



**UNIVERSIDAD ESTATAL PENÍNSULA DE SANTA ELENA  
FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA  
CARRERA INGENIERÍA CIVIL**

**TEMA:**

**“ESTUDIO HIDROLÓGICO DE LA CUENCA DEL RÍO OLÓN”**

**TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR**

**AUTOR (ES):**

**LUCIO JORGE CABRERA ROSALES**

**JELYCKA LILIANA FIGUEROA CHANCAY**

**TUTOR:**

**ING. FRANCISCO JAVIER MONTALVAN TOALA, PhD.**

**LA LIBERTAD, ECUADOR**

**2022**

**UNIVERSIDAD ESTATAL PENÍNSULA DE SANTA  
ELENA**

**FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA  
CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL**

**“ESTUDIO HIDROLÓGICO DE LA CUENCA DEL RÍO OLÓN”**

**TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR**

**AUTORES:**

**LUCIO JORGE CABRERA ROSALES  
JELYCKA LILIANA FIGUEROA CHANCAY**

**TUTOR:**

**ING. FRANCISCO JAVIER MONTALVAN TOALA, PhD.**

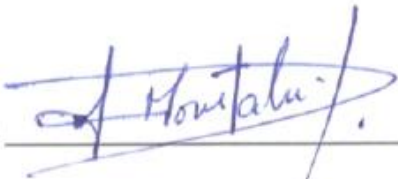
La Libertad, Ecuador

2022


# TRIBUNAL DE SUSTENTACIÓN

f. 

Ing. Jonny Raúl Villao Borbor, MSc.  
**DIRECTOR DE CARRERA**

f. 

Ing. Francisco Javier Montalván Toala, PhD.  
**DOCENTE TUTOR**

f. 

Ing. Guido Moisés Ortiz Safadi, MSc.  
**DOCENTE ESPECIALISTA**

f. 

Ing. Lucrecia Cristina Moreno Alcivar, PhD.  
**DOCENTE UIC**

# DECLARACIÓN DE AUTORÍA

Nosotros, **LUCIO JORGE CABRERA ROSALES** y **JELYCKA LILIANA FIGUEROA CHANCAY**, declaramos bajo juramento que el presente trabajo de titulación denominado “ESTUDIO HIDROLÓGICO DE LA CUENCA DEL RÍO OLÓN”, no tiene antecedentes de haber sido elaborado en la Facultad de **CIENCIAS DE LA INGENIERÍA**, Carrera de **INGENIERÍA CIVIL**, lo cual es un trabajo exclusivamente inédito de nuestra autoría.

Por medio de la presente declaración cedemos los derechos de autoría y propiedad intelectual, correspondientes a este trabajo, a la Universidad Estatal Península de Santa Elena, según lo establecido por la ley de propiedad intelectual, por su reglamento y por la normativa institucional vigente.

Atentamente,

**AUTORES**

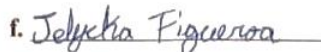
f.



**LUCIO JORGE CABRERA ROSALES**

**C.I. 2400134900**

f.



**JELYCKA LILIANA FIGUEROA CHANCAY**

**C.I. 2450010315**

# CERTIFICACIÓN DEL TUTOR

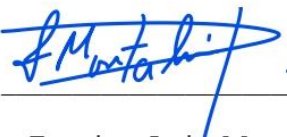
Ing. Francisco Javier Montalván Toala, PhD

## TUTOR DE TRABAJO DE INTEGRACION CURRICULAR

Universidad Estatal Península De Santa Elena

En calidad de tutor del presente trabajo de titulación, modalidad Proyecto de Investigación **“ESTUDIO HIDROLÓGICO DE LA CUENCA DEL RÍO OLÓN”**, previo la obtención del título de **INGENIERO CIVIL** elaborado por **Sr. CABRERA ROSALES LUCIO JORGE Y Srta. FIGUEROA CHANCAY JELYCKA LILIANA**, egresados de la **CARRERA DE INGENIERIA CIVIL**, Facultad de **CIENCIAS DE LA INGENIERÍA** de la Universidad Estatal Península De Santa Elena, me permito declarar que luego de haberla dirigido, estudiado y revisado, la apruebo en su totalidad.

Atentamente,

f. 

Ing. Francisco Javier Montalván Toala, PhD.  
C.I. 0918533415  
DOCENTE TUTOR

# CERTIFICACIÓN DE GRAMATOLOGÍA

Yo, Magister. Aurora Colombia Rosales Tomalá, certifico:

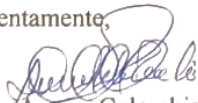
Que he revisado la ortografía y la redacción del trabajo de titulación “**ESTUDIO HIDROLÓGICO DE LA CUENCA DEL RÍO OLÓN**”, elaborado por Lucio Jorge Cabrera Rosales y Jelycka Liliana Figueroa Chancay, previo a la obtención del título de **INGENIERO CIVIL**.

Por tal manera he procedido a leer y analizar de manera profunda el estilo y la forma del contenido del texto:

- Se denota pulcritud en la escritura.
- La acentuación es precisa.
- Se utiliza los signos de puntuación de manera acertada.
- No incurre en errores en la utilización de las letras
- La aplicación de la sinonimia es correcta.
- Se maneja conocimiento y precisión de la morfosintaxis.

Por expuesto y en uso de mis derechos como Magister en Docencia y Educación, recomiendo la VALIDEZ ORTOGRÁFICA de su tesis y dejo a vuestra consideración el certificado de rigor para los efectos legales correspondientes.

Atentamente,



Mg. Aurora Colombia Rosales Tomalá

C.I. 0910000264

Registro SENESCYT: 1031-13-86033479

## CERTIFICADO DE ANTIPLAGIO

En calidad de tutor del trabajo de titulación denominado “**ESTUDIO HIDROLÓGICO DE LA CUENCA DEL RÍO OLÓN**”, elaborado por los estudiante **Sr. CABRERA ROSALES LUCIO JORGE Y Srta. FIGUEROA CHANCAY JELYCKA LILIANA**, egresados de la **CARRERA DE INGENIERIA CIVIL**, de la facultad de **CIENCIAS DE LA INGENIERIA** de la Universidad Estatal Península de Santa Elena, previo a la obtención del título de **INGENIERA CIVIL**, me permito declarar que una vez analizado en el sistema antiplagio **COMPILATIO**, luego de haber cumplido con los requerimientos exigidos de valoración, el presente proyecto ejecutado, se encuentra con 8% de la valoración permitida, por consiguiente se procede a emitir el presente informe.

Adjunto reporte de similitud.

Atentamente,

f. 

Ing. Francisco Javier Montalván Toala, PhD.  
C.I. 0918533415  
DOCENTE TUTOR

# REPORTE SIMILITUD



CERTIFICADO DE ANÁLISIS  
register

## Figueroa-Cabrera

8% Similitudes  
1% Texto entre comillas  
< 1% similitudes entre comillas  
< 1% Idioma no reconocido

Nombre del documento: Figueroa-Cabrera.docx  
ID del documento: 9ad1e986331a7812c91e3542ae1505f24eb142c5  
Tamaño del documento original: 88.22 kb

Depositante: FRANCISCO JAVIER MONTALVAN TOALA  
Fecha de depósito: 16/2/2023  
Tipo de carga: Interface  
Fecha de fin de análisis: 16/2/2023

Número de palabras: 13.238  
Número de caracteres: 81.685

Ubicación de las similitudes en el documento:



### Fuentes principales detectadas

N°	Descripciones	Similitudes	Ubicaciones	Datos adicionales
1	<a href="https://repositorio.upse.edu.ec/bitstream/46000/5245/1/UPSE-TIC-2020-0001.pdf">repositorio.upse.edu.ec   Modelación hidrológica del río Manglaralto para la genera...</a> https://repositorio.upse.edu.ec/bitstream/46000/5245/1/UPSE-TIC-2020-0001.pdf 1 fuente similar	3%		Palabras idénticas: 3% (405 palabras)
2	<a href="https://library.cei.edu.ec/bitstream/24495/2/modificacion-hidrológica-manglaralto-generacion-mundacion-p...">library.cei.edu.ec   Modelación hidrológica del río Manglaralto para la generación de mapa...</a> https://library.cei.edu.ec/bitstream/24495/2/modificacion-hidrológica-manglaralto-generacion-mundacion-p... 1 fuente similar	2%		Palabras idénticas: 2% (258 palabras)
3	<a href="https://repositorio.upse.edu.ec/bitstream/46000/501/1/UPSE-TIC-2021-0022.pdf">repositorio.upse.edu.ec   Estudio de transporte de sedimentos en el cauce de un río...</a> https://repositorio.upse.edu.ec/bitstream/46000/501/1/UPSE-TIC-2021-0022.pdf	1%		Palabras idénticas: 1% (202 palabras)
4	<a href="https://dspace.upse.edu.ec/bitstream/123456789/18354/1/UPS-C7008084.pdf">dspace.upse.edu.ec   Caracterización morfológica y estudio hidrológico de la microc...</a> https://dspace.upse.edu.ec/bitstream/123456789/18354/1/UPS-C7008084.pdf	1%		Palabras idénticas: 1% (148 palabras)
5	<a href="https://www.cursosigix.com/">www.cursosigix.com   ¿Qué es HEC - RAS y para qué sirve?</a> https://www.cursosigix.com/que-es-hec-ras-y-para-que-sirve/ 2 fuentes similares	< 1%		Palabras idénticas: < 1% (91 palabras)

### Fuentes con similitudes fortuitas

N°	Descripciones	Similitudes	Ubicaciones	Datos adicionales
1	<a href="https://conceptodefinicion.de/">conceptodefinicion.de   ¿Qué es Hidrología? = Su Definición y Significado [2023]</a> https://conceptodefinicion.de/hidrologia/	< 1%		Palabras idénticas: < 1% (19 palabras)
2	<a href="https://www.mdpi.com/2073-4441/14/19/9174">www.mdpi.com   Water   Free Full-Text   Flash Flood Susceptibility Assessment Bas...</a> https://www.mdpi.com/2073-4441/14/19/9174	< 1%		Palabras idénticas: < 1% (18 palabras)
3	<a href="http://repositorio.uta.edu.ec/bitstream/123456789/69205/03/RNH.223.TRABAJO%20GRADUADO.pdf">repositorio.uta.edu.ec   Identificación y caracterización de las zonas de recarga hidr...</a> http://repositorio.uta.edu.ec/bitstream/123456789/69205/03/RNH.223.TRABAJO%20GRADUADO.pdf	< 1%		Palabras idénticas: < 1% (20 palabras)
4	<a href="https://civilgeeks.com/2018/04/06/conceptos-basicos-de-cuencas/">civilgeeks.com   Conceptos Básicos de Cuencas   CivilGeeks.com</a> https://civilgeeks.com/2018/04/06/conceptos-basicos-de-cuencas/	< 1%		Palabras idénticas: < 1% (25 palabras)
5	<a href="http://revstatyca.org.mx/index.php/tyca/article/download/472/1/624/1028">revstatyca.org.mx</a> http://revstatyca.org.mx/index.php/tyca/article/download/472/1/624/1028	< 1%		Palabras idénticas: < 1% (16 palabras)

# **DEDICATORIA**

Dedico el presente trabajo de titulación a Dios, por ser un pilar en el cual poder apoyarme tanto emocional como psicológicamente. A mi madre que, con su apoyo, amor y la confianza que ha puesto en mí, ha hecho que siga adelante con mis estudios y poder culminar mi carrera.

***LUCIO JORGE CABRERA ROSALES***

Dedico el presente trabajo de titulación a mis padres Margarita Chancay Mero y Kleber Figueroa quienes me ayudaron a superar obstáculos que con su apoyo, amor y confianza permitieron continuar con mis estudios.

A mis hermanos Kelvin y Bryan que no se den nunca por vencidos, por más obstáculos que se les presenten a lo largo de la vida, nada es imposible cuando se tiene fe, ganas y deseos de superarse.

***JELYCKA LILIANA FIGUEROA CHANCAY***

## **AGRADECIMIENTOS**

Antes que nada, agradezco principalmente a Dios por darme la fe y las fuerzas para seguir adelante en mi proceso de culminación de la carrera. A mi madre Manuela Rosales Tomalá quien me supo sacar adelante ella sola a pesar de todos los obstáculos que se le presento en la vida, siempre estuvo apoyándome en mis estudios y en el proceso de toda la carrera.

A mis hermanas Jomaly, Brenda y Dayanara quienes me siguieron apoyando en la manera que mejor pudieran en cada una de mis metas que me propuse a cumplir, a mi novia, que con su ayuda y paciencia logramos culminar el presente trabajo de titulación.

A los docentes de la carrera de Ingeniería civil y de manera especial al a mi tutor de tesis Ing. Francisco Javier Montalván Toala que, con su conocimiento y guía se logró culminar con satisfacción el presente trabajo de titulación.

Agradezco a la Universidad Rey Juan Carlos y al CIPAT-ESPOL por abrírnos sus puertas, brindándonos su apoyo y conocimiento necesario en la elaboración de este trabajo para nuestro desarrollo como profesionales.

***LUCIO JORGE CABRERA ROSALES***

En primer lugar, quiero agradecerle a Dios por darme las fuerzas y haberme permitido finalizar esta etapa de mi vida, superando todos los obstáculos con conocimiento, sabiduría y paciencia para llegar a mis metas.

Mi más sincero agradecimiento a mi tutor Ing. Francisco Javier Montalván Toala por la paciencia la enseñanza, el conocimiento impartido, el tiempo brindado en el transcurso de la tesis.

A mi familia, y a mi novio por su paciencia, por brindarme su apoyo incondicional, impulsándome a seguir adelante para lograr mis metas, que con fuerza, fe y dedicación todo se puede.

Agradezco a la Universidad Ray Juan Carlos y al CIPAT-ESPOL, por abrirnos las puertas de su institución, de igual manera por su colaboración, apoyo y conocimientos al realizar este trabajo de titulación culminándola con éxito.

***JELYCKA LILIANA FIGUEROA CHANCAY***

# TABLA DE CONTENIDO

	Pág.
TRIBUNAL DE SUSTENTACIÓN .....	ii
DECLARACIÓN DE AUTORÍA .....	iii
CERTIFICACIÓN DEL TUTOR .....	iv
CERTIFICACIÓN DE GRAMATOLOGÍA.....	v
CERTIFICADO DE ANTIPLAGIO .....	vi
DEDICATORIA .....	viii
AGRADECIMIENTOS .....	x
TABLA DE CONTENIDO.....	xii
LISTA DE FIGURAS .....	xvi
LISTA DE TABLAS .....	xxi
RESUMEN.....	xxiii
ABSTRACT .....	xxiv
CAPITULO I: INTRODUCCIÓN .....	1
1.1.PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN.....	4
1.2.ANTECEDENTES.....	5
1.3.HIPÓTESIS.....	9
1.3.1. Hipótesis General. ....	9
1.3.2. Hipótesis Específicas. ....	9
1.4.OBJETIVOS .....	10
1.4.1. Objetivo General. ....	10
1.4.2. Objetivos Específicos.....	10
1.5.ALCANCE.....	10
1.6.VARIABLES .....	11
1.6.1. Variables Independientes.....	11
1.6.2. Variable Dependiente.....	11
CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO.....	12
2.1 CONCEPTO GENERAL DE HIDROLOGÍA .....	12
2.2 HIDROLOGÍA DE CAUCES DE RÍOS .....	13
2.3 HIDROLOGÍA E HIDRÁULICA DE CUENCAS.....	15

2.4 FLUJO LAMINAR Y TURBULENTO EN CAUCES DE RÍOS.....	16
2.5 PRECIPITACIONES .....	17
2.6 EVAPORACIÓN .....	18
2.7 TEMPERATURA .....	19
2.8 EVAPOTRANSPIRACIÓN.....	20
2.9 BALANCE HÍDRICO.....	21
2.10 HIDROGRAMA DE DISEÑO .....	22
2.11 CAUDAL DIRECTO .....	22
2.12 SECCIONES EN EL CAUCE DEL RÍO .....	22
2.12.1 Pendiente longitudinal. ....	23
2.12.2 Sección transversal. ....	23
<b>CAPITULO III METODOLOGÍA .....</b>	<b>24</b>
3.1 TIPO Y NIVEL DE INVESTIGACIÓN.....	25
3.1.1 Tipo.....	25
3.1.2 Nivel. ....	25
3.2 MÉTODO, ENFOQUE Y DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN.....	26
3.2.1 Método.....	26
3.2.2 Enfoque.....	26
3.2.3 Diseño. ....	26
3.3 POBLACIÓN, MUESTRA Y MUESTREO .....	27
3.3.1 Población. ....	27
3.3.2 Muestra.....	27
3.3.3 Muestreo.....	27
3.4 UBICACIÓN DEL SECTOR DE ESTUDIO.....	28
3.5 METODOLOGIA DEL OE.1: DETERMINACIÓN DE LAS CARACTERÍSTICAS FÍSICAS DE LA CUENCA .....	30
3.5.1 Variables morfológicas y topográficas de la cuenca.....	30
3.6 METODOLOGIA DEL OE.2, ESTIMACIÓN DEL CAUDAL QUE FLUYE POR EL CAUCE DEL RÍO OLÓN..	31
3.6.1 Tiempo de Concentración.....	31
3.6.2 Intensidad de Lluvia- Períodos de Retorno. ....	31
3.6.3 Coeficiente de Escorrentía. ....	32
3.6.4 Método Racional - Caudal de Diseño. ....	33
3.7 METODOLOGIA DEL OE.3, REALIZACIÓN DE LA ESTIMACIÓN DE LAS ZONAS DE INUNDACIÓN .....	33

3.7.1	Modelación hidrológica de la relación lluvia - escorrentía.....	33
3.7.2	Método de relación lluvia–escurrimiento.....	33
3.7.3	Método de bloque alterno.....	34
3.7.4	Hidrograma Unitario.....	35
3.7.5	Hidrograma unitario sintético del SCS.....	35
3.7.6	Umbral de escorrentía–Número de curva por el método SCS.....	35
3.7.7	Metodología para simulación de inundaciones.....	36
3.7.8	Coefficiente de Manning.....	37
3.7.9	Tiempo de Retardo.....	38
3.7.10	Descripción del programa HEC-HMS 4.9.....	38
3.7.11	Descripción del programa Hec Geo Ras.....	38
3.7.12	Descripción del programa HEC-RAS 5.0.1.....	39
<b>CAPITULO IV: ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS .....</b>		<b>40</b>
4.1	<b>DEFINICIÓN DE ESCENARIOS PARA LA MODELACIÓN .....</b>	<b>40</b>
4.2	<b>ANÁLISIS DE RESULTADOS OE.1, CARACTERÍSTICAS FÍSICAS DE LA CUENCA .....</b>	<b>41</b>
4.2.1	Caracterización de la cuenca del río Olón.....	41
4.2.2	Cuencas de análisis.....	42
4.2.2.1	<i>Cuenca Alta</i> .....	42
4.2.2.2	<i>Cuenca Media</i> .....	43
4.2.2.3	<i>Cuenca Baja</i> .....	43
4.3	<b>ANÁLISIS DE RESULTADOS OE.2, CAUDAL QUE FLUYE POR EL CAUCE DEL RÍO OLÓN POR EL MÉTODO RACIONAL .....</b>	<b>44</b>
4.3.1	Tiempo de Concentración.....	44
4.3.2	Intensidad de Lluvia- Períodos de Retorno.....	44
4.3.3	Coefficiente de Escorrentía.....	45
4.3.4	Método Racional - Caudal de Diseño .....	46
4.4	<b>ANÁLISIS DE RESULTADOS OE.3, ESTIMACIÓN DE LAS ZONAS DE INUNDACIÓN DEL CAUCE DEL RÍO OLÓN.....</b>	<b>48</b>
4.4.1	Método del Bloque Alterno.....	48
4.4.2	Coefficiente de Manning.....	52
4.4.3	Tiempo de Retardo.....	52
4.4.4	Número de curva .....	53

