAÑO DE CLASTOS</b>	Clasto mayor	1.7	m
	Clasto menor	0.5	m
<b>PENDIENTE</b>	Pendiente	4	°
<b>MEDICIÓN DE VELOCIDAD</b>	Longitud	4	m
	t1	19	s
	t2	23	s
	<b>tpromedio</b>	<b>21</b>	<b>s</b>

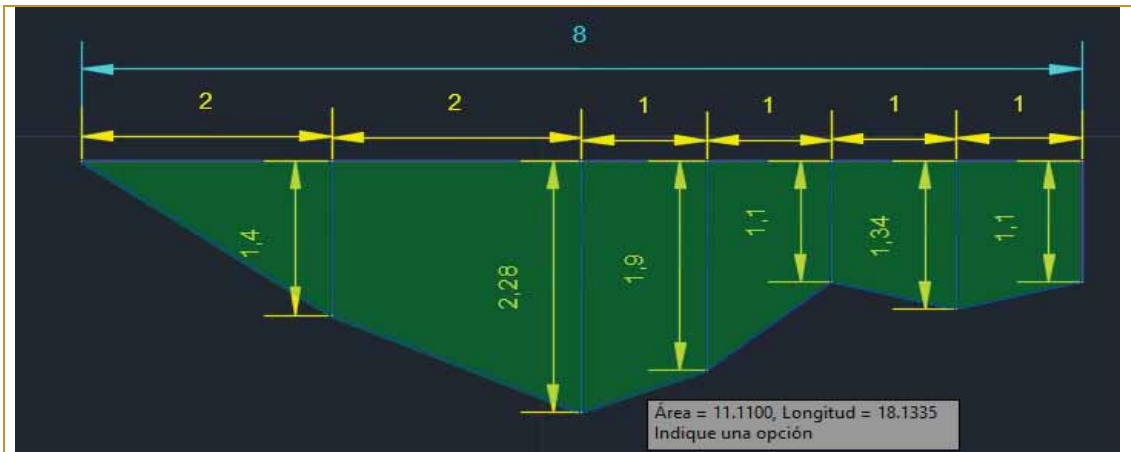
**SECCIÓN 2**

<b>UBICACIÓN</b>	Coordenadas UTM	X	181189.076
		Y	852785.613
		Z	3029 msnm

	Longitud del cauce	0.54	m
	Área	0.10	m <sup>2</sup>
	Perímetro mojado	0.89	m
	Radio hidráulico	0.12	m

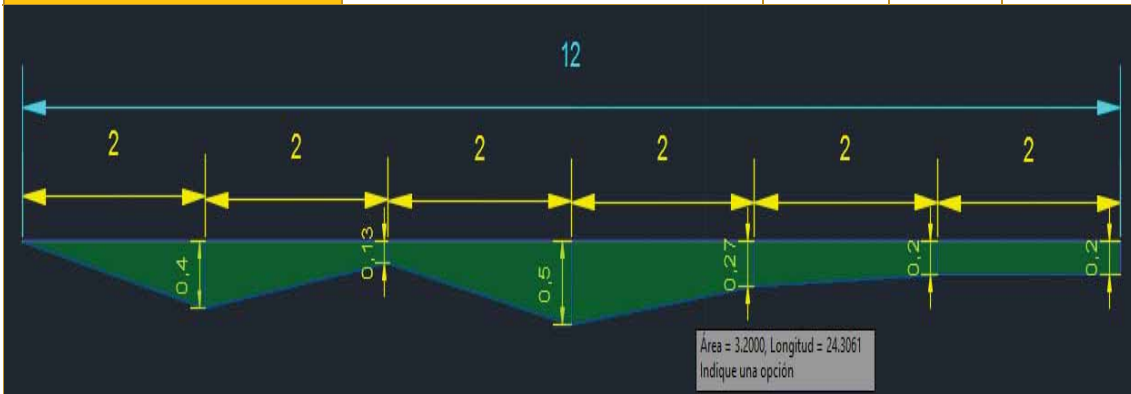


	Longitud del cauce	8.90	m
	Área	11.11	m <sup>2</sup>
	Perímetro mojado	9.23	m
	Radio hidráulico	1.20	m