4.4.5	Escenario 1. ....	54
4.4.3.1	<i>Tramo de la Cuenca Alta.</i> ....	55
4.4.3.2	<i>Tramo de la Cuenca Media.</i> ....	58
4.4.3.3	<i>Tramo de la Cuenca Baja.</i> ....	61
4.4.6	Escenario 2. ....	63
4.4.4.1	<i>Tramo de la Cuenca Alta</i> ....	64
4.4.4.2	<i>Tramo de la Cuenca Media.</i> ....	67
4.4.4.3	<i>Tramo de la Cuenca Baja.</i> ....	70
4.4.7	Escenario 3. ....	72
4.4.5.1	<i>Tramo de la Cuenca Alta.</i> ....	73
4.4.5.2	<i>Tramo de la Cuenca Media.</i> ....	76
4.4.5.3	<i>Tramo de la Cuenca Baja.</i> ....	79
4.4.8	Escenario 4. ....	81
4.4.6.1	<i>Tramo de la Cuenca Alta.</i> ....	82
4.4.6.2	<i>Tramo de la Cuenca Media.</i> ....	85
4.4.6.3	<i>Tramo de la Cuenca Baja.</i> ....	88
4.4.9	Mapas De Amenaza De Inundación.....	90
4.4.7.1	<i>Modelación hidrodinámica.</i> ....	91
4.4.7.2	<i>Simulación.</i> ....	91
4.4.7.2.1	<i>Geometría.</i> ....	92
4.4.7.2.2	<i>Condiciones de frontera.</i> ....	92
4.4.7.3	<i>Simulación escenario 1 - Método Racional.</i> ....	92
4.4.7.4	<i>Simulación escenario 2 - Método Racional.</i> ....	95
4.4.7.5	<i>Simulación escenario 3 - Método Racional.</i> ....	99
4.4.7.6	<i>Simulación escenario 4 - Método Racional.</i> ....	103
4.4.7.7	<i>Simulación escenario 1 - Método SCS.</i> ....	107
4.4.7.8	<i>Simulación escenario 2 - Método SCS.</i> ....	110
4.4.7.9	<i>Simulación escenario 3 - Método SCS.</i> ....	114
4.4.7.10	<i>Simulación escenario 4 - Método SCS.</i> ....	118
4.5	DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS .....	122
<b>CAPITULO V: ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS.....</b>		<b>124</b>
5.1	CONCLUSIONES .....	124
5.2	RECOMENDACIONES .....	125
<b>REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....</b>		<b>126</b>
<b>ANEXOS .....</b>		<b>133</b>

# LISTA DE FIGURAS

	<b>Pág.</b>
<b>Figura 1</b> <i>Ciclo hidrológico</i> .....	12
<b>Figura 2</b> <i>Hidrología</i> .....	13
<b>Figura 3</b> <i>Esquema de pendiente de cauce principal</i> .....	14
<b>Figura 4</b> <i>Orden de los cauces en una cuenca</i> .....	15
<b>Figura 5</b> <i>Tipos de Cuencas</i> .....	15
<b>Figura 6</b> <i>Tipos De Flujos</i> .....	17
<b>Figura 7</b> <i>Presión Y Temperatura Del Agua</i> .....	20
<b>Figura 8</b> <i>Balance Hídrico En Una Cuenca</i> .....	21
<b>Figura 9</b> <i>Sección transversal de un Cauce</i> .....	23
<b>Figura 10</b> <i>Diagrama de flujo de la Metodología</i> .....	24
<b>Figura 11</b> <i>Estratigrafía del río Olón</i> .....	28
<b>Figura 12</b> <i>Zona de Estudio: Río Olón</i> .....	29
<b>Figura 13</b> <i>Mapa hidrográfico de la cuenca del río Olón</i> .....	29
<b>Figura 14</b> <i>Modelado de la Cuenca del río Olón con curvas de nivel a tres metros</i> .....	30
<b>Figura 15</b> <i>Relación Lluvia-Escorrentamiento</i> .....	34
<b>Figura 16</b> <i>Hietograma Situación Futura- 5 años</i> .....	34
<b>Figura 17</b> <i>Umbrales de escorrentía (Po en mm) para condiciones medias de humedad</i> .....	36
<b>Figura 18</b> <i>Representación de la sección transversal de un río con su planicie de inundación</i> .....	37
<b>Figura 19</b> <i>Valores de Coeficiente De Manning</i> .....	37
<b>Figura 20</b> <i>Generación Geográfica con Hec Geo Ras</i> .....	39
<b>Figura 21</b> <i>Ejemplo de simulación de inundación HEC-RAS</i> .....	39
<b>Figura 22</b> <i>Tramos de estudio de la cuenca del río Olón</i> .....	41
<b>Figura 23</b> <i>División del tipo de Cuenca del río Olón</i> .....	42
<b>Figura 24</b> <i>Subcuencas de Cuenca Alta del río Olón</i> .....	42
<b>Figura 25</b> <i>Subcuencas de Cuenca Media del río Olón</i> .....	43
<b>Figura 26</b> <i>Subcuencas de Cuenca Baja del río Olón</i> .....	43
<b>Figura 27</b> <i>Hietograma Situación Futura- 5 años</i> .....	48
<b>Figura 28</b> <i>Hietograma Situación Futura- 10 años</i> .....	49
<b>Figura 29</b> <i>Hietograma Situación Futura- 25 años</i> .....	50

<b>Figura 30</b> <i>Hietograma Situación Futura- 25 años</i> .....	51
<b>Figura 31</b> <i>Hidrograma Subcuenca 1</i> .....	56
<b>Figura 32</b> <i>Hidrograma Subcuenca 2</i> .....	56
<b>Figura 33</b> <i>Hidrograma Subcuenca 3</i> .....	56
<b>Figura 34</b> <i>Hidrograma Subcuenca 3</i> .....	56
<b>Figura 35</b> <i>Hidrograma Subcuenca 5</i> .....	57
<b>Figura 36</b> <i>Hidrograma Subcuenca 6</i> .....	57
<b>Figura 37</b> <i>Hidrograma Subcuenca 8</i> .....	57
<b>Figura 38</b> <i>Hidrograma Subcuenca 7</i> .....	59
<b>Figura 39</b> <i>Hidrograma Subcuenca 9</i> .....	59
<b>Figura 40</b> <i>Hidrograma Subcuenca 10</i> .....	59
<b>Figura 41</b> <i>Hidrograma Subcuenca 11</i> .....	59
<b>Figura 42</b> <i>Hidrograma Subcuenca 12</i> .....	60
<b>Figura 43</b> <i>Hidrograma Subcuenca 13</i> .....	60
<b>Figura 44</b> <i>Hidrograma Subcuenca 14</i> .....	60
<b>Figura 45</b> <i>Hidrograma Subcuenca 15</i> .....	62
<b>Figura 46</b> <i>Hidrograma Subcuenca 16</i> .....	62
<b>Figura 47</b> <i>Hidrograma Subcuenca 17</i> .....	62
<b>Figura 48</b> <i>Hidrograma Subcuenca 18</i> .....	62
<b>Figura 49</b> <i>Hidrograma Subcuenca 19</i> .....	63
<b>Figura 50</b> <i>Hidrograma Subcuenca 1</i> .....	65
<b>Figura 51</b> <i>Hidrograma Subcuenca 2</i> .....	65
<b>Figura 52</b> <i>Hidrograma Subcuenca 3</i> .....	66
<b>Figura 53</b> <i>Hidrograma Subcuenca 4</i> .....	66
<b>Figura 54</b> <i>Hidrograma Subcuenca 5</i> .....	66
<b>Figura 55</b> <i>Hidrograma Subcuenca 6</i> .....	66
<b>Figura 56</b> <i>Hidrograma Subcuenca 5</i> .....	67
<b>Figura 57</b> <i>Hidrograma Subcuenca 7</i> .....	68
<b>Figura 58</b> <i>Hidrograma Subcuenca 9</i> .....	68
<b>Figura 59</b> <i>Hidrograma Subcuenca 10</i> .....	68
<b>Figura 60</b> <i>Hidrograma Subcuenca 11</i> .....	68
<b>Figura 61</b> <i>Hidrograma Subcuenca 12</i> .....	69
<b>Figura 62</b> <i>Hidrograma Subcuenca 13</i> .....	69
<b>Figura 63</b> <i>Hidrograma Subcuenca 14</i> .....	69
<b>Figura 64</b> <i>Hidrograma Subcuenca 15</i> .....	71

<b>Figura 65</b> <i>Hidrograma Subcuenca 16</i> .....	71
<b>Figura 66</b> <i>Hidrograma Subcuenca 17</i> .....	71
<b>Figura 67</b> <i>Hidrograma Subcuenca 18</i> .....	71
<b>Figura 66</b> <i>Hidrograma Subcuenca 19</i> .....	72
<b>Figura 67</b> <i>Hidrograma Subcuenca 1</i> .....	74
<b>Figura 68</b> <i>Hidrograma Subcuenca 2</i> .....	74
<b>Figura 69</b> <i>Hidrograma Subcuenca 3</i> .....	75
<b>Figura 70</b> <i>Hidrograma Subcuenca 4</i> .....	75
<b>Figura 71</b> <i>Hidrograma Subcuenca 5</i> .....	75
<b>Figura 72</b> <i>Hidrograma Subcuenca 6</i> .....	75
<b>Figura 73</b> <i>Hidrograma Subcuenca 8</i> .....	76
<b>Figura 74</b> <i>Hidrograma Subcuenca 7</i> .....	77
<b>Figura 75</b> <i>Hidrograma Subcuenca 9</i> .....	77
<b>Figura 76</b> <i>Hidrograma Subcuenca 10</i> .....	77
<b>Figura 77</b> <i>Hidrograma Subcuenca 11</i> .....	77
<b>Figura 78</b> <i>Hidrograma Subcuenca 12</i> .....	78
<b>Figura 79</b> <i>Hidrograma Subcuenca 13</i> .....	78
<b>Figura 80</b> <i>Hidrograma Subcuenca 14</i> .....	78
<b>Figura 81</b> <i>Hidrograma Subcuenca 15</i> .....	80
<b>Figura 82</b> <i>Hidrograma Subcuenca 16</i> .....	80
<b>Figura 83</b> <i>Hidrograma Subcuenca 17</i> .....	80
<b>Figura 84</b> <i>Hidrograma Subcuenca 18</i> .....	80
<b>Figura 85</b> <i>Hidrograma Subcuenca 19</i> .....	81
<b>Figura 86</b> <i>Hidrograma Subcuenca 1</i> .....	83
<b>Figura 87</b> <i>Hidrograma Subcuenca 2</i> .....	83
<b>Figura 88</b> <i>Hidrograma Subcuenca 3</i> .....	84
<b>Figura 89</b> <i>Hidrograma Subcuenca 4</i> .....	84
<b>Figura 90</b> <i>Hidrograma Subcuenca 5</i> .....	84
<b>Figura 91</b> <i>Hidrograma Subcuenca 6</i> .....	84
<b>Figura 92</b> <i>Hidrograma Subcuenca 8</i> .....	85
<b>Figura 93</b> <i>Hidrograma Subcuenca 7</i> .....	86
<b>Figura 94</b> <i>Hidrograma Subcuenca 9</i> .....	86
<b>Figura 95</b> <i>Hidrograma Subcuenca 10</i> .....	86
<b>Figura 96</b> <i>Hidrograma Subcuenca 11</i> .....	86
<b>Figura 97</b> <i>Hidrograma Subcuenca 12</i> .....	87

<b>Figura 98</b> <i>Hidrograma Subcuenca 13</i> .....	87
<b>Figura 99</b> <i>Hidrograma Subcuenca 14</i> .....	87
<b>Figura 100</b> <i>Hidrograma Subcuenca 15</i> .....	89
<b>Figura 101</b> <i>Hidrograma Subcuenca 16</i> .....	89
<b>Figura 102</b> <i>Hidrograma Subcuenca 17</i> .....	89
<b>Figura 103</b> <i>Hidrograma Subcuenca 18</i> .....	89
<b>Figura 104</b> <i>Hidrograma Subcuenca 19</i> .....	90
<b>Figura 105</b> <i>Significado de los Mapas de Inundación</i> .....	91
<b>Figura 106</b> <i>Perfil Longitudinal de la Llanura de Inundación</i> .....	92
<b>Figura 107</b> <i>Sección transversal de Dique XS 6800</i> .....	93
<b>Figura 108</b> <i>Velocidad de la sección XS 6800</i> .....	93
<b>Figura 109</b> <i>Sección transversal de Dique XS 2300</i> .....	94
<b>Figura 110</b> <i>Velocidad de la sección XS 2300</i> .....	94
<b>Figura 111</b> <i>Lámina de agua Situación Futura 5 años</i> .....	95
<b>Figura 112</b> <i>Perfil Longitudinal de la Llanura de Inundación</i> .....	96
<b>Figura 113</b> <i>Sección transversal de Dique XS 6800</i> .....	96
<b>Figura 114</b> <i>Velocidad de la sección XS 6800</i> .....	97
<b>Figura 115</b> <i>Sección transversal de Dique XS 2300</i> .....	97
<b>Figura 116</b> <i>Velocidad de la sección XS 2300</i> .....	98
<b>Figura 117</b> <i>Lámina de agua Situación Futura 10 años</i> .....	98
<b>Figura 118</b> <i>Perfil Longitudinal de la Llanura de Inundación</i> .....	99
<b>Figura 119</b> <i>Sección transversal de Dique XS 6800</i> .....	100
<b>Figura 120</b> <i>Velocidad de la sección XS 6800</i> .....	100
<b>Figura 121</b> <i>Sección transversal de Dique XS 2300</i> .....	101
<b>Figura 122</b> <i>Velocidad de la sección XS 2300</i> .....	101
<b>Figura 123</b> <i>Sección transversal de Dique XS 2000</i> .....	102
<b>Figura 124</b> <i>Velocidad de la sección XS 2000</i> .....	102
<b>Figura 125</b> <i>Lámina de agua Situación Futura 25 años</i> .....	103
<b>Figura 126</b> <i>Perfil Longitudinal de la Llanura de Inundación</i> .....	103
<b>Figura 127</b> <i>Sección transversal de Dique XS 6800</i> .....	104
<b>Figura 128</b> <i>Velocidad de la sección XS 6800</i> .....	104
<b>Figura 129</b> <i>Sección transversal de Dique XS 2300</i> .....	105
<b>Figura 130</b> <i>Velocidad de la sección XS 2300</i> .....	105
<b>Figura 131</b> <i>Sección transversal de Dique XS 2000</i> .....	106
<b>Figura 132</b> <i>Velocidad de la sección XS 2000</i> .....	106

<b>Figura 133</b> Lámina de agua Situación Futura 50 años .....	107
<b>Figura 134</b> Perfil Longitudinal de la Llanura de Inundación.....	108
<b>Figura 135</b> Sección transversal de Dique XS 6800.....	108
<b>Figura 136</b> Velocidad de la sección XS 6800.....	109
<b>Figura 137</b> Lámina de agua Situación Futura 5 años .....	109
<b>Figura 138</b> Perfil Longitudinal de la Llanura de Inundación.....	110
<b>Figura 139</b> Sección transversal de Dique XS 6800.....	111
<b>Figura 140</b> Velocidad de la sección XS 6800.....	111
<b>Figura 141</b> Sección transversal de Dique XS 2300.....	112
<b>Figura 142</b> Velocidad de la sección XS 2300.....	112
<b>Figura 143</b> Sección transversal de Dique XS 2000.....	113
<b>Figura 144</b> Velocidad de la sección XS 2000.....	113
<b>Figura 145</b> Lámina de agua Situación Futura 10 años .....	114
<b>Figura 146</b> Perfil Longitudinal de la Llanura de Inundación.....	114
<b>Figura 147</b> Sección transversal de Dique XS 6800.....	115
<b>Figura 148</b> Velocidad de la sección XS 6800.....	115
<b>Figura 149</b> Sección transversal de Dique XS 2300.....	116
<b>Figura 150</b> Velocidad de la sección XS 2300.....	116
<b>Figura 151</b> Sección transversal de Dique XS 2000.....	117
<b>Figura 152</b> Velocidad de la sección XS 2000.....	117
<b>Figura 153</b> Lámina de agua Situación Futura 25 años .....	118
<b>Figura 154</b> Perfil Longitudinal de la Llanura de Inundación.....	118
<b>Figura 155</b> Sección transversal de Dique XS 6800.....	119
<b>Figura 156</b> Velocidad de la sección XS 6800.....	119
<b>Figura 157</b> Sección transversal de Dique XS 2300.....	120
<b>Figura 158</b> Velocidad de la sección XS 2300.....	120
<b>Figura 159</b> Sección transversal de Dique XS 2000.....	121
<b>Figura 160</b> Velocidad de la sección XS 2000.....	121
<b>Figura 161</b> Lámina de agua Situación Futura 50 años .....	122

## LISTA DE TABLAS

	<b>Pág.</b>
<b>Tabla 1</b> <i>Valores de c, e y f</i> .....	32
<b>Tabla 2</b> <i>Coefficientes de Escorrentía</i> .....	32
<b>Tabla 3</b> <i>Conformación de tramos de la cuenca del río Olón</i> .....	41
<b>Tabla 4</b> <i>Tiempo de concentración de la Cuenca del río Olón</i> .....	44
<b>Tabla 5</b> <i>Intensidad de Lluvia de la Cuenca del río Olón</i> .....	45
<b>Tabla 6.</b> <i>Valor de Escorrentía</i> .....	45
<b>Tabla 7</b> <i>Caudal de Diseño 5 años</i> .....	46
<b>Tabla 8</b> <i>Caudal de Diseño 10 años</i> .....	47
<b>Tabla 9</b> <i>Caudal de Diseño 25 años</i> .....	47
<b>Tabla 10.</b> <i>Caudal de Diseño 50 años</i> .....	48
<b>Tabla 11</b> <i>Hietograma de Precipitación de Diseño utilizando Método de Bloques Alternos- Situación Futura- 5 años</i> .....	49
<b>Tabla 12</b> <i>Hietograma de Precipitación de Diseño utilizando Método de Bloques Alternos- Situación Futura - 10 años</i> .....	50
<b>Tabla 13</b> <i>Hietograma de Precipitación de Diseño utilizando Método de Bloques Alternos- Situación Futura- 25 años</i> .....	51
<b>Tabla 14</b> <i>Hietograma de Precipitación de Diseño utilizando Método de Bloques Alternos- Situación Futura- 25 años</i> .....	52
<b>Tabla 15</b> <i>Tiempo de Concentración en minutos</i> .....	52
<b>Tabla 16</b> <i>Cobertura del suelo de cada Subcuenca</i> .....	53
<b>Tabla 17</b> <i>Textura del suelo de la Cuenca</i> .....	53
<b>Tabla 18</b> <i>Número de Curva</i> .....	53
<b>Tabla 19</b> <i>Resultados generales de volumen y caudal pico - Situación futura 5 años</i> .....	54
<b>Tabla 20</b> <i>Cuenca alta - Datos de Flujo de Subcuenca</i> .....	55
<b>Tabla 21</b> <i>Cuenca media - Datos de Flujo de Subcuencas</i> .....	58
<b>Tabla 22</b> <i>Cuenca baja - Datos de Flujo de Subcuencas</i> .....	61
<b>Tabla 23</b> <i>Resultados generales de volumen y caudal pico - Situación futura 10 años</i> .....	64
<b>Tabla 24</b> <i>Cuenca alta - Datos de Flujo de Subcuencas</i> .....	65
<b>Tabla 25</b> <i>Cuenca media - Datos de Flujo de Subcuencas</i> .....	67
<b>Tabla 26</b> <i>Cuenca baja - Datos de Flujo de Subcuencas</i> .....	70

<b>Tabla 27</b> <i>Resultados generales de volumen y caudal pico - Situación futura 25 años</i> .....	73
<b>Tabla 28</b> <i>Cuenca alta - Datos de Flujo de Subcuencas</i> .....	74
<b>Tabla 29</b> <i>Cuenca media - Datos de Flujo de Subcuencas</i> .....	76
<b>Tabla 30</b> <i>Cuenca baja - Datos de Flujo de Subcuencas</i> .....	79
<b>Tabla 31</b> <i>Resultados generales de volumen y caudal pico - Situación futura 50 años</i> .....	82
<b>Tabla 32</b> <i>Cuenca alta - Datos de Flujo de Subcuencas</i> .....	83
<b>Tabla 33</b> <i>Cuenca media - Datos de Flujo de Subcuencas</i> .....	85
<b>Tabla 34</b> <i>Cuenca baja - Datos de Flujo de Subcuencas</i> .....	88
<b>Tabla 35</b> <i>Cuadro comparativo de Caudales de Diseño - Método Racional y Método SCS</i> .....	123

## “ESTUDIO HIDROLÓGICO DE LA CUENCA DEL RÍO OLÓN”

**Autores:** Lucio Jorge Cabrera Rosales y Jelycka Liliana Figueroa Chancay

**Tutor:** Ing. Francisco Javier Montalván Toala PhD.

### RESUMEN

El presente estudio busca determinar la geometría y las características físicas, para la delimitación de los límites de la cuenca, de las 19 subcuencas presentes en el río Olón utilizando la topografía del lugar obtenido de Google Earth, a escala 1:50000 (con curvas de nivel cada metro), y realizar una modelación hidrológica del cauce para la estimación de zonas de inundación en un área de 56.2 Km<sup>2</sup>. Y de esta manera prevenir y reducir el riesgo por inundación en zonas cercanas a los cauces del río. Los cálculos para la estimación del caudal se realizaron por el Método Racional para los distintos escenarios, estimando diferentes caudales de diseño con sus respectivos periodos de retorno:  $Q_1=21.65\text{m}^3/\text{s}$  (5 años),  $Q_2=25.36\text{ m}^3/\text{s}$  (10 años),  $Q_3=30.34\text{ m}^3/\text{s}$  (25 años) y  $Q_4=34.25\text{ m}^3/\text{s}$  (50 años). Los parámetros utilizados para la simulación son basados en la metodología del Servicio de Conservación de Suelos, SCS, para la simulación del flujo durante 24 horas, por medio de los softwares HEC-RAS 5.0.1 y QGIS 3.16.9. Se han realizado los modelos para cuatro tipos de escenarios con períodos de retorno para 5, 10, 25 y 50 años, con el Método Racional y el Método SCS. El estudio concluye que las simulaciones con el Método Racional, el mayor desbordamiento es de 0.08m de altura en determinados sitios de la cuenca media, derivado del escenario 4 con un periodo de retorno de 50 años. Y las simulaciones realizadas con el Método SCS, el mayor rebosamiento es de 0.12m de altura en los mismos sitios ya mencionados de la cuenca media, derivado del escenario 4 con un periodo de retorno de 50 años.

**Palabras Claves:** *Hidrología, Hidráulica, Mapas, Inundación, Método SCS, Método Racional, Cuenca Hidrográfica.*

## “HYDROLOGIC STUDY OF THE OLON RIVER BASIN”

**Authors:** Lucio Jorge Cabrera Rosales y Jelycka Liliana Figueroa Chancay

**Tutor:** Ing. Francisco Javier Montalván Toala PhD.

### ABSTRACT

The present study seeks to determine the geometry and physical characteristics, for the delimitation of the basin limits, of the 19 sub-basins present in the Olon River using the topography of the place obtained from Google Earth, at a scale of 1:50000 (with contour lines every meter), and to carry out a hydrological modeling of the riverbed for the estimation of flood zones in an area of 56.2 Km<sup>2</sup>. This will prevent and reduce the risk of flooding in areas close to the riverbed. The calculations for the flow estimation were performed by the Rational Method for the different scenarios, estimating different design flows with their respective return periods:  $Q_1=21.65\text{m}^3/\text{s}$  (5 years),  $Q_2=25.36\text{ m}^3/\text{s}$  (10 years),  $Q_3=30.34\text{ m}^3/\text{s}$  (25 years) and  $Q_4=34.25\text{ m}^3/\text{s}$  (50 years). The parameters used for the simulation are based on the methodology of the Soil Conservation Service, SCS, for 24-hour flow simulation, using HEC-RAS 5.0.1 and QGIS 3.16.9 software. The models were run for four types of scenarios with return periods for 5, 10, 25 and 50 years, using the Rational Method and the SCS method. The study concludes that the simulations with the rational method, the highest overflow is 0.08m in height at certain sites in the middle basin, derived from scenario 4 with a return period of 50 years. And the simulations performed with the SCS method, the largest overflow is 0.12m in height at the same sites already mentioned in the middle basin, derived from scenario 4 with a return period of 50 years.

**Keywords:** *Hydrology, Hydraulics, Maps, Flood, SCS Method, Rational Method, Watershed*

# CAPITULO I: INTRODUCCIÓN

El agua es la sustancia más abundante de la tierra, siendo el principal componente de todos los seres vivos, convirtiéndose en una fuerza muy importante, que frecuentemente genera cambios en la superficie terrestre. La rama de la ciencia que se dedica al estudio de los orígenes, distribución, flujo y naturaleza del agua en nuestro planeta es la Hidrología. Esta permite el análisis de los problemas relacionados con el abastecimiento de agua, riego, entre otras aplicaciones, promoviendo una guía para la planeación y el manejo de los recursos hídricos (Bejár, 2004).

Por otra parte, la hidráulica fluvial para ríos y cuencas es la rama que se dedica al estudio y control de los procesos fluviales basándose principalmente en la interacción del agua con los sedimentos producidos por los materiales presentes en la cuenca. Por ello, trata de estimar y controlar el caudal de agua que fluye por los cauces, y las capas de sedimentos que se depositan en las desembocaduras de cuerpos de agua superficiales, como lagos, lagunas, mar, considerando que la morfología de un río, cambia progresivamente a lo largo de su curso, respecto al tiempo (Kobus et al., 1994).

La hidráulica en la ingeniería trata el comportamiento mecánico del líquido según la fuerza o situación sometida, mientras que, en aguas subterráneas trata del movimiento natural a través de formaciones rocosas. El principal método de análisis en la hidráulica de aguas subterráneas es mediante pruebas de bombeo, en la que se considera el caudal, así como parámetros de permeabilidad y almacenamiento (Lohman, 1972).

Es necesario realizar estudios hidrológicos para llegar a una correcta evaluación de la disponibilidad hídrica de la cuenca, y con base a esa información lograr que la demanda de agua de las comunidades pueda ser gestionada, acorde a los recursos existentes. La disponibilidad del agua, siendo este un elemento de mayor importancia para el desarrollo agrícola, para uso industrial y principalmente para el

uso doméstico, requiere de un análisis muy cuidadoso de estudio de cuencas y subcuencas de drenaje (Espinoza, 1989; Mateus y Vallejo, 2019).

Una cuenca hidrográfica es un espacio que favorece el flujo de un río o quebrada, conocido también como área de captación de donde proceden las aguas de un río, lago, laguna, quebrada, entre otros. Un análisis de las características hidrológicas que ocurren sobre un determinado espacio geográfico de una cuenca permite determinar las variables y parámetros que se utilizarán para comprender su impacto en el ciclo hidrológico. Por otro lado, el conocimiento completo de las características de la cuenca es fundamental para estimar los parámetros de diseño de los proyectos y acciones a realizar en la cuenca (García, 2017).

El comportamiento hidrológico de una cuenca fluvial depende de muchos factores, que deben ser analizados por separado para comprender sus detalles; luego se analizan juntos para determinar su impacto en el ciclo hidrológico. El análisis de las características hidrológicas de esta permite determinar las variables y parámetros que se utilizarán en las diferentes regiones (Encalada y Jara, 2010; Sandoval y Aguilera, 2014).

El balance hídrico es fundamental en el estudio del principio de conservación de masas, conocido de igual manera como ecuación de la continuidad. A partir de este balance hídrico nos permite realizar una evaluación cuantitativa de los recursos hídricos de una cuenca hidrográfica y como ha sido modificada por la influencia de las actividades del hombre, siendo esencial conseguir un manejo racional de los recursos vitales de la cuenca controlando su distribución. Este balance nos permite predecir las consecuencias producidas debido a cambios artificiales en el régimen de ríos, lagos y cuencas subterráneas (Sivisaca y Lenin, 2011).

Es necesario que una comunidad dependiente de la extracción del agua subterránea proveniente de los pozos, disponga de un análisis de la cuenca hidrográfica que provee de este recurso vital, como en el caso de la comuna Olón en la provincia de Santa Elena.

La Provincia de Santa Elena recibe un aumento de población flotante en la denominada temporada playera, específicamente en los meses de enero a mayo incrementando su demanda de agua. La comuna Olón que es uno de los principales sitios turísticos de la Provincia de Santa Elena, hace que este incremento de turistas ocasiona que aumenten considerablemente los tiempos de bombeos en los acuíferos, para satisfacer la demanda de agua, en esta época del año, al mismo tiempo afecta el rendimiento de los pozos de extracción, lo que se evidencia en la disminución del caudal.

Olón, como muchas de las comunidades de la provincia de Santa Elena, carece del servicio de agua potable por parte de la empresa de AGUAPEN, que es la encargada de la distribución del líquido vital. Sus redes no alcanzan la parte norte de la provincia. La comuna Olón, se ha encargado de proveerse a sí misma, por medio del agua subterránea, contando con pozos que son administrados por la Junta Regional de Agua de Olón (JRAO), siendo solo unos pocos de estos funcionales para su abastecimiento, implementando un sistema que consiste en extraer el agua del subsuelo, por medio de pozos que poseen una bomba sumergible, seguido de un tratamiento llamado “cloración in situ” y distribuyendo a la población (Montalvan et al. 2008; Torres, 2010).

La actividad principal de la comuna Olón, está relacionada al turismo y la gastronomía, siendo estos unos recursos fundamentales para el desarrollo de esta comunidad, estando directamente relacionados con el abastecimiento de este líquido vital. Por tal motivo, recurren a la explotación de los pozos para cubrir las necesidades de su población (Montalván y Yanqui, 2019).

El propósito de este estudio es determinar el estado hidrológico e hidráulico de la cuenca del río Olón, utilizando las herramientas informáticas QGIS, HEC-RAS para estimar el caudal de diseño y las zonas de inundación.

Capítulo I, está compuesto por problemática, antecedentes, hipótesis, objetivos generales y específico, alcance, variables dependientes e independientes del proyecto teniendo en cuenta las distintas situaciones de la zona de estudio.

Capítulo II, se detalla la información recolectada de distintos estudios y proyectos similares al estudio hidrológico de cuencas.

Capítulo III, se diseña el proceso metodológico de investigación utilizando materiales y variables.

Capítulo IV, se realiza el análisis y discusión de los resultados conseguidos a lo largo del estudio, como las divisiones de la cuenca y los mapas de inundación.

Capítulo V, se da a conocer las conclusiones y recomendaciones del estudio realizado basado en los objetivos y alcances.

## **1.1. PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN**

En la zona donde se desarrolla la presente investigación, en el norte de la provincia de Santa Elena, no se han realizado estudios hidrológicos en la cuenca del río Olón. El conocimiento relacionado con los recursos hídricos en este sector es estratégico para el desarrollo de las comunidades que se abastecen del líquido que se emplaza en el subsuelo de la cuenca, siendo la principal fuente de recarga de este recurso, los eventos de precipitaciones, que, al alcanzar el suelo, discurren por los cauces y quebradas, infiltrando hasta alcanzar el acuífero. Sin embargo, las autoridades pertinentes no han realizado los estudios correspondientes de los caudales que discurren en la cuenca, así como los volúmenes de agua presentes en la cuenca. Debido a la falta de estudios técnicos-científicos, los caudales que se desarrollan principalmente en el cauce principal del río Olón, no son aprovechados para la gestión hídrica integral, como la recarga del acuífero, la prevención de inundaciones en las zonas más vulnerables de ocurrencia de este proceso, correcto conocimiento del balance hídrico. Todo ello, hace que el conocimiento y comportamiento hidrológico de una cuenca, sea muy importante para el desarrollo económico, agrícola, social de las comunidades que dependan del agua de un río.

La importancia de realizar un estudio hidrológico e hidráulico de la cuenca del río Olón, permitirá conocer el estado hídrico de la cuenca, destacando que en este sector, los estudios realizados son escasos, con esto se logrará gestionar los recursos

hídricos de la misma, llevando a una evaluación de la disponibilidad hídrica de la cuenca, y así lograr que la demanda de agua de las comunidades pueda ser gestionada, acorde a los recursos existentes, especialmente en épocas donde la población flotante se incrementa por el turismo, siendo una herramienta fundamental para lograr definir un correcto uso, como una fuente de abastecimiento sostenible para las comunidades, por la gestión de los caudales directos superficiales, que pueden pasar a ser embalsados, dando lugar a caudales diferidos, para ser aprovechados posteriormente a los eventos de precipitación, es decir, en época de estiaje. Lo antes mencionado, hace que un estudio hidrológico cobre una importancia muy relevante, sobre todo para el conocimiento de los tomadores de decisión, que realizan obras civiles relacionadas con el abastecimiento, prevención de inundaciones, cambio climático, por el beneficio del ser humano y del medio ambiente.

La formulación general del problema de la investigación se introduce en la siguiente interrogante general: ¿Qué nos permite conocer la realización del estudio hidrológico de la cuenca del río Olón mediante la utilización de herramientas informáticas (HEC-RAS y QGIS)?, de la que se desglosan tres problemas específicos con las siguientes interrogantes: ¿Cómo determinamos los límites de las características físicas de la cuenca de estudio?, ¿Cómo determinamos el caudal que fluye por el cauce del río Olón para la gestión del recurso hídrico?, y ¿Por medio de qué programa informático obtenemos la estimación de las zonas de inundación, realizando el estudio hidráulico del cauce del río Olón?.

## **1.2. ANTECEDENTES**

Para realizar la investigación del Estudio Hidrológico de la Cuenca Del Río Olón, se ejecutó una investigación para tener bases referentes al tema de estudio tales como artículos científicos y trabajos de titulación en el ámbito internacional, nacional y local; se enfoca en la delimitación de los límites de la cuenca, las subcuencas presentes en el río Olón, evaluación de la vulnerabilidad en la zona y el análisis de la amenaza por inundaciones.

En el ámbito internacional se puede citar artículos científicos de (Chaithong, 2022) referente a “Flash Flood Susceptibility Assessment Based on Morphometric Aspects and Hydrological Approaches in the Pai River Basin, Mae Hong Son, Thailand” (Evaluación de la susceptibilidad a inundaciones repentinas basada en aspectos morfométricos y enfoques hidrológicos en la cuenca del río Pai, Mae Hong Son, Tailandia). Este estudio tuvo como objetivo generar un mapa de susceptibilidad a inundaciones repentinas utilizando parámetros morfométricos de cuencas hidrográficas y enfoques hidrológicos, para esto la cuenca se divide en 86 subcuencas, y extrayendo parámetros morfométricos de dicha cuenca del modelo de elevación digital (DEM) y el modelo de número de curva de servicio de conservación del suelo (SCS-CN) que se usa para estimar el exceso de precipitación, y el método de hidrografía unitaria sintética. Este estudio tuvo como resultado que las similitudes en los parámetros morfométricos que representan cuencas hidrográficas en áreas altamente susceptibles a inundaciones repentinas indican que altos índices de relieve, altos índices de rugosidad, altas frecuencias de corrientes, altos índices de textura, alta escorrentía anual, alta descarga máxima, baja relaciones de elongación y bajas relaciones de lemniscatas y 25 de las 86 subcuencas están clasificadas como áreas altamente susceptibles a inundaciones repentinas.

Así mismo el artículo científico de (Asaad et al., 2022) sobre “Flood Analysis Using HEC-RAS and HEC-HMS: A Case Study of Khazir River (Middle East—Northern Iraq)” Este estudio tiene como finalidad analizar y modelar los riesgos de inundación del río Khazir, utilizando software hidrológico relacionado con inundaciones, incluidos WMS y HEC-HMS, El software se puede utilizar para calcular un hidrograma de flujos torrenciales en la cuenca de drenaje de un río y estimar el volumen de agua torrencial y sus caudales en la superficie de la Tierra. la lluvia ha sido evaluada y calculada en el Hidrograma Unitario SCS para diferentes períodos de retorno de 2, 5, 10, 20, 50 y 100 años. Para analizar y modelar los riesgos de inundación, el modelo HEC-RAS se combinó con la extensión HEC GEO RAS en ARCGIS. De acuerdo a los resultados el volumen de las inundaciones de la cuenca de drenaje del río osciló entre 29.680 y 2.229.200 m<sup>3</sup>, y el valor de caudal máximo osciló entre 10,4 y 66,4 m<sup>3</sup>/seg las áreas de riesgo de inundación variaron de bajo a muy bajo (80,31%), medio (16,03%) y alto a muy alto (3,8%).