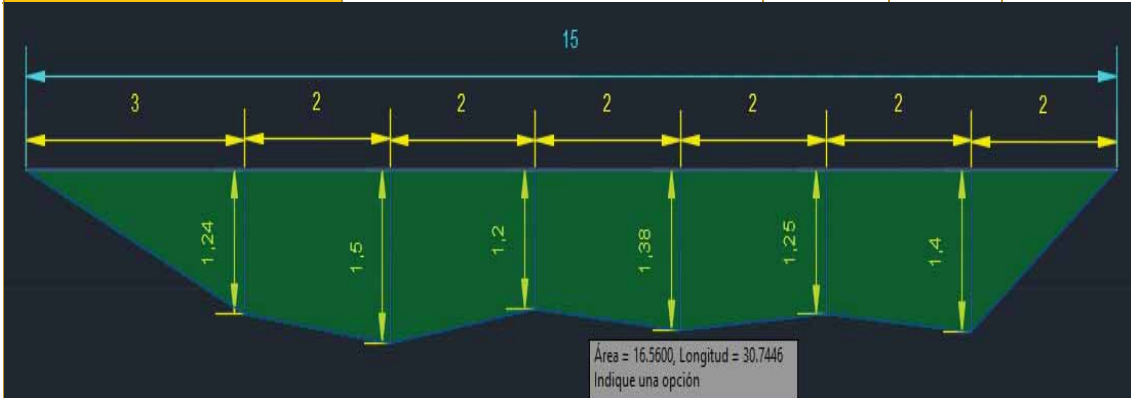


### SECCIÓN 3

<b>UBICACIÓN</b>	Coordenadas UTM	X	181089.592	
		Y	8527761.842	
		Z	3065	msnm
	Longitud del cauce	12	m	
	Área	3.2	m <sup>2</sup>	
	Perímetro mojado	12.31	m	
	Radio hidráulico	0.26	m	



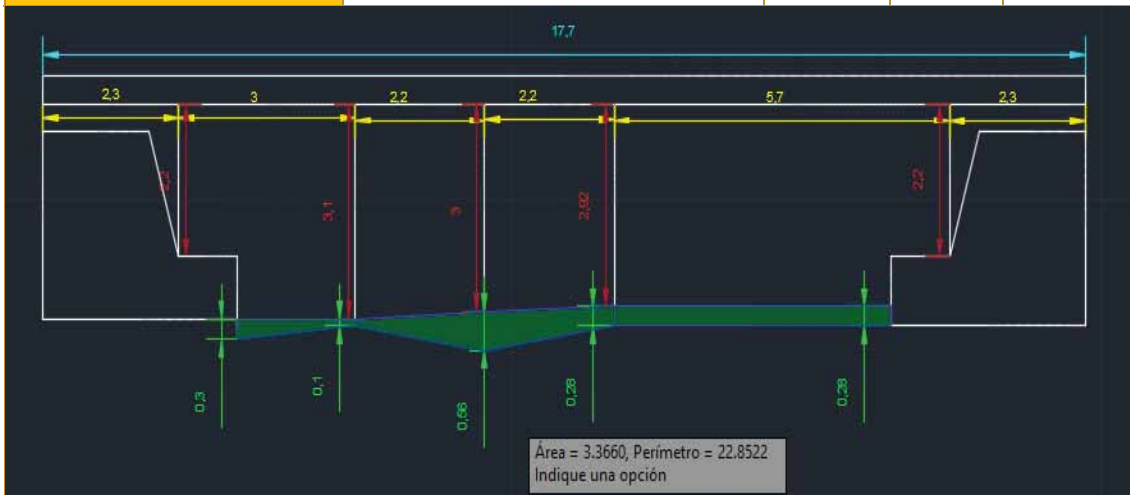
	Longitud del cauce	15	m	
	Área	16.56	m <sup>2</sup>	
	Perímetro mojado	15.74	m	
	Radio hidráulico	1.05	m	



<b>TAMAÑO DE CLASTOS</b>	Clasto mayor	0.80	m
	Clasto menor	0.10	m
<b>PENDIENTE</b>	Pendiente	4	°