El análisis de los resultados reveló que los pueblos más cercanos a la desembocadura del río se vieron más afectados por las inundaciones que otros pueblos río abajo. Se ha demostrado que HEC-HMS y HEC-RAS tienen una fuerte correlación en la evaluación de los riesgos de inundación y la previsión fiable de futuras inundaciones en el área de estudio.

En el ámbito nacional se puede citar artículos científicos y trabajos de titulación como el artículo de la revista *Water* (Hurtado et al., 2020) sobre “Flood Hazard Assessment in Data-Scarce Watersheds Using Model Coupling, Event Sampling, and Survey Data” (Evaluación del peligro de inundaciones en cuencas hidrográficas con escasez de datos usando de acoplamiento de modelos, muestreo de eventos, y datos de encuesta). Este estudio evaluó el uso de eventos de tormentas e informes de encuestas de inundaciones para desarrollar y validar un marco de modelado para la evaluación del peligro de inundaciones repentinas en cuencas hidrográficas con escasez de datos. Específicamente, acoplamos el sistema de modelado hidrológico (HEC-HMS) y el solucionador hidrodinámico Nays2Dflood para simular la respuesta del sistema a varios eventos de tormenta. La metodología propuesta puede ser utilizada por modeladores y tomadores de decisiones para la evaluación del impacto de inundaciones en cuencas hidrográficas con escasez de datos y como punto de partida para el establecimiento de sistemas de pronóstico de inundaciones para disminuir los impactos de las inundaciones a nivel local. Los resultados del enfoque acoplado mostraron un rendimiento satisfactorio del modelo en la simulación del caudal y la profundidad del agua ( $0,40 \leq \text{coeficiente de Nash-Sutcliffe} \leq 0,95$ ;  $-3,67 \% \leq \text{porcentaje de sesgo} \leq 23,4 \%$ ) en seis de los ocho eventos evaluados, y una buena concordancia entre los eventos simulados y áreas inundadas encuestadas.

De igual manera el trabajo de titulación de (Lombaida, 2020) sobre “Caracterización Morfométrica Y Estudio Hidrológico De La Microcuenca Del Río San Francisco, Cantón Gualaceo”. Los objetivos del presente trabajo fueron determinar los parámetros morfométricos, validar y homogenizar datos faltantes de precipitación, y estimar el caudal de la microcuenca, se busca determinar las características morfométricas físicas, y el caudal de la microcuenca del río San Francisco, cantón Gualaceo. Se ha delimitado la microcuenca, determinando la

información de parámetros generales enfocados a su morfología y estudiaron tres estaciones meteorológicas del Instituto Nacional de Meteorología e hidrología (INAMHI), con series temporales de precipitación de 32 años (1983 – 2015). Se utilizó cartografía base a escala 1:50000 y Sistemas de Información Geográfica (SIG) para calcular los parámetros: área, perímetro, ancho, pendiente, entre otros. El área de estudio corresponde a un régimen de comportamiento andino, presentando una precipitación media anual de 866,03 mm. La microcuenca presenta un valor promedio para el caudal de 0,34 m<sup>3</sup>/s en la zona alta y 3,98 m<sup>3</sup>/s para la zona baja, en los meses de septiembre y octubre del 2019.

Al nivel local no existen estudios hidrológicos de cuencas sin embargo se encuentran trabajos de titulación de (Catuto, 2020) sobre “Modelación hidrológica del río Manglaralto para la generación de mapas de inundación de la parroquia Manglaralto provincia de Santa Elena.” tiene como propósito, realizar una modelación hidrológica del río Manglaralto, para dar a conocer los sitios con mayor riesgo por inundación únicamente por precipitaciones en la cuenca Manglaralto. Los modelos se los ha realizado para tres tipos de escenarios, escenario 1 (situación natural), escenario 2 (situación actual) y escenario 3 (situación futura) en los cuales influye el valor de número de curva para cada subcuenca y la intervención de obras civiles existentes y futuras. Los cálculos de los hidrogramas de crecida se realizaron en el programa HEC HMS datos de ingreso en el programa HEC RAS para la simulación de flujo durante 24 horas, estos son modelos matemáticos basados en la metodología de servicio de conservación de suelo SCS utilizados para prevenir y mitigar impactos de sucesos naturales la autora concluye que tras la elaboración de mapas de inundación de los tres escenarios analizados existen distintos riesgos de inundación, en el escenario tres el riesgo de inundación es más alto el cual corresponde a la cuenca baja del río Manglaralto, además que la escorrentía depende de los factores físicos propios de la cuenca, así como al aumento de caudal debido y exclusivamente a las precipitaciones.

Así mismo, el trabajo de titulación (Baque y Barzola, 2021) acerca de “Estudio de transporte de sedimentos en el cauce de un río cuenca Manglaralto en la comuna Manglaralto, cantón Santa Elena, provincia de Santa Elena.” tiene como finalidad realizar una modelación hidrológica del río, basada en transporte de sedimentos

para conocer en qué zonas de la cuenca se produce mayor sedimentación y en qué tiempo ocurrirá para así proporcionar a las autoridades gubernamentales y no gubernamentales un material de apoyo que servirá para el análisis de riesgos principalmente de inundación. Los modelos han sido realizados en el software HEC-RAS 5.03 para tres escenarios: escenario 1 ( $Tr = 5$  años), escenario 2 ( $Tr = 10$  años) y escenario 3 ( $Tr = 100$  años) en los cuales se calculó caudales máximos mediante la fórmula Racional, datos que fueron ingresados para la simulación de flujo durante 24 horas, estos son modelos matemáticos basados en la metodología de servicio de conservación de suelo SCS realizados por el Instituto del Ejército de los Estados Unidos, usados para prevenir impactos de eventos naturales. Las autoras concluyen que el volumen de los sedimentos se determina por las alturas que se forman en las diferentes superficies, y el análisis de los tres escenarios realizados indica que la causa principal para el proceso de socavación y sedimentación, se da por la velocidad que tome el flujo según el medio físico natural de la cuenca.

### **1.3. HIPÓTESIS**

#### **1.3.1. Hipótesis General.**

El estudio hidrológico e hidráulico de la cuenca del río Olón permitirá evaluar su recurso hídrico y establecer un mapa de inundación mediante el uso de las herramientas informáticas (HEC-RAS y QGIS).

#### **1.3.2. Hipótesis Específicas.**

**H.E1.:** La determinación de las características físicas de la cuenca nos permitirá evaluar el recurso hídrico que fluye por el cauce del río Olón.

**H.E2.:** La gestión del caudal que fluye en la cuenca del río Olón nos facilitará conocer el volumen máximo del caudal estimado en los períodos de retorno con el Método Racional.

**H.E3.:** La realización del estudio hidráulico de la cuenca del río Olón, por medio del software HEC-RAS nos permitirá establecer las zonas de inundación y el riesgo que presenta en los asentamientos poblacionales en los períodos de retorno a simular.

## **1.4. OBJETIVOS**

### **1.4.1. Objetivo General.**

Realizar el estudio hidrológico e hidráulico de la cuenca del río Olón para conocer el estado del recurso hídrico utilizando herramientas informáticas (HEC-RAS y QGIS).

### **1.4.2. Objetivos Específicos.**

**O.E1.:** Determinar las características físicas de la cuenca mediante la revisión de la topografía de la zona de estudio para el establecimiento de sus límites.

**O.E2.:** Estimar el caudal que fluye por el cauce del río Olón para la gestión del recurso hídrico por el Método Racional.

**O.E3.:** Realizar el estudio hidráulico del cauce del río Olón, por medio del software HEC-RAS para la estimación de las zonas de inundación.

## **1.5. ALCANCE**

La finalidad de este estudio es determinar el estado de la cuenca del río Olón por medio del programa informático HEC-RAS; utilizando datos ya conocidos como la precipitación dimensiones de la cuenca, entre otros; este programa nos permite a través del modelado hidrológico de la cuenca obtener información básica relevante como para el estudio de este proyecto como; datos de cálculos de perfil de superficie; simulación de flujo, cálculos de transporte de sedimentos, entre otros. Con los datos obtenidos se realizará la evaluación de estos; para saber la

disponibilidad del líquido vital y poder gestionar y aprovechar los recursos hídricos de la zona. Tales como para el desarrollo de las comunidades, desarrollo económico, agrícola, la prevención de inundaciones en zonas cercanas a los cauces del río, el abastecimiento de agua, entre otros.

La cuenca hidrológica es una superficie que se dirige hasta una desembocadura de salida, esta cuenca tiene una salida de drenaje directamente hacia el frente oceánico debido a la proximidad de la costa (Rojas, 2009), pero por la insuficiencia de lluvias en los últimos años ha producido una crisis en las áreas boscosas que están cerca de la cuenca del río, ocasionando la escasez hídrica y la poca capacidad de retención de agua de los suelos por la pérdida de bosques, debido a que esta zona tiene un clima tropical árido por lo que presenta un déficit del líquido (Arias et al., 2015).

Los eventos de precipitación en la zona se presentan con lluvias intensas con períodos cortos; debido a esto los niveles de agua presentes en la cuenca varían según la intensidad de lluvia y la infiltración de agua. La investigación hidrológica puede percibir el potencial y los problemas de una cuenca, la hidrología se utiliza para determinar y evaluar la protección y la gestión de las cuencas hidrográficas, pudiéndose planificar, proteger y gestionar mejor sus recursos naturales (Duran, 2006).

## **1.6. VARIABLES**

### **1.6.1. Variables Independientes.**

- Datos de las precipitaciones de la Comuna Olón.
- Dimensiones de la cuenca de estudio.
- Tipo de suelo de la Cuenca.
- Topografía y Pendiente.

### **1.6.2. Variable Dependiente.**

- Evaluación del recurso hídrico de la cuenca.

# CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO

## 2.1 CONCEPTO GENERAL DE HIDROLOGÍA

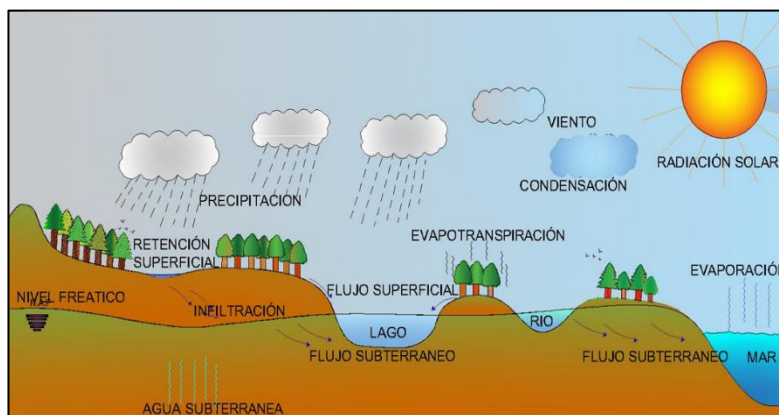
La hidrología es una rama de la ciencia de la tierra dedicada al estudio de los orígenes, la distribución, flujo, naturaleza e influencia del agua en la tierra. La hidrología como ciencia de la ingeniería incluye aspectos cuantitativos de la hidrología, relacionada con la planificación, diseño y operación de proyectos de conservación de agua (Aparicio, 1989; Brito, 2019).

Una definición clara de la hidrología es que estudia el agua, su ciclo hidrológico, características físicas, químicas, y sus diferentes aspectos como el desarrollo y utilización de los recursos hídricos existentes en nuestro planeta (Chow et al, 1994).

La Hidrología es una de las ciencias con mayor antigüedad de la humanidad, lo cual está relacionado con las necesidades del ser humano. En un principio las reuniones humanas se instalaban alrededor del agua, lagos o riberas, facilitando el acceso al recurso y al transporte de personas y mercancías (Rovira y Masramon, 2009).

**Figura 1**

*Ciclo hidrológico*



*Nota. Digitalizado en AutoCAD.*

Saber qué es la hidrología es un tema amplio y de largo plazo del análisis del agua, que agrega humedad del suelo, precipitación, masa glacial, evapotranspiración y escorrentía. La definición de este término se relaciona con las siguientes ramas: meteorología, oceanografía, patología, criología, hidrología superficial, entre otros (Rubio, 2011).

En el ciclo hidrológico el volumen de agua varía produciendo cambios a los almacenamientos de depósitos naturales, y haciendo que los niveles de agua en los ríos o lagos puedan subir o bajar produciendo inundaciones o sequías. Por ello se debe realizar un estudio hidrológico debido a que es de gran importancia ya que este abarca todas las fases del agua (Gálvez, 2011).

La investigación hidrológica parte del análisis morfológico de la cuenca, incluyendo: demarcación de la cuenca, medición de área y longitud, altura máxima y mínima, índice de compactación, coeficiente de forma, curva de presión del agua, pendiente promedio y características del agua. Red de drenaje y perfil de elevación de los principales canales de navegación, entre otros (Bateman, 2007; Gutiérrez, 2014).

## **Figura 2**

### *Hidrología*



*Nota.* Tomado de *Hidrología del término municipal de Tarifa* (Lozano, 2017).

## **2.2 HIDROLOGÍA DE CAUCES DE RÍOS**

La vegetación aparece a menudo en los cauces, playas y riberas, participando activamente en las características de las corrientes de agua y el arrastre de

sedimentos. Por ello, es necesario conocer las características de las sustancias transportadas por los ríos, sus fuentes y su transporte a través de corrientes de agua, su equilibrio, carga o caudal sólido, entre otros procesos (Basile, 2018).

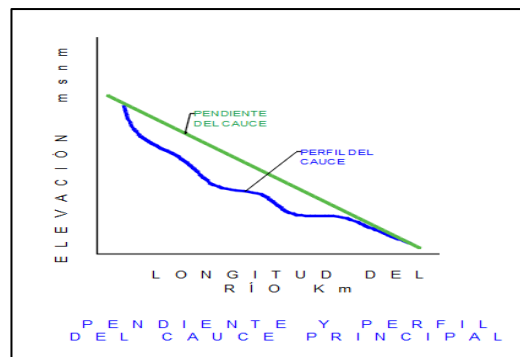
El cauce es un conducto que permite la circulación del río de manera natural. Las deformaciones de dichos cauces son producidas en los ríos aluviales como resultado de la interacción entre los sedimentos del fondo del río y el flujo del mismo (Monsalve, 1999; Miranda et al., 2016).

Un indicador importante es la pendiente del cauce principal, debido que, a lo largo del río varia, lo que hace importante conocerlo para dar mejor respuesta en caso de desbordamiento del río. Pues es necesario conocer la pendiente media, que viene dada por una línea recta entre la corriente de los extremos (Mogollón y Sánchez, 2018).

Existe distinto orden en el cauce, clasificados en cauce principal y cauces tributarios. Los de primer orden son los que no poseen tributarios u otros ríos que lo alimenten, los de segundo orden son la unión de dos cauces de primer orden, los de tercer orden son aguas hacia abajo resultando a un canal de mayor cauce, el de cuarto es la unión de los órdenes anteriores resultando a un cauce principal (Rojas, 2009).

### Figura 3

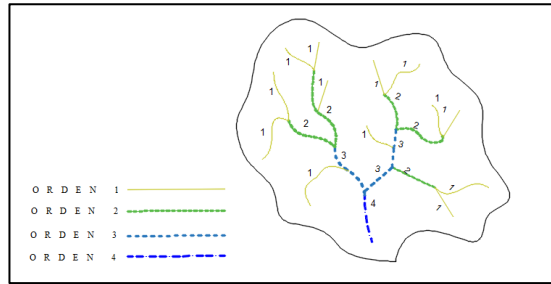
*Esquema de pendiente de cauce principal*



*Nota. Digitalizado en AutoCAD.*

## Figura 4

Orden de los cauces en una cuenca



Nota. Digitalizado en AutoCAD.

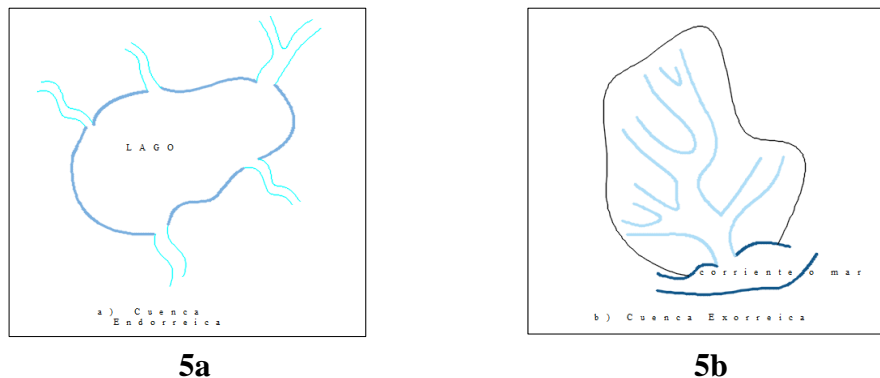
## 2.3 HIDROLOGÍA E HIDRÁULICA DE CUENCAS

La hidrología se utiliza para determinar y evaluar la protección y la gestión de las cuencas hidrográficas, pudiéndose planificar, proteger y gestionar mejor sus recursos naturales.

La cuenca hidrológica es una superficie que se dirige hasta una desembocadura de salida y existen dos tipos de cuencas las endorreicas y exorreicas. Las endorreicas o cerradas ya que son las aguas que llegan únicamente a lagos o lagunas, es decir que los recursos hídricos son propios de aquella cuenca (Fig. 5a), mientras que las exorreicas o abiertas son aquellas que pueden alcanzar el mar o a un cuerpo de agua superficial estático o en movimiento, como se muestra en la figura 5b (Ibáñez et al., 2011).

## Figura 5

Tipos de Cuencas



Nota: 5 A Cuenca Endorreicas, 5b Cuenca Exorreicas. Digitalizado en AutoCAD.

La investigación hidrológica puede comprender el potencial y los problemas de una cuenca, por lo que es una herramienta indispensable para la planificación, gestión y protección de la cuenca.

El comportamiento hidrológico de una cuenca fluvial depende de muchos factores, los cuales deben ser considerados por separado para comprender sus detalles; luego se analizan juntos para determinar su impacto en el ciclo hidrológico. El análisis de las características hidrológicas de la cuenca permite la identificación de variables y parámetros a utilizar en las diferentes regiones (Quevedo et al., 2016).

Los métodos hidrológicos son utilizados para el análisis de cuencas hidrográficas para determinar su potencial y problemas. Por otro lado, el conocimiento completo de las características de la cuenca es fundamental para estimar los parámetros de diseño de los proyectos y acciones a realizar en la cuenca.

## **2.4 FLUJO LAMINAR Y TURBULENTO EN CAUCES DE RÍOS**

La corriente en un río puede ser turbulenta o laminar, y entre ambos estados, se logra una zona de transición más o menos grande. Para lograr la caracterización de dicho flujo se utiliza el número de Reynolds (Ec. 1) (Basile, 2018).