### SECCIÓN 4

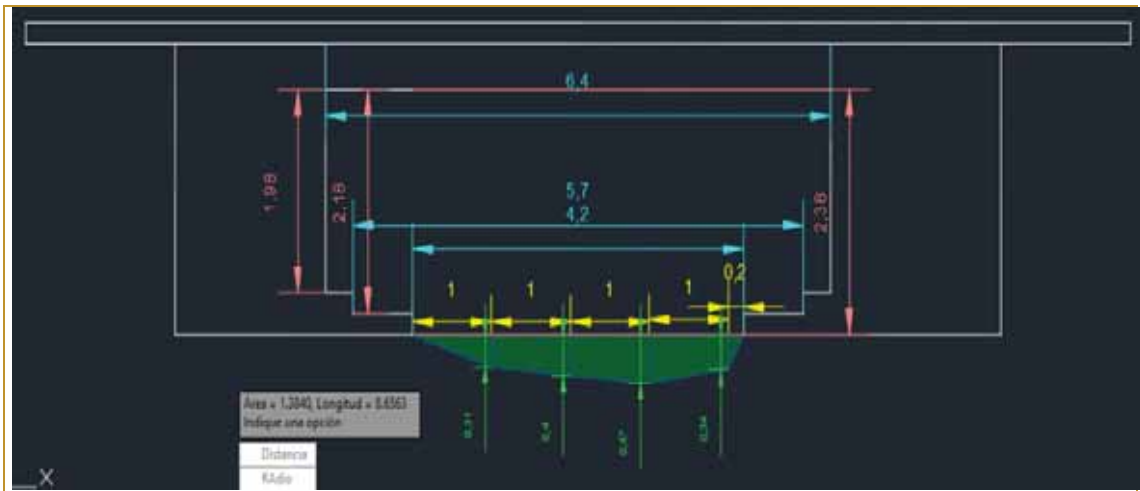
<b>UBICACIÓN</b>	Coordenadas UTM	X	181068.425
		Y	8527736.971
		Z	3060 msnm
	Longitud del cauce	17.7	m
	Área	3.37	m <sup>2</sup>
	Perímetro mojado	5.15	m
	Radio hidráulico	0.65	m



<b>MEDICIÓN DE VELOCIDAD</b>	Longitud	12.3	m
	t1	21	s
	t2	19.56	s
	t4	22	s
	t5	21	s
	<b>tpromedio</b>	<b>20.89</b>	<b>s</b>

### SECCIÓN 5

<b>UBICACIÓN</b>	Coordenadas UTM	X	180036.174
		Y	8526159.24
		Z	3048 msnm
	Longitud del cauce	4.20	m
	Área	1.38	m <sup>2</sup>
	Perímetro mojado	4.46	m
	Radio hidráulico	0.31	m



<b>TAMAÑO DE CLASTOS</b>	Clasto mayor	0.65	m	
	Clasto menor	0.10	m	
<b>PENDIENTE</b>	Pendiente	5	°	

Se desarrolló el promedio de áreas y perímetros mojados para calcular el caudal según el método directo.

SECCIONES	ÁREA	RADIO HIDRÁULICO
SECCIÓN 1	8.67	1.02
SECCIÓN 2	11.11	1.20
SECCIÓN 3	16.56	1.05
SECCIÓN 4	3.37	0.65
SECCIÓN 5	1.38	0.31
<b>PROMEDIO</b>	<b>8.22</b>	<b>0.85</b>

De igual forma se realizó el promedio de pendientes:

PENDIENTE		
S	SECCIÓN 1	4°
	SECCIÓN 5	5°
	<b>PROMEDIO</b>	<b>4.5°</b>

## MÉTODO DIRECTO

Para el cálculo se utilizaron los datos de cinco secciones en diferentes puntos de la zona de estudio a una distancia de 12.38 km. La fórmula utilizada para el cálculo es la siguiente:

$$Q = \frac{1}{n} AR^{\frac{2}{3}} S^{\frac{1}{2}}$$

Donde:

<b>n</b>	Coefficiente de Manning-Rugosidad	
<b>A</b>	Área de la sección medida en campo	km <sup>2</sup>
<b>P</b>	Perímetro mojado de la sección	km
<b>R</b>	Radio hidráulico promedio= A/P	km
<b>S</b>	Pendiente del tramo en estudio	m/m

Para el coeficiente de Manning se tomó los valores de Horton. (Hidrología, 2002, p. 246)