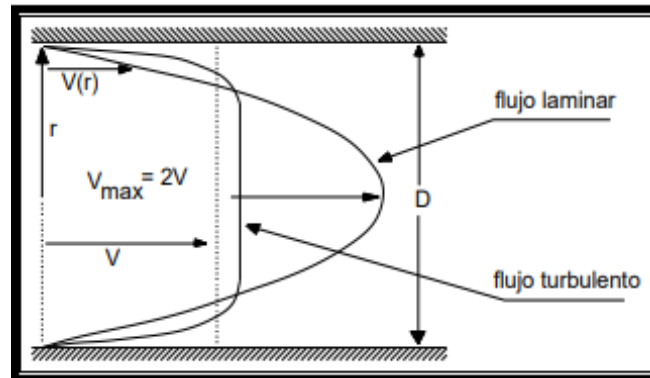
$$Re = \frac{\rho VL}{\mu} \quad (1)$$

Donde  $\rho$  es la masa específica,  $V$  es la velocidad,  $L$  es una dimensión característica y  $\mu$  es la viscosidad dinámica.

Se le denomina flujo laminar cuando las velocidades de las corrientes en un río son parabólicas y las fuerzas que actúan sobre este son proporcionales a la velocidad elevada a la unidad, siendo estos ordenados, estratificados y suaves. Cada partícula del fluido va siguiendo una trayectoria suave, llamada línea de corriente (Latacunga y Ushiña, 2014).

## Figura 6

### Tipos De Flujos



*Nota.* Tomado de *Formas del lecho y resistencia al movimiento en cursos* (Latacunga y Ushiña, 2014).

Denominamos flujo turbulento cuando las fuerzas que actúan sobre la corriente son proporcionales a la velocidad al cuadrado y la influencia de la turbulencia es muy caótica. El movimiento de las partículas del fluido es muy desordenado formándose pequeños remolinos periódicos (Mira, 2011).

## 2.5 PRECIPITACIONES

La precipitación es un suceso que se presenta en la atmósfera en forma gaseosa producto de la condensación, es parte fundamental del ciclo hidrológico. Este llega a la superficie terrestre producto del peso del agua que se acumula en las nubes en forma de lluvia, llovizna, granizo, entre otros (Castillo et al., 2005)

La precipitación es un fenómeno, en que el agua existente en la atmósfera en forma de vapor de agua se condensa en lluvia (fase líquida) o nieve (fase sólida). Parte del agua no llegará al suelo para evaporarse en la atmósfera o se integrará en la parte preservada de la vegetación (intersección) (Rovira y Masramon, 2009).

En la precipitación el agua se condensa cuando el aire frío sube y mediante esta las gotas crecen por medio de impactos con otras a medida que estas se mueven por el impulso del aire ya que por la fuerza de gravedad. La precipitación en las cuencas

comienza un escurrimiento en forma de cauces lo que comúnmente conocemos como escorrentía superficial (Bateman, 2007).

La parte del agua que llega al suelo y que ha caído sobre una superficie o suelo impermeable o suelos saturados fluye hacia arroyos, ríos u océanos en la superficie y luego penetra la superficie permeable. También hay una parte que puede quedar atrapada en depresiones subterráneas, llamada almacenamiento en depresiones y, a la inversa, con el tiempo, si la depresión es permeable, se evapora o permea. Otra parte del agua producida por la precipitación puede caer directamente en embalses, lagos u océanos (Vargas E. , 2001).

## **2.6 EVAPORACIÓN**

Es un proceso donde el agua pasa de estar en estado líquido encontrándose en espejos de agua, almacenada en el suelo entre las capas cercanas a la superficie, ha estado gaseoso transfiriéndose a la atmósfera (Cardoso y Manzur, 2015). Ésta es producida por el ascenso de la energía cinética que las moléculas de agua experimentan en la corteza superior de un suelo húmedo, elaborado por la radiación solar, el viento y en las variaciones en presión de vapor.

La evaporación es el medio por el cual el agua transita de estado líquido a estado gaseoso, transfiriéndose a la atmósfera, la evaporación se da en superficies tales como lagos, ríos, entre otros (Chow et al., 1994). Para una evaporación existen elementos atmosféricos como el agua y aire, que intervienen en el proceso de evaporación. La ley de Dalton (Ec. 2), nos da una fórmula que expresa la tasa de evaporación (Aparicio, 1989).

$$E = k(e_w - e_a) \quad (2)$$

E: evaporación

K: constante proporcional

$e_a$ : presión de vapor media mensual

$e_w$ : presión de vapor de saturación media mensual

Algunos métodos que son utilizados para poder determinar que el agua se evapora son:

**Método del balance de energía:** es utilizado cuando la evaporación está asociada por la radiación.

**Método aerodinámico:** es un método utilizado cuando la evaporación está asociada con la habilidad para que el vapor sea trasladado fuera de la superficie donde es producido.

**Método de combinación:** resulta de la unión de los dos métodos anteriores, siendo el método más semejante a lo sucedido en la realidad.

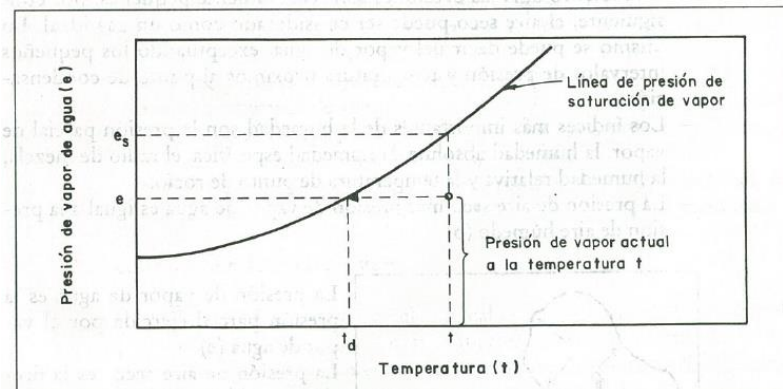
**Método del tanque de evaporación:** este método es basado en la en la relación de la evaporación de una cuenca en la que es producido en un tanque de medidas normalizadas (Aparicio, 1989).

## **2.7 TEMPERATURA**

La temperatura es un componente importante del ciclo hidrológico debido a que interviene en todas sus etapas. La temperatura es una de las condiciones y parámetros en los cálculos para la evaporación, agua para el riego de las plantaciones y la presión de vapor, como la unión de vapor en la superficie del agua, el viento. La Temperatura a punto de rocío se origina al enfriarse el aire a presión constante este se satura obteniendo un contenido de vapor constante de agua. La temperatura a punto de condensación es la temperatura que adquiere el aire húmedo por medio de un proceso termodinámico que no existe intercambio de calor entre medio ambiente y el sistema en el que trabaja (Monsalve, 1999).

**Figura 7**

*Presión Y Temperatura Del Agua*



*Nota.* Tomado de *Hidrología En La Ingeniería* (Monsalve, 1999).

## 2.8 EVAPOTRANSPIRACIÓN

La evapotranspiración es la combinación entre la pérdida de humedad por evaporación y la pérdida de agua por transpiración. La evapotranspiración en una cuenca es considerada como la evaporación procedente de la superficie.

La vegetación termina extrayendo agua del subsuelo desde ambas zonas, evaporándola, este proceso es llamado evapotranspiración. La influencia en la evapotranspiración es igual a la evaporación añadiendo la humedad hacia la superficie de la evaporación. A medida que la superficie del suelo comienza a secarse, la tasa de evapotranspiración disminuye por debajo del nivel que mantiene un suelo mayormente humectado (Román, 2015).

**Evapotranspiración Potencial:** Se denomina a la pérdida de agua en una superficie acuosa o solida saturada, mediante la evaporación y transpiración de las plantas, en el caso de un conveniente abastecimiento de humedad en el suelo en todo momento (Montalvan y Yanqui, 2019).

**Evapotranspiración Real:** Se denomina a la disminución de agua una superficie acuosa o solida saturada, en las condiciones reinantes atmosféricas y del suelo húmedo, por medio de la evaporación y transpiración de las plantas (Montalvan y Yanqui, 2019).

## 2.9 BALANCE HÍDRICO

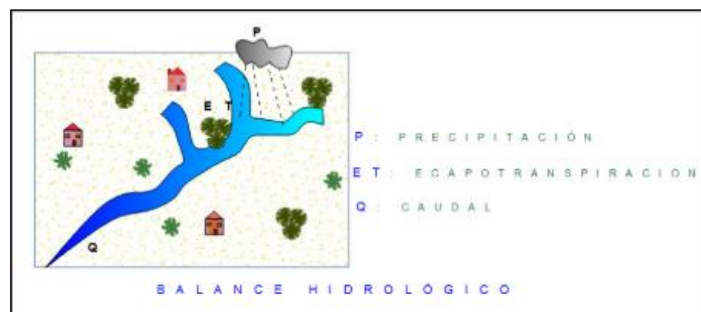
Es la conservación de la masa de agua que existe en el planeta y en su totalidad toda el agua existente en la tierra (océanos, ríos, lagos, entre otros.), pero en la rama de la hidrología el balance hídrico se refiere a las fases en estado no gaseoso perteneciente a una zona en particular y a un período de tiempo determinado (Rovira y Masramon, 2009). También consiste en lograr contabilizar las entradas y salidas de agua en las cuencas mediante la siguiente formulación:

$$\text{Entradas} = \text{Salidas} \pm \text{variación en el almacenamiento}$$

El balance hídrico es utilizado frecuente mente en la planificación manejo de los recursos naturales, el riego y drenaje del agua. El balance hídrico actualmente se utiliza valores más concretos en los cálculos de: evapotranspiración, precipitación efectiva, cultivos entre otros (Rojas, 2009).

### Figura 8

#### *Balance Hídrico En Una Cuenca*



*Nota. Digitalizado en AutoCAD.*

Los balances hídrico diarios nos dan resultados más exactos y nos es de gran utilidad en el manejo y planificación de las cuencas, en este caso se lo utiliza para el diseño de riego, estimación de esorrentía, drenajes, entre otros (F. Román, 2005).

## **2.10 HIDROGRAMA DE DISEÑO**

Un hidrograma de diseño es una gráfica o tabla que muestra las variaciones del caudal de una corriente en función del tiempo en un determinado sitio de una corriente de agua, denominándose como sección de control o sección de aforo. El hidrograma es un resultado de las características fisiográficas y climáticas entre la lluvia y el escurrimiento superficial de una cuenca de drenaje particular.

Los factores influyentes en un hidrograma de diseño son: magnitud de precipitación, duración de la tormenta, área de la cuenca, forma de la cuenca, capacidad de almacenaje de la cuenca (Rojas, 2009).

La obtención de los hidrogramas de diseño se realiza repitiendo el cálculo de la convolución de hidrogramas unitarios con diversos hietogramas de escurrimiento directo, hasta lograr hallar un hidrograma cuyo gasto pico sea de la colocación de los estimados mediante el estudio analítico de frecuencias de gastos máximos en el año. Los hietogramas se generan mediante la aleatoriedad de los números con base en curvas de precipitación, duración, y período de retorno y valores de precipitación media (Castillo et al., 2005).

## **2.11 CAUDAL DIRECTO**

El caudal directo es el efecto de la precipitación que recorre la superficie del terreno en un punto específico de una cuenca (Quevedo et al., 2016). Es decir, es la escorrentía que se produce debido al escurrimiento superficial en el suelo, siendo este un flujo directo de la precipitación que no queda detenida en las depresiones del suelo escapando de los fenómenos de la evapotranspiración, siendo este proceso descrito cuando se inicia un aguacero dependiendo de las características del suelo superficial (Ingeniería de Obras Públicas, 2018).

## **2.12 SECCIONES EN EL CAUCE DEL RÍO**

La geometría de un cauce se representa mediante la pendiente longitudinal y la sección transversal del cauce de un río (García, 1999).

### 2.12.1 Pendiente longitudinal.

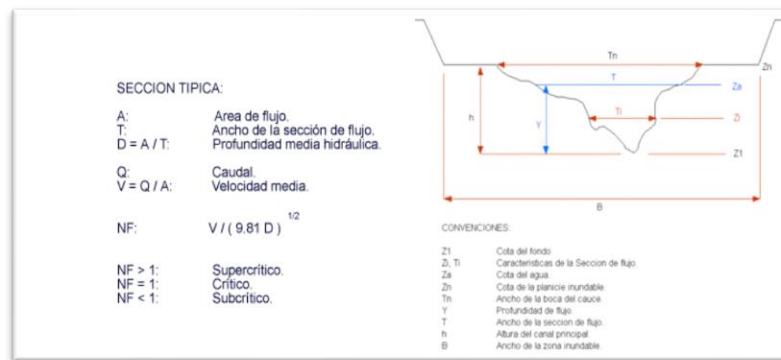
La pendiente longitudinal es medida a lo largo de la línea de agua del cauce, sabiendo que el fondo del cauce no se toma como una buena referencia, tanto por la inestabilidad como por su irregularidad (Medina, 2003).

### 2.12.2 Sección transversal.

Las secciones transversales en los cauces naturales son irregulares y la correcta medida de sus características geométricas son realizados mediante levantamientos batimétricos (García, 1999).

**Figura 9**

*Sección transversal de un Cauce*



*Nota.* Tomado de *Geocities* (Medina, 2003).

El área de la sección transversal de un cauce es dependiente del caudal. La sección transversal se compone de un número de segmentos, siendo cada uno de ellos confinados por dos verticales adyacentes. Si  $V_1$  promedio se considera la velocidad media en el primer vertical y  $V_2$  promedio se considera la velocidad media de la vertical adyacente, y si  $d_1$  y  $d_2$  son representadas como las profundidades totales respectivas en las verticales 1 y 2, y  $b$  es representada como la distancia horizontal entre las verticales (Ec.3) (Sgca et al., 2011).

Entonces el caudal  $q$  del segmento será:

$$q = \left( \frac{V_1 \cdot V_2}{2} \right) \left( \frac{d_1 \cdot d_2}{2} \right) b \quad (3)$$

## CAPITULO III METODOLOGÍA

La metodología usada en esta investigación se desarrolla en tres fases (Fig. 10).

La fase 1, corresponde a la recopilación bibliográfica por medio de artículos científicos, tesis de grado y publicaciones anteriores relacionados al análisis y estudio hidrológico e hidráulico de las cuencas.

La fase 2, está relacionado al desarrollo de diferentes métodos para la determinación de datos para determinar la hidrología de una cuenca. En esta fase se realizan la geometría con el software Hec-Ras del cauce del río Olón y la delimitación de la cuenca, y redes hidrográficas con el software QGIS, siendo fundamental para el desarrollo del estudio de la investigación.

La fase 3, se realiza la unión de toda la información obtenida del análisis y los resultados de la elaboración de los mapas de inundación, que tienen como fin la prevención temprana de inundación, así como la estimación de los caudales que fluyen por el cauce de la cuenca del río Olón.

**Figura 10**

*Diagrama de flujo de la Metodología*



## **3.1 TIPO Y NIVEL DE INVESTIGACIÓN**

### **3.1.1 Tipo.**

Según (Nieto, 2018) esta investigación es de tipo predictiva debido a que se caracteriza por fines de predicción, prevenir y advertir de ciertas condiciones o desastres naturales a la sociedad; este tipo de investigación es más utilizada en estudio de geología, la geotécnica, en la investigación meteorológicas, terremotos, erupciones volcánicas, deslizamientos, entre otros.

El propósito de la investigación es predecir a través de fórmulas teóricas las anticipaciones futuras de análisis acerca de la hidrología de la cuenca y sus características físicas además de su explicación sobre el comportamiento del caudal en los años relacionados al tema de estudio. El análisis comprende el estudio hidrológico de la cuenca ubicada en la comuna Olón.

### **3.1.2 Nivel.**

El nivel de este estudio es proyectivo y explorativo, según (De Barrera, 2010; Cauas, 2015), la investigación proyectiva involucra el diseño, modelación de escenarios, entre otros, es decir, con base a los resultados obtenidos en este nivel de investigación se generan predicciones. La investigación explorativa denota que este tipo de investigación es para temas, problemas poco estudiados o abordados antes, y esto conlleva a un avance en el conocimiento de estudios o investigación.

En la investigación se da a conocer el comportamiento del caudal a futuro en los años propuestos de investigación, en ello se relaciona los datos de precipitación derivados de las curvas de nivel con la ayuda de la topografía de la cuenca, es así que, los resultados y conclusiones hacen una estimación de los datos hidrológicos con respecto a su año de estudio.

## **3.2 MÉTODO, ENFOQUE Y DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN**

### **3.2.1 Método.**

Según (Rodríguez y Pérez, 2017), el método hipotético deductivo adecúa la reestructuración constante del sistema teórico, conceptual o metodológico de la investigación y, por ende, es esencial como método para la construcción de conocimientos, es un punto de partida para nuevas deducciones.

En la investigación ideó una hipótesis general y tres específicas que nos permite el estudio hidrológico e hidráulico de la cuenca del río Olón misma que nos lleva a evaluar su recurso hídrico y establecer un mapa de inundación mediante el uso de herramientas informáticas.

### **3.2.2 Enfoque.**

El estudio tiene un enfoque mixto, (Vega et al., 2014) indica que el enfoque cualitativo se basa en la recolección de datos sin medición numérica como la descripción porque se determina las características físicas de la cuenca mediante la revisión de la topografía y cuantitativo a la recopilación y el análisis de datos para dar respuestas una o varias preguntas de investigación y probar las hipótesis establecidas, al estimar el caudal que fluye por el cauce y el estudio hidráulico.

### **3.2.3 Diseño.**

Esta investigación tiene un diseño experimental y cuasiexperimental, (Murillo, 2011; Agudelo y Aignerren, 2008) comentan que el diseño cuasiexperimental, no es completamente experimental y es adecuado en el entorno educativo, ya que no se presenta un control experimental completo de las variables, y el diseño experimental realiza una investigación en la cual se manipula y controla varias variables independientes y dependientes.

La investigación esta referida a la características físicas de la cuenca del río Olón donde se determina los límites de la cuenca y las subcuencas presentes, la red hídrica y la topografía de esta zona, estimar diferentes caudales de diseño para sus respectivos períodos de retorno y la estimación de las zonas de inundación por medio de programas informáticos.

### **3.3 POBLACIÓN, MUESTRA Y MUESTREO**

#### **3.3.1 Población.**

(Gómez et al., 2016) Refieren que es un conjunto de contenido determinado, limitado y accesible, que formará el referente de la investigación, para la obtención de la muestra; en la población de estudio solo se elegirá a una fracción o muestra de la población definida o identificada en los objetivos y será posible generalizar o extrapolar los resultados obtenidos.

Según la teoría presentada, la población es un conjunto de objetos, elementos o fenómenos en los cuales puede presentarse una característica susceptible, en esta presente investigación la población se la obtiene de la cuenca del río Olón en este caso al área de estudio, superficie y perímetro.

#### **3.3.2 Muestra.**

(Hernández, 2017) manifiesta que la muestra es un subconjunto de la población a investigar para recolectar datos con exactitud, definir y delimitar los resultados encontrados en la muestra, esta muestra debe ser representativa de la población. En esta investigación la muestra que se utiliza es el tiempo de concentración, la intensidad de lluvia, y las precipitaciones halladas.

#### **3.3.3 Muestreo.**

(López P. L., 2004) Comenta que este método es una herramienta cuya función es determinar la realidad de estudio, se lo utiliza para identificar los

componentes o elementos de la muestra, del desarrollo experimentado por la investigación empírica de la sociedad. El muestreo en esta investigación se utiliza el método de kirpich, con la fórmula de interagua, método de bloque alterno, curvas de nivel, entre otros.

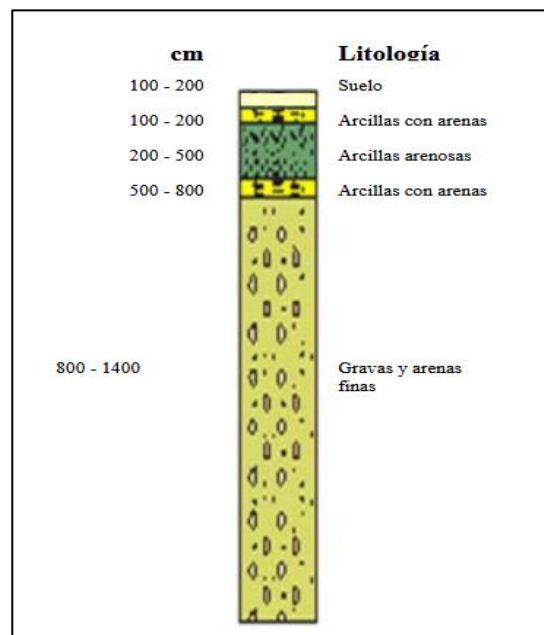
### 3.4 UBICACIÓN DEL SECTOR DE ESTUDIO

La cuenca del río Olón alcanza aproximadamente 70 km<sup>2</sup>, ubicándose en la comuna Olón, al norte de la provincia de Santa Elena, en la parroquia Manglaralto, dirigiéndose por la ruta del Spondylus a 63.5 Km desde el centro del cantón Santa Elena. La comuna Olón cuenta con una población de 35000 habitantes según el censo de población y vivienda del 2010 del Instituto Nacional de Estadísticas y Censos (INEC).

La cuenca está conformada por depósitos aluviales donde almacena el agua, que varía con el tiempo debido a la influencia de los cambios climáticos presentes en el sector, compuesta litológicamente por arcillas, limos, arenas y por gravas (Senplades et. al., 2012).

**Figura 11**

*Estratigrafía del río Olón*



*Nota:* Tomada de (F. Montalvan, 2008).



### 3.5 METODOLOGIA DEL OE.1: DETERMINACIÓN DE LAS CARACTERÍSTICAS FÍSICAS DE LA CUENCA

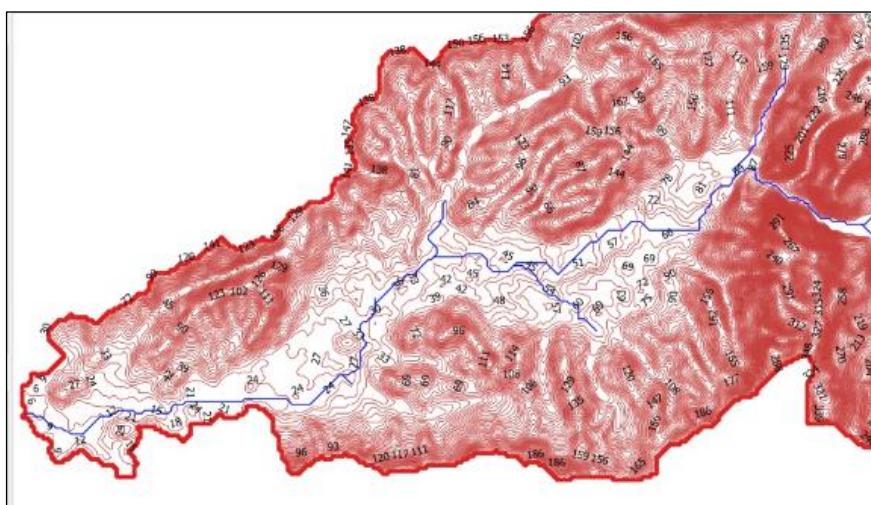
#### 3.5.1 Variables morfológicas y topográficas de la cuenca.

Una cuenca hidrográfica se puede decir que está compuesta por tres partes principales que son: cuenca alta (correspondiente generalmente a las áreas montañosas o cabeceras de los cerros), cuenca media (zona en la cual el cauce principal mantiene un curso definido, la pendiente es menos violenta), cuenca baja (zona donde se produce un cambio de pendiente, el río desemboca en la zona baja de la cuenca).

El criterio utilizado para la distinción del tipo de cuenca es la altura, si la diferencia de altura es significativa y varía de 0 a 2,500 msnm, es posible diferenciar las tres partes de la cuenca, si es menor, por ejemplo, de 0 a 1000 msnm, posiblemente sólo se podrán distinguir dos partes, y si es casi plana será menos probable establecer tres partes. Este criterio de la altura generalmente se relaciona con el clima, y puede ser una manera de organizar las partes de una cuenca (Carlos Gómez et al., 2004; López et al., 1997).

#### Figura 14

*Modelado de la Cuenca del río Olón con curvas de nivel a tres metros*



*Nota.* Realizado en el programa *Q-Gis*.

## 3.6 METODOLOGIA DEL OE.2, ESTIMACIÓN DEL CAUDAL QUE FLUYE POR EL CAUCE DEL RÍO OLÓN

### 3.6.1 Tiempo de Concentración.

En este trabajo utilizamos el método de Kirpich (Ec.4), con esta técnica proyectamos la capacidad hidráulica máxima de la cuenca durante un aguacero uniforme estimando el tiempo necesario para que todo el sistema de la cuenca contribuya a su desagüe.

$$Tc = KL^{0.770}S^{-0.385} \quad (4)$$

Donde:

**K:** Coeficiente de conversión de unidades, en donde  $K=0.0078$  para unidades inglesas y  $K=0.0195$  para unidades del SI.

**L:** Longitud del canal desde aguas arriba hasta la salida, en metros o pies dependiendo de K.

**S:** Pendiente promedio de la cuenca (m/m).

### 3.6.2 Intensidad de Lluvia- Períodos de Retorno.

Es importante para este estudio conocer la intensidad de lluvia para la cuenca que se está estudiando, para el cálculo de dicha variable es importante conocer los diferentes modelos matemáticos que permitan la estimación de la intensidad de lluvia. Para esto empleamos la ecuación pluviométrica de la empresa Interagua (Ec.5), que es la siguiente:

$$i = \frac{C}{tf+e} \quad (5)$$

Donde:

**i:** Intensidad de lluvia en mm/hora.

**t:** Tiempo de concentración (minuto).

Los valores de c, f, e, para distintos períodos de retorno o recurrencias se muestran a continuación (Tabla 1):

**Tabla 1**

*Valores de c, e y f*

Recurrencia (Años)	Factores		
	c	e	f
5	570.75	2.35	0.50
10	521	1.49	0.45
25	486.47	0.88	0.4
50	471.72	0.59	0.37
100	463.15	0.38	0.35

*Nota.* Tomado de *Interagua*.

### 3.6.3 Coeficiente de Escorrentía.

A continuación, escogemos los diferentes valores de cada variable del coeficiente de escorrentía dependiendo del relieve, la infiltración del suelo, cobertura vegetal y almacenamiento de la superficie de la cuenca que se está estudiando con relación al tipo de cuenca (alta, media o baja).

**Tabla 2**

*Coeficientes de Escorrentía*

Cobertura del Suelo	Tipo de Suelo	Pendiente (%)				
		> 50	20-50	5-20	1-5	0-1
Sin Vegetación	Impermeable	0.80	0.75	0.70	0.65	0.60
	Semipermeable	0.70	0.65	0.60	0.55	0.50
	Permeable	0.50	0.45	0.40	0.35	0.30
Cultivos	Impermeable	0.70	0.65	0.60	0.55	0.50
	Semipermeable	0.60	0.55	0.50	0.45	0.40
	Permeable	0.40	0.35	0.30	0.25	0.20
Pastos, Vegetación ligera	Impermeable	0.65	0.60	0.55	0.50	0.45
	Semipermeable	0.55	0.50	0.45	0.40	0.35
	Permeable	0.35	0.30	0.25	0.20	0.15
Hierba	Impermeable	0.60	0.55	0.50	0.45	0.40
	Semipermeable	0.50	0.45	0.40	0.35	0.30
	Permeable	0.30	0.25	0.20	0.15	0.10
Bosque, Vegetación densa	Impermeable	0.55	0.50	0.45	0.40	0.35
	Semipermeable	0.45	0.40	0.35	0.30	0.25
	Permeable	0.25	0.20	0.15	0.10	0.05

*Nota.* Tomado de *Coeficientes de Escorrentía* (Benítez et al., 1980).

### **3.6.4 Método Racional - Caudal de Diseño.**

Ya con los datos anteriormente obtenidos procedemos a determinar el caudal para los próximos 5, 10, 25 y 50 años de diseño de cada subcuenca del río Olón con la siguiente formulación (Ec. 6).

$$Q = C.I.A/360 \text{ (6)}$$

Donde:

- Q:** Caudal Recolectado (m<sup>3</sup>/s).
- I:** Intensidad de lluvia en (mm/hora).
- A:** Área de la cuenca hidrológica o área de drenaje (Ha).
- C:** Coeficiente de Escorrentía (adimensional).

## **3.7 METODOLOGIA DEL OE.3, REALIZACIÓN DE LA ESTIMACIÓN DE LAS ZONAS DE INUNDACIÓN**

### **3.7.1 Modelación hidrológica de la relación lluvia - escorrentía.**

Los datos requeridos por el programa HEC HMS 4.9 para generar los hidrogramas de crecida para cada subcuenca que conforman la cuenca del río Olón, se desarrollaron en base a los datos de las características de la cuenca y la precipitación del lugar mediante el método relación lluvia-escorrentía.

La información seleccionada para obtener los hidrogramas de crecida cuenta y cumple con los requisitos necesarios.

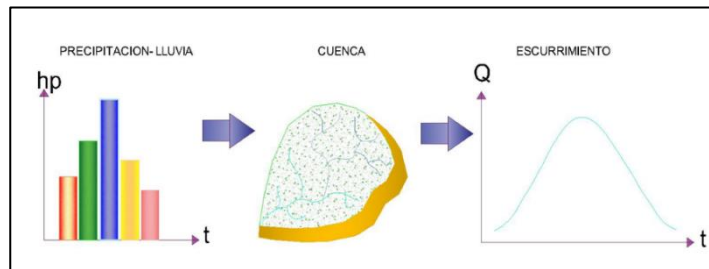
### **3.7.2 Método de relación lluvia–escurrimiento.**

Hoy en día debido a la poca información conseguida por las estaciones meteorológicas cercanas a la zona de estudio, es de importancia realizar métodos

que permitan obtener los datos necesarios mediante precipitación, área de subcuenca, cobertura del suelo, uso del suelo, pendiente entre otras características de la cuenca.

**Figura 15**

*Relación Lluvia-Escorrimento*



*Nota: Digitalizado en AutoCAD.*

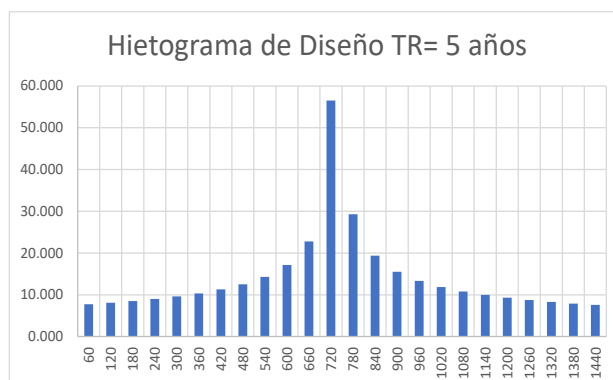
### 3.7.3 Método de bloque alterno.

Este método de bloque alterno es uno de los más utilizados debido a su fácil aplicación a partir de los datos obtenidos de las curvas Intensidad-Duración-Frecuencia para el desarrollo de hietogramas de diseño (Soldevila, 2018).

Para el hietograma de diseño el bloque alterno especifica las lluvias de máxima duración o precipitación en distintos tiempos de retorno tales como los que utilizamos en este estudio que son de 5 años (Fig. 19), con intervalos de tiempos sucesivos hasta completar un día (24 horas). La precipitación máxima se estima que se produce a la mitad de duración total de la precipitación (Chahín, 2017).

**Figura 16**

*Hietograma Situación Futura- 5 años*



### **3.7.4 Hidrograma Unitario.**

El Hidrograma Unitario es una herramienta útil para la predicción del impacto de un volumen de precipitación sobre una cuenca a lo largo de períodos de tiempos, en pocas palabras muestra el cambio del caudal o flujo de escorrentía que influye en la cuenca de un río. Este método es representado por caudal sobre tiempo y es el más usado para el análisis lluvia-escorrentía (Andrade, 2011).

El hidrogramas Unitario que supone a la cuenca como un sistema lineal, aunque en la naturaleza las cuencas no son lineales pueden operar con un grado de linealidad, y esto interviene en la predicción de crecientes determinada por la precipitación o cantidad de lluvia transformada en escorrentía y con ello identificar las partes afectadas por la escorrentía en el caudal del río haciéndola muy útil en la aplicación de la ingeniería y la respuesta de la cuenca y en la gestión de los recursos hidráulicos (Ayuso et al., 1994).

### **3.7.5 Hidrograma unitario sintético del SCS.**

El hidrograma Unitario adimensional Soil Conservation Service (SCS, servicio de conservación de suelos), es un hidrograma sintético en el cual el caudal se expresa por caudal pico con respecto al tiempo. Este modelo se nos permite el análisis de hidrogramas unitarios naturales en diferentes puntos de una misma cuenca de gran tamaño (Vargas y Carrillo, 2019).

### **3.7.6 Umbral de escorrentía–Número de curva por el método SCS.**

Es un método de servicio de conservación de suelos para la infiltración, permeabilidad, la cobertura, el uso y las condiciones húmedas del suelo, calificando las características de cada subcuenca. Los valores del umbral de escorrentía de los diferentes tipos de suelos y la pendiente del suelo van de  $< 3\%$  o  $\geq 3\%$ , el SCS hace una distinción entre si se cultiva siguiendo curvas de nivel (CN) o siguiendo líneas de máxima pendiente (R) (Vargas y Carrillo, 2019).

**Figura 17**

*Umbral de escorrentía (Po en mm) para condiciones medias de humedad*

Uso de la tierra	Pendiente %	Características hidrológicas	Grupo de suelo			
			A	B	C	D
Barbecho	≥ 3	R	15	8	6	4
		N	17	11	8	8
	< 3	R/N	20	14	11	8
Cultivos en hilera	≥ 3	R	23	13	8	6
		N	25	16	11	8
	< 3	R/N	28	19	14	11
Cereales de invierno	≥ 3	R	29	17	10	8
		N	32	19	12	10
	< 3	R/N	34	21	14	12
Rotación de cultivos pobre	≥ 3	R	26	15	9	6
		N	28	17	11	8
	< 3	R/N	30	19	13	10
Rotación de cultivos densos	≥ 3	R	37	20	12	9
		N	42	23	14	11
	< 3	R/N	47	25	16	13
Praderas	≥ 3	Pobre	24	14	8	6
		Media	53	23	14	9
		Buena	70	33	18	13
		Muy buena	80	41	22	15
		Pobre	58	25	12	7
	< 3	Media	80	35	17	10
		Buena	120	55	22	14
		Muy buena	250	100	25	16
		Pobre	62	26	15	10
		Media	80	34	19	14
Plantaciones regulares. Aprovechamiento forestal	≥ 3	Buena	100	42	22	15
		Pobre	75	34	19	14
		Media	95	42	22	15
		Buena	150	50	25	16
		Muy clara	40	17	8	5
Masas forestales (bosques, monte bajo, etc.)	≥ 3	Clara	60	24	14	10
		Media	75	34	22	16
		Espesa	90	47	31	23
		Muy espesa	120	65	43	33
Rocas permeables	≥ 3			3		
	< 3			5		
Rocas impermeables	≥ 3			2		
	< 3			4		

*Nota.* Tomado de (Fernández, 2006).

Los números de curva van en un valor de intervalo que corresponde de 0 a 100 la escorrentía superficial que se genera, obteniendo NC para cada subcuenca y sabiendo que los valores de 100 son suelos de condiciones completamente impermeables y cero condiciones de alta permeabilidad (Fernández, 2006).

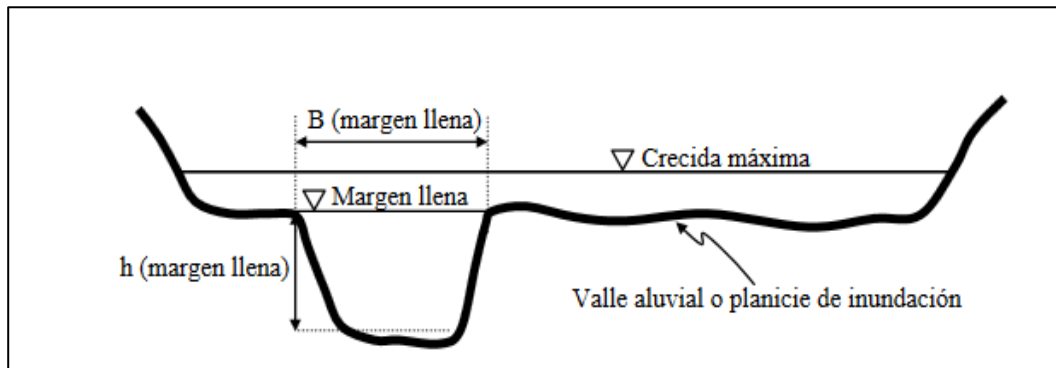
### 3.7.7 Metodología para simulación de inundaciones.

Las inundaciones provocadas por el desbordamiento de los ríos son ocasionadas por las crecientes de caudales debido a las precipitaciones. En nuestro país el fenómeno del niño de 1982-1983, 1997-1998 provocó que la creciente de los ríos aumente debido a las precipitaciones de esos años, ya que la mayor parte del año son secos (Pinto, 2016).

Hoy en día con la ayuda de distintos programas informáticos se puede realizar simulaciones de crecidas y con ello prevenir y disminuir riesgo, en este caso utilizamos los datos obtenidos por el sistema informático HEC-HMS, el análisis de lluvia- escorrentía de los distintos períodos de retorno (5, 10, 25 y 50 años).