Tabla 130: Valores de Coeficiente de Manning

Tabla 6.2 Valores de n dados por Horton para ser usados en las fórmulas de Kutter y de Manning				
Superficie	Condiciones de las paredes			
	Perfectas	Buenas	Medianas	Malas
Tubería hierro forjado negro comercial	0.012	0.013	0.014	0.015
Tubería hierro forjado galvanizado comercial	0.013	0.014	0.015	0.017
Tubería de latón o vidrio	0.009	0.010	0.011	0.013
Tubería acero remachado en espiral	0.013	0.015*	0.017*	
Tubería de barro vitrificado	0.010	0.013*	0.015	0.017
Tubos comunes de barro para drenaje	0.011	0.012*	0.014*	0.017
Tabique vidriado	0.011	0.012	0.013	0.015
Tabique con mortero de cemento; albañales de tabique	0.012	0.013	0.015*	0.017
Superficies de cemento pulido	0.010	0.011	0.012	0.013
Superficies aplanadas con mortero de cemento	0.011	0.012	0.013*	0.015
Tuberías de concreto	0.012	0.013	0.015*	0.016
Tuberías de duela	0.010	0.011	0.012	0.013
Acueductos de tablón:				
Labrado	0.010	0.012*	0.013	0.014
Sin labrar	0.011	0.013*	0.014	0.015
Con astillas	0.012	0.015*	0.016	
Canales revestidos con concreto	0.012	0.014*	0.016*	0.018
Superficie de mampostería con cemento	0.017	0.020	0.025	0.030
Superficie de mampostería en seco	0.025	0.030	0.033	0.035
Acueducto semicirculares metálicos, lisos	0.011	0.012	0.013	0.015
Acueducto semicirculares	0.0225	0.025	0.0275	0.030
metálicos corrugados				
Canales y zanjas:				
En tierra, alineados y uniformes	0.017	0.020	0.0225	0.025*
En roca, lisos y uniformes	0.025	0.030	0.033*	0.035
En roca, con salientes y sinuosos	0.035	0.040	0.045	
Sinuosos y de escurrimiento lento	0.0225	0.025*	0.0275	0.030
Degradados en tierra	0.025	0.0275*	0.030	0.033
Con lecho pedregoso y bordos de tierra ent herbados	0.025	0.030	0.035*	0.040
Plantilla de tierra, taludes asperos	0.028	0.030*	0.033*	0.035
Corrientes naturales:				
(1) Limpios, bordos rectos, llenos, sin hendiduras ni charcos profundos	0.025	0.0275	0.030	0.033
(2) Igual al (1) pero con algo de hierba y piedra	0.030	0.033	0.035	0.040
(3) Sinuosos, algunos charcos y escollos, limpio	0.033	0.035	0.040	0.045
(4) Igual al (3), de poco tirante, con pendiente y sección menos eficiente.	0.040	0.045	0.050	0.055
(5) Igual al (3), algo de hierba y piedras.	0.035	0.040	0.045	0.050
(6) Igual al (4), secciones pedregosas.	0.045	0.050	0.055	0.060
(7) Ríos con tramos lentos, cauce ent herbado o con charcos profundos.	0.050	0.060	0.070	0.080
(8) Playas muy ent herbadas	0.075	0.100	0.125	0.150

(\*) Valores de uso común en proyectos

Fuente: Villon. (2002). Hidrología. Lima: Edición Villon.

Tomando el valor de coeficiente de Manning igual a **0.033**.



De las cinco secciones realizadas en campo, se tomó el promedio de área, radio hidráulico y pendiente.

*Tabla 131: Promedio de áreas y radios hidráulicos*

SECCIONES	ÁREA	RADIO HIDRÁULICO
SECCIÓN 1	8.67	1.02
SECCIÓN 2	11.11	1.20
SECCIÓN 3	16.56	1.05
SECCIÓN 4	3.37	0.65
SECCIÓN 5	1.38	0.31
<b>PROMEDIO</b>	<b>8.22</b>	<b>0.85</b>

*Fuente: Elaboración propia*

*Tabla 132: Promedio de pendientes*

PENDIENTE		
S	SECCIÓN 1	4°
	SECCIÓN 5	5°
	<b>PROMEDIO</b>	4.5°

*Fuente: Elaboración propia*

Reemplazando los datos en la formula nos da como resultado **13.08**