**Figura 18**

*Representación de la sección transversal de un río con su planicie de inundación*



*Nota.* Tomado de (Basile, 2018).

### 3.7.8 Coeficiente de Manning.

El coeficiente de rugosidad de Manning nos facilita el cálculo de la resistencia de la velocidad del flujo en las secciones transversales en canales abiertos. También se debe tomar en cuenta los elementos que puedan afectar el coeficiente de rugosidad tales como vegetación, Sedimentación y Socavación, Obstrucción entre otros.

**Figura 19**

*Valores de Coeficiente De Manning*

TIPO DE CANAL			Mínimo	Normal	Máximo
D. CORRIENTES NATURALES	D.1. CORRIENTES MENORES	a) Ríos y planicies rectos, sin zonas muertas con piedras y malezas.	0.025	0.030	0.033
		b) Tormenta de montañas, sin vegetación bordes abruptos.	0.030	0.036	0.040
		Arboles y arbustos sumergidos.	0.035	0.045	0.050
		Parcialmente en crecidas con piedras y pocas rocas grandes	0.045	0.050	0.060
		rocas y piedras en el fondo.	0.075	0.100	0.150
			0.030	0.040	0.050
	D.2 PLANICIES DE INUNDACION	a) Con pastos sin arbustos	0.025	0.030	0.035
		Pastizales altos, pastizales bajos	0.030	0.035	0.050
		b) Áreas cultivadas			
		Sin cultivo	0.020	0.030	0.040
		Con cultivos	0.030	0.040	0.050
		c) Arbustos y malezas			
Escasos densos		0.040	0.060	0.080	
d) Arboles		0.070	0.100	0.160	
Sauces					
Tierra despejada de troncos	0.110	0.15	0.200		
		0.030	0.040	0.050	
D3 RÍOS PRINCIPALES (ANCHO SUPERIOR A 30 M)	Secciones regulares	0.025	-	0.060	
	Secciones irregulares	0.035	-	0.100	

*Nota.* Tomado de *Hidráulica de canales Abiertos*, (Chow et al, 1994).

### **3.7.9 Tiempo de Retardo.**

El estudio de los hidrogramas unitarios de las cuencas hidrográficas indica que el tiempo de retardo es el sesenta por ciento del tiempo de concentración (Ec.7):

$$TR = 60\% Tc \text{ (Ec. 7)}$$

Donde Tc es el tiempo de concentración de la cuenca.

### **3.7.10 Descripción del programa HEC-HMS 4.9.**

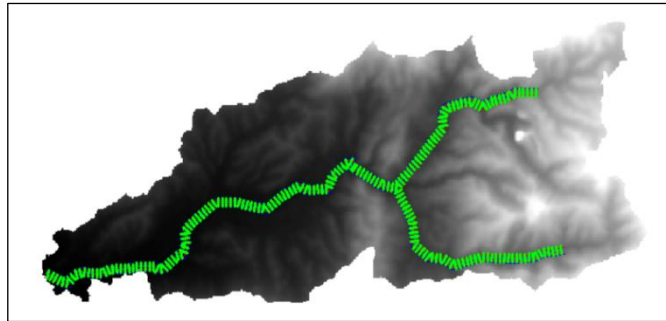
Es software gratuito diseñado para realizar simulaciones de escorrentía-precipitación de cuencas, los datos obtenidos con este programa pueden ser utilizado con otros softwares. El HEC-HMS puede ser utilizado para una gran variedad de estudios como disponibilidad de agua, estimación de caudales, impacto y diseño de desagüe, pronósticos y valoración de daños por inundación, entre otros. Debido a la diversidad de aplicaciones en el área hidrológico e hidráulico sirve para solucionar los posibles problemas, entre los métodos con los que cuenta el programa es el cálculo de los diferentes procesos del ciclo hidrológico y finalmente el cálculo de hidrogramas y el análisis de resultados (Gómez H. , 2022).

### **3.7.11 Descripción del programa Hec Geo Ras.**

El software HEC-geo es una extensión para la herramienta informática ArcGIS desarrollada conjuntamente por el Hydrologic Engineering Center del United Army Corps of Engineering y el Environmental System Research Institute (ESRI). Se dispone de una serie de procedimientos, herramientas y utilidades diseñadas para procesar datos georreferenciados. Mediante Hec Geo Ras se crea archivos de importación para trabajar en el programa Hec-Ras debido a que esto recoge los datos de la geometría del terreno incluyendo el cauce del río, las secciones transversales, las líneas de flujo, entre otros. Este archivo se importa a Hec-Ras donde procedemos a realizar todo el cálculo hidráulico y con ello obtener los datos necesarios (Polo, 2016).

**Figura 20**

*Generación Geográfica con Hec Geo Ras*



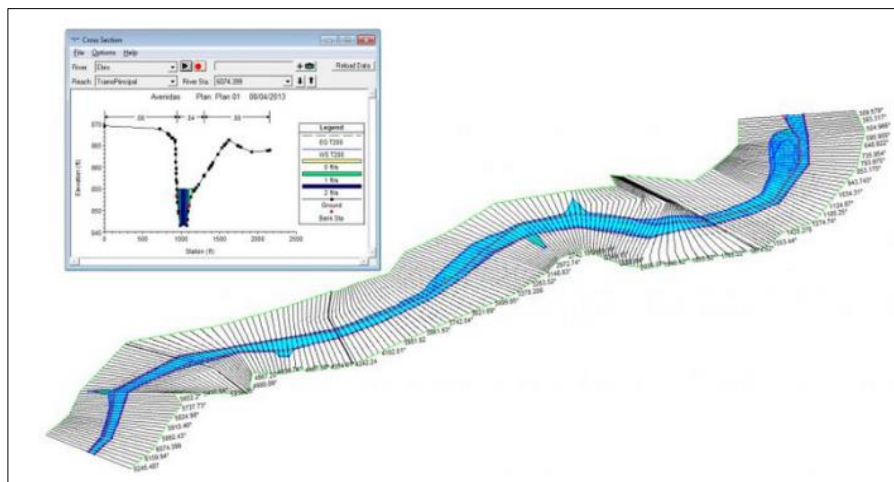
*Nota.* Realizado con la herramienta informática *Q-Gis*.

### 3.7.12 Descripción del programa HEC-RAS 5.0.1.

EL Hec-Ras se trata de un software gratuito desarrollado por el Hydrologic Engineering Center del US Army Corps of Engineers. Nos permite simular flujos en cauces naturales o canales artificiales para determinar el nivel del agua por lo que su objetivo principal es realizar estudios de inundación y determinar las zonas inundables, con el cual nos permite simular obras hidráulicas y de ingeniería.

**Figura 21**

*Ejemplo de simulación de inundación HEC-RAS*



*Nota.* Tomado de (Polo, 2016).

# **CAPITULO IV: ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS**

## **4.1 DEFINICIÓN DE ESCENARIOS PARA LA MODELACIÓN**

En este estudio se define como escenario a una descripción parcial y concreta de un sistema diseñado para una determinada situación, permitiendo a la modelación sustentar diversas situaciones a la que está siendo sometida, logrando obtener conclusiones de observación y resultados mediante una simulación virtual de la cuenca del río Olón a una situación futura probable haciendo uso de un software diseñado para la modelación hidráulica y creación de proyectos de estudio.

Para este modelo se crearon distintos escenarios importantes los cuales permitieron obtener diferentes resultados de modelación de la cuenca del río Olón:

Escenario 1

- Situación futura con TR= 5 años

Escenario 2

- Situación futura con TR= 10 años

Escenario 3

- Situación futura con TR= 25 años

Escenario 4

- Situación futura con TR= 50 años

## 4.2 ANÁLISIS DE RESULTADOS OE.1, CARACTERÍSTICAS FÍSICAS DE LA CUENCA

### 4.2.1 Caracterización de la cuenca del río Olón.

Para el estudio de los hidrogramas de crecida y la propagación de caudales del río Olón consideramos la integración de las subcuencas existentes en 3 tipos de cuencas (alta, media y baja), mediante la cual se cumplen con los métodos para la Modelación Hidrológica e Hidráulica de la cuenca.

El análisis para cada cuenca muestra un punto de descarga en donde se describe un hidrograma de crecida que, su resultado, será la suma de cada una de las subcuencas integrantes mediante el programa Q-Gis 2.16.9 (Tabla 3, Fig. 22).

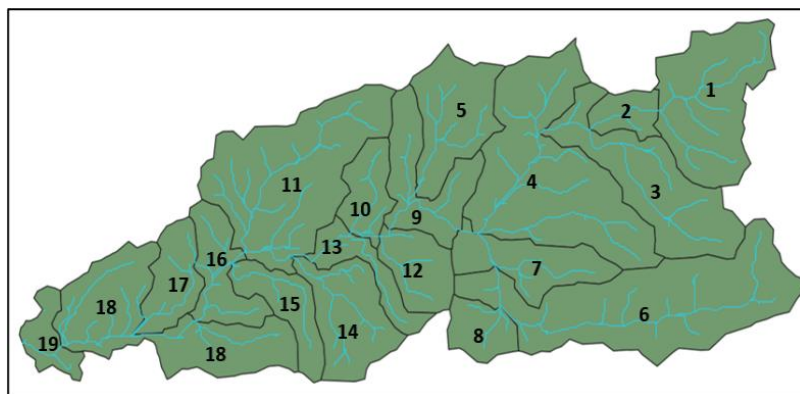
**Tabla 3**

*Conformación de tramos de la cuenca del río Olón*

	Cuenca	Subcuenca Número
A	Alta	1,2,3,4,5,6,8
B	Media	7,9,10,11,12,13,14
C	Baja	15,16,17,18,19

**Figura 22**

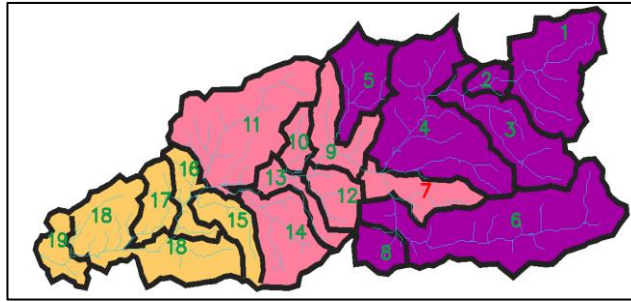
*Tramos de estudio de la cuenca del río Olón*



*Nota.* Realizado en Q-Gis.

### Figura 23

*División del tipo de Cuenca del río Olón*



*Nota: Digitalizado*

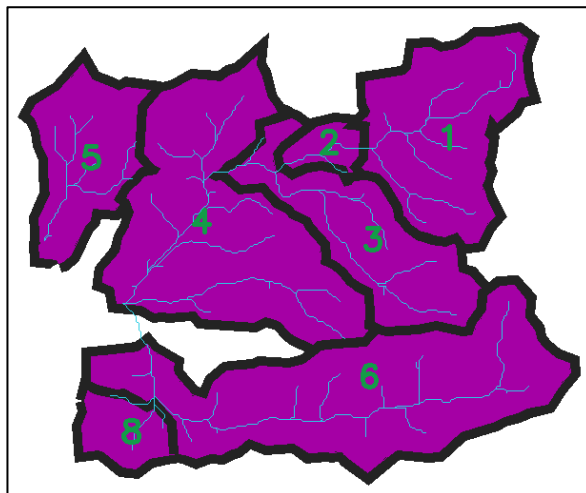
## 4.2.2 Cuencas de análisis.

### 4.2.2.1 Cuenca Alta.

Con un área total de 27,96 Km<sup>2</sup> está conformada por las subcuencas 1,2,3,4,5,6 y 8 (Fig. 24) para la modelación hidrológica del estudio se determinarán los parámetros hidrológicos de cada subcuenca en base a su área y su hidrograma de crecida.

### Figura 24

*Subcuencas de Cuenca Alta del río Olón*



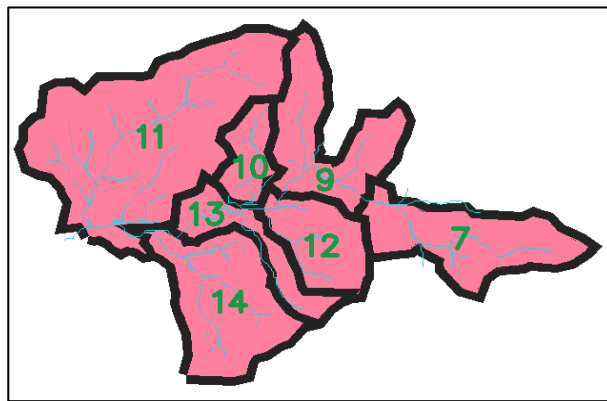
*Nota: Digitalizado*

#### 4.2.2.2 Cuenca Media.

La cuenca media tiene un área de 17,6 km<sup>2</sup>, integrada por las subcuencas 7,9,10,11,12,13,14 (Fig. 25), el hidrograma de crecida, se realizará según las condiciones solicitadas por el programa, con un tiempo de lluvia de 24 horas y con un lapso de tiempo de 60 min.

**Figura 25**

*Subcuencas de Cuenca Media del río Olón*

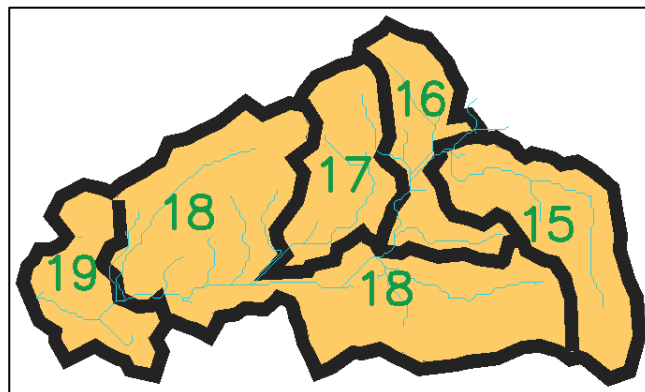


#### 4.2.2.3 Cuenca Baja.

La cuenca baja comprende un área de 10,65 km<sup>2</sup>, integrada por las subcuencas 15,16,17,18,19 (Fig. 26), el hidrograma de crecida, se utilizará de acuerdo a las condiciones solicitadas por el programa.

**Figura 26**

*Subcuencas de Cuenca Baja del río Olón*



*Nota: Digitalizado*

### 4.3 ANÁLISIS DE RESULTADOS OE.2, CAUDAL QUE FLUYE POR EL CAUCE DEL RÍO OLÓN POR EL MÉTODO RACIONAL

#### 4.3.1 Tiempo de Concentración.

Para este trabajo utilizamos el programa Q-GIS, donde obtuvimos los datos de cada subcuenca y su respectiva cota superior y cota inferior, el desnivel se obtiene mediante la diferencia de las cotas y la pendiente promedio es hallada por la división de la longitud y su desnivel.

**Tabla 4**

*Tiempo de concentración de la Cuenca del río Olón*

Tiempo de concentración Aplicación del método de Kirpich						
Subcuenca	Longitud (m)	Cota Sup (m)	Cota Inf (m)	Desnivel (m)	Pendiente Promedio (m/m)	tc (min)
1	2979.359	531	314	217	0.0728	25.299
2	1482.118	314	187	127	0.0857	13.882
3	4881.858	448	157	291	0.0596	39.972
4	3734.161	259	115	144	0.0386	38.455
5	2564.799	294	82	212	0.0827	21.471
6	7352.406	524	133	391	0.0532	57.250
7	2826.867	409	115	294	0.1040	21.183
8	863.145	179	142	37	0.0429	11.952
9	1937.632	120	69	51	0.0263	26.879
10	1855.866	136	58	78	0.0420	21.714
11	4353.647	158	38	120	0.0276	49.252
12	1772.589	264	64	200	0.1128	14.331
13	3942.878	151	45	106	0.0269	46.074
14	2628.783	129	45	84	0.0320	31.550
15	2890.695	99	33	66	0.0228	38.634
16	2375.259	93	24	69	0.0290	30.271
17	2398.042	84	20	64	0.0267	31.506
18	2791.627	86	9	77	0.0276	34.970
19	868.165	11	6	5	0.0058	26.003

*Nota: Realizado en Excel*

#### 4.3.2 Intensidad de Lluvia- Períodos de Retorno.

Para este proyecto hallamos la intensidad de lluvia requerida con un período de retorno de 5, 10, 25 y 50 años, utilizando la ecuación de Interagua nos da los datos mostrados a continuación (Tabla 5):

**Tabla 5***Intensidad de Lluvia de la Cuenca del río Olón*

Subcuenca	tc (min)	INTENSIDAD DE LLUVIA			
		Recurrencia (Años)			
		5	10	25	50
1	25.299	77.339	90.301	107.598	121.114
2	13.882	93.938	109.532	129.933	145.742
3	39.972	65.813	77.213	92.622	104.728
4	38.455	66.745	78.265	93.821	106.038
5	21.471	81.726	95.335	113.399	127.486
6	57.250	57.556	67.926	82.065	93.212
7	21.183	82.093	95.757	113.887	128.023
8	11.952	98.283	114.659	135.976	152.456
9	26.879	75.751	88.488	105.513	118.829
10	21.714	81.421	94.983	112.993	127.039
11	49.252	60.926	71.709	86.360	97.896
12	14.331	93.022	108.456	128.670	144.342
13	46.074	62.460	73.435	88.322	100.036
14	31.550	71.640	83.807	100.150	112.955
15	38.634	66.633	78.138	93.677	105.879
16	30.271	72.690	85.000	101.515	114.449
17	31.506	71.675	83.848	100.196	113.006
18	34.970	69.068	80.892	96.818	109.312
19	26.003	76.618	89.478	106.651	120.075

*Nota: Realizado en Excel*

### 4.3.3 Coeficiente de Escorrentía.

Se escoge los diferentes valores del coeficiente de escorrentía dependiendo de la cuenca de estudio con base a la tabla de coeficientes de escorrentía (Tabla 6) con relación a su cobertura del suelo, tipo de infiltración y su pendiente.

**Tabla 6.***Valor de Escorrentía*

	COEFICIENTES DE ESCORRENTIA	
	Pendiente	C
<b>Cuenca Alta</b>	6.220	0.35
<b>Cuenca Media</b>	5.308	0.4
<b>Cuenca Baja</b>	2.238	0.4

*Nota: Realizado en Excel*

### 4.3.4 Método Racional - Caudal de Diseño

Con la formulación a continuación determinamos el caudal de diseño, transformando el área de la cuenca de m<sup>2</sup> a ha, con la intensidad de lluvia obtenido en los ejercicios anteriores y con el coeficiente de escorrentía nos da los siguientes resultados.

**Tabla 7**

*Caudal de Diseño 5 años*

<b>CAUDAL</b>					
SUBCUENCAS	Area de la cuenca (m <sup>2</sup> )	Area de la cuenca (ha)	Intensidad de lluvia 5 años (mm/hora)	Coeficiente de escorrentia	Caudal de diseño (m <sup>3</sup> /s)
1	4389723.480	438.972	77.339	0.35	33.007
2	873971.121	87.397	93.938	0.35	7.982
3	4103183.539	410.318	65.813	0.35	26.254
4	7191960.452	719.196	66.745	0.35	46.669
5	2760338.167	276.034	81.726	0.35	21.933
6	7529493.848	752.949	57.556	0.35	42.133
7	2191780.286	219.178	82.093	0.4	19.992
8	1112255.852	111.226	98.283	0.35	10.628
9	2339974.756	233.997	75.751	0.4	19.695
10	1318155.825	131.816	81.421	0.4	11.925
11	6377003.822	637.700	60.926	0.4	43.169
12	1570979.134	157.098	93.022	0.4	16.237
13	1235278.662	123.528	62.460	0.4	8.573
14	2597643.155	259.764	71.640	0.4	20.677
15	1543795.639	154.380	66.633	0.4	11.430
16	1746981.917	174.698	72.690	0.4	14.110
17	1542178.001	154.218	71.675	0.4	12.282
18	4805090.259	480.509	69.068	0.4	36.875
19	916920.922	91.692	76.618	0.4	7.806

*Nota: Realizado en Excel*

**Tabla 8***Caudal de Diseño 10 años*

<b>CAUDAL</b>					
<b>SUBCUENCAS</b>	<b>Area de la cuenca (m<sup>2</sup>)</b>	<b>Area de la cuenca (ha)</b>	<b>Intensidad de lluvia 10 años (mm/hora)</b>	<b>Coefficiente de escorrentia</b>	<b>Caudal de diseño (m<sup>3</sup>/s)</b>
1	4389723.480	438.972	90.301	0.35	38.539
2	873971.121	87.397	109.532	0.35	9.307
3	4103183.539	410.318	77.213	0.35	30.802
4	7191960.452	719.196	78.265	0.35	54.724
5	2760338.167	276.034	95.335	0.35	25.585
6	7529493.848	752.949	67.926	0.35	49.724
7	2191780.286	219.178	95.757	0.4	23.320
8	1112255.852	111.226	114.659	0.35	12.399
9	2339974.756	233.997	88.488	0.4	23.007
10	1318155.825	131.816	94.983	0.4	13.911
11	6377003.822	637.700	71.709	0.4	50.810
12	1570979.134	157.098	108.456	0.4	18.931
13	1235278.662	123.528	73.435	0.4	10.079
14	2597643.155	259.764	83.807	0.4	24.189
15	1543795.639	154.380	78.138	0.4	13.403
16	1746981.917	174.698	85.000	0.4	16.499
17	1542178.001	154.218	83.848	0.4	14.368
18	4805090.259	480.509	80.892	0.4	43.188
19	916920.922	91.692	89.478	0.4	9.116

*Nota: Realizado en Excel***Tabla 9***Caudal de Diseño 25 años*

<b>CAUDAL</b>					
<b>SUBCUENCAS</b>	<b>Area de la cuenca (m<sup>2</sup>)</b>	<b>Area de la cuenca (ha)</b>	<b>Intensidad de lluvia 25 años (mm/hora)</b>	<b>Coefficiente de escorrentia</b>	<b>Caudal de diseño (m<sup>3</sup>/s)</b>
1	4389723.480	438.972	107.598	0.35	45.920
2	873971.121	87.397	129.933	0.35	11.040
3	4103183.539	410.318	92.622	0.35	36.949
4	7191960.452	719.196	93.821	0.35	65.602
5	2760338.167	276.034	113.399	0.35	30.432
6	7529493.848	752.949	82.065	0.35	60.074
7	2191780.286	219.178	113.887	0.4	27.735
8	1112255.852	111.226	135.976	0.35	14.704
9	2339974.756	233.997	105.513	0.4	27.433
10	1318155.825	131.816	112.993	0.4	16.549
11	6377003.822	637.700	86.360	0.4	61.191
12	1570979.134	157.098	128.670	0.4	22.460
13	1235278.662	123.528	88.322	0.4	12.123
14	2597643.155	259.764	100.150	0.4	28.906
15	1543795.639	154.380	93.677	0.4	16.069
16	1746981.917	174.698	101.515	0.4	19.705
17	1542178.001	154.218	100.196	0.4	17.169
18	4805090.259	480.509	96.818	0.4	51.691
19	916920.922	91.692	106.651	0.4	10.866

*Nota: Realizado en Excel*

**Tabla 10.**

*Caudal de Diseño 50 años*

<b>CAUDAL</b>					
<b>SUBCUENCAS</b>	<b>Area de la cuenca (m<sup>2</sup>)</b>	<b>Area de la cuenca (ha)</b>	<b>Intensidad de lluvia 50 años (mm/hora)</b>	<b>Coefficiente de escorrentia</b>	<b>Caudal de diseño (m<sup>3</sup>/s)</b>
1	4389723.480	438.972	121.114	0.35	51.689
2	873971.121	87.397	145.742	0.35	12.384
3	4103183.539	410.318	104.728	0.35	41.778
4	7191960.452	719.196	106.038	0.35	74.143
5	2760338.167	276.034	127.486	0.35	34.213
6	7529493.848	752.949	93.212	0.35	68.235
7	2191780.286	219.178	128.023	0.4	31.178
8	1112255.852	111.226	152.456	0.35	16.486
9	2339974.756	233.997	118.829	0.4	30.895
10	1318155.825	131.816	127.039	0.4	18.606
11	6377003.822	637.700	97.896	0.4	69.364
12	1570979.134	157.098	144.342	0.4	25.195
13	1235278.662	123.528	100.036	0.4	13.730
14	2597643.155	259.764	112.955	0.4	32.602
15	1543795.639	154.380	105.879	0.4	18.162
16	1746981.917	174.698	114.449	0.4	22.216
17	1542178.001	154.218	113.006	0.4	19.364
18	4805090.259	480.509	109.312	0.4	58.361
19	916920.922	91.692	120.075	0.4	12.233

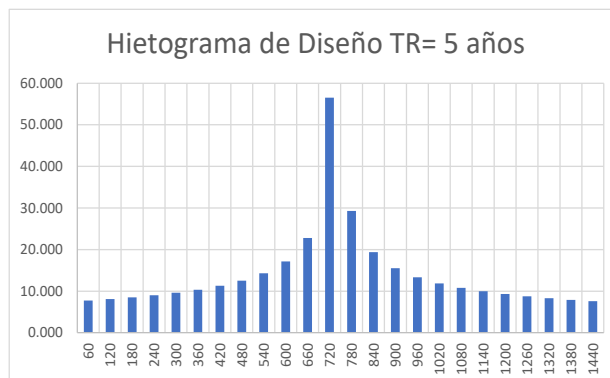
## **4.4 ANÁLISIS DE RESULTADOS OE.3, LA ESTIMACIÓN DE LAS ZONAS DE INUNDACIÓN DEL CAUCE DEL RÍO OLÓN**

### **4.4.1 Método del Bloque Alterno**

Hietograma de diseño con período de retorno de 5 años (Fig. 27 y Tabla 11), con intervalos de tiempos sucesivos hasta completar un día (24 horas). La precipitación máxima se estima que se produce a la mitad de duración total de la precipitación.

**Figura 27**

*Hietograma Situación Futura- 5 años*



**Tabla 11**

*Hietograma de Precipitación de Diseño utilizando Método de Bloques Alternos-Situación Futura- 5 años*

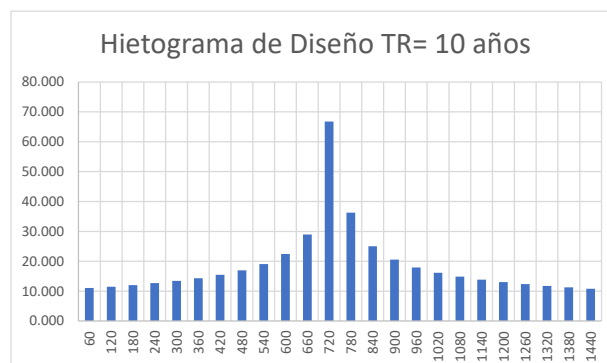
24 Horas 1 día	Duración min	Intensidad mm/h	Profundidad Acumulada mm	Profundidad Incremental mm	Tiempo min	Precipitación mm
1	60	56.532	56.532	56.532	0-60	7.739
2	120	42.899	85.798	29.266	60-120	8.105
3	180	36.200	108.601	22.803	120-180	8.529
4	240	31.989	127.957	19.356	180-240	9.027
5	300	29.016	145.078	17.121	240-300	9.624
6	360	26.766	160.596	15.519	300-360	10.357
7	420	24.985	174.894	14.297	360-420	11.289
8	480	23.527	188.220	13.326	420-480	12.530
9	540	22.305	200.749	12.530	480-540	14.297
10	600	21.261	212.610	11.861	540-600	17.121
11	660	20.355	223.900	11.289	600-660	22.803
12	720	19.558	234.693	10.793	660-720	56.532
13	780	18.850	245.050	10.357	720-780	29.266
14	840	18.216	255.021	9.970	780-840	19.356
15	900	17.643	264.645	9.624	840-900	15.519
16	960	17.122	273.956	9.311	900-960	13.326
17	1020	16.646	282.983	9.027	960-1020	11.861
18	1080	16.208	291.750	8.767	1020-1080	10.793
19	1140	15.804	300.279	8.529	1080-1140	9.970
20	1200	15.429	308.588	8.309	1140-1200	9.311
21	1260	15.081	316.694	8.105	1200-1260	8.767
22	1320	14.755	324.610	7.916	1260-1320	8.309
23	1380	14.450	332.349	7.739	1320-1380	7.916
24	1440	14.163	339.923	7.574	1380-1440	7.574

*Nota: Realizado en Excel*

Hietograma de diseño con período de retorno de 10 años (Fig. 28 y Tabla 12), con intervalos de tiempos sucesivos hasta completar un día (24 horas).

**Figura 28**

*Hietograma Situación Futura- 10 años*



**Tabla 12**

*Hietograma de Precipitación de Diseño utilizando Método de Bloques Alternos-Situación Futura - 10 años*

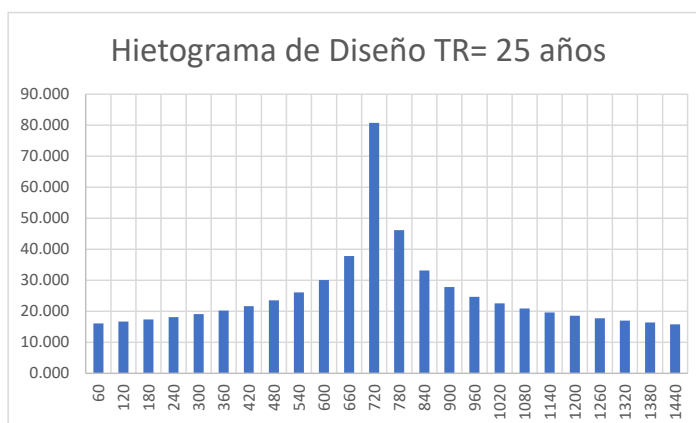
24 Horas 1 día	Duración min	Intensidad mm/h	Profundidad Acumulada mm	Profundidad Incremental mm	Tiempo min	Precipitación mm
1	60	66.778	66.778	66.778	0-60	11.044
2	120	51.521	103.041	36.264	60-120	11.510
3	180	44.009	132.028	28.987	120-180	12.045
4	240	39.266	157.062	25.034	180-240	12.671
5	300	35.899	179.497	22.435	240-300	13.416
6	360	33.341	200.047	20.551	300-360	14.326
7	420	31.307	219.148	19.101	360-420	15.471
8	480	29.636	237.086	17.938	420-480	16.979
9	540	28.229	254.065	16.979	480-540	19.101
10	600	27.023	270.233	16.168	540-600	22.435
11	660	25.973	285.703	15.471	600-660	28.987
12	720	25.047	300.566	14.862	660-720	66.778
13	780	24.222	314.891	14.326	720-780	36.264
14	840	23.481	328.738	13.847	780-840	25.034
15	900	22.810	342.155	13.416	840-900	20.551
16	960	22.199	355.181	13.027	900-960	17.938
17	1020	21.638	367.852	12.671	960-1020	16.168
18	1080	21.122	380.198	12.345	1020-1080	14.862
19	1140	20.644	392.243	12.045	1080-1140	13.847
20	1200	20.201	404.010	11.768	1140-1200	13.027
21	1260	19.787	415.520	11.510	1200-1260	12.345
22	1320	19.399	426.789	11.269	1260-1320	11.768
23	1380	19.036	437.833	11.044	1320-1380	11.269
24	1440	18.694	448.666	10.833	1380-1440	10.833

*Nota: Realizado en Excel*

Hietograma de diseño con período de retorno de 25 años (Fig. 29 y Tabla 13), con intervalos de tiempos sucesivos hasta completar un día (24 horas).

**Figura 29**

*Hietograma Situación Futura- 25 años*



**Tabla 13**

*Hietograma de Precipitación de Diseño utilizando Método de Bloques Alternos- Situación Futura- 25 años*

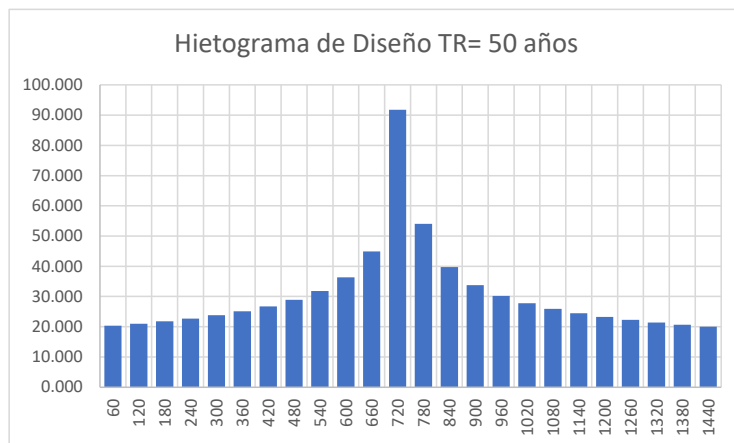
24 Horas 1 día	Duración min	Intensidad mm/h	Profundidad Acumulada mm	Profundidad Incremental mm	Tiempo min	Precipitación mm
1	60	80.762	80.762	80.762	0-60	16.055
2	120	63.451	126.901	46.139	60-120	16.652
3	180	54.894	164.683	37.782	120-180	17.337
4	240	49.461	197.845	33.162	180-240	18.132
5	300	45.586	227.930	30.085	240-300	19.074
6	360	42.627	255.762	27.832	300-360	20.214
7	420	40.264	281.846	26.084	360-420	21.639
8	480	38.315	306.517	24.672	420-480	23.498
9	540	36.668	330.015	23.498	480-540	26.084
10	600	35.252	352.516	22.501	540-600	30.085
11	660	34.014	374.155	21.639	600-660	37.782
12	720	32.920	395.039	20.884	660-720	80.762
13	780	31.943	415.253	20.214	720-780	46.139
14	840	31.062	434.868	19.615	780-840	33.162
15	900	30.263	453.941	19.074	840-900	27.832
16	960	29.533	472.523	18.582	900-960	24.672
17	1020	28.862	490.656	18.132	960-1020	22.501
18	1080	28.243	508.375	17.719	1020-1080	20.884
19	1140	27.669	525.712	17.337	1080-1140	19.615
20	1200	27.135	542.694	16.982	1140-1200	18.582
21	1260	26.636	559.346	16.652	1200-1260	17.719
22	1320	26.168	575.690	16.344	1260-1320	16.982
23	1380	25.728	591.745	16.055	1320-1380	16.344
24	1440	25.314	607.527	15.783	1380-1440	15.783

*Nota: Realizado en Excel*

Hietograma de diseño con período de retorno de 50 años (Fig. 30 y Tabla 14), con intervalos de tiempos sucesivos hasta completar un día (24 horas).

**Figura 30**

*Hietograma Situación Futura- 25 años*



**Tabla 14**

*Hietograma de Precipitación de Diseño utilizando Método de Bloques Alternos-Situación Futura- 25 años*

24 Horas	Duración	Intensidad	Profundidad Acumulada	Profundidad Incremental	Tiempo	Precipitación
1 día	min	mm/h	mm	mm	min	mm
1	60	91.792	91.792	91.792	0-60	20.291
2	120	72.921	145.842	54.050	60-120	20.989
3	180	63.570	190.710	44.868	120-180	21.787
4	240	57.614	230.455	39.745	180-240	22.710
5	300	53.353	266.764	36.309	240-300	23.800
6	360	50.090	300.542	33.779	300-360	25.114
7	420	47.478	332.348	31.806	360-420	26.750
8	480	45.319	362.554	30.206	420-480	28.872
9	540	43.492	391.426	28.872	480-540	31.806
10	600	41.916	419.161	27.735	540-600	36.309
11	660	40.537	445.911	26.750	600-660	44.868
12	720	39.316	471.795	25.884	660-720	91.792
13	780	38.224	496.909	25.114	720-780	54.050
14	840	37.238	521.333	24.424	780-840	39.745
15	900	36.342	545.133	23.800	840-900	33.779
16	960	35.523	568.364	23.231	900-960	30.206
17	1020	34.769	591.074	22.710	960-1020	27.735
18	1080	34.072	613.305	22.230	1020-1080	25.884
19	1140	33.426	635.091	21.787	1080-1140	24.424
20	1200	32.823	656.465	21.374	1140-1200	23.231
21	1260	32.260	677.454	20.989	1200-1260	22.230
22	1320	31.731	698.083	20.629	1260-1320	21.374
23	1380	31.234	718.374	20.291	1320-1380	20.629
24	1440	30.764	738.347	19.973	1380-1440	19.973

#### 4.4.2 Coeficiente de Manning.

Se han tomado 0.025 en los bordes: izquierdo y derecho y 0.025 para el centro del río para secciones irregulares para los diferentes escenarios.

#### 4.4.3 Tiempo de Retardo.

**Tabla 15**

*Tiempo de Concentración en minutos.*

Subcuenca	Longitud (m)	Desnivel (m)	Tc (min)	Coef.	Tr(min)
1	2979.359	217	25.299	0.6	15.18
2	1482.118	127	13.882	0.6	8.33
3	4881.858	291	39.972	0.6	23.98
4	3734.161	144	38.455	0.6	23.07
5	2564.799	212	21.471	0.6	12.88
6	7352.406	391	57.250	0.6	34.35
7	2826.867	294	21.183	0.6	12.71
8	863.145	37	11.952	0.6	7.17
9	1937.632	51	26.879	0.6	16.13
10	1855.866	78	21.714	0.6	13.03
11	4353.647	120	49.252	0.6	29.55
12	1772.589	200	14.331	0.6	8.60
13	3942.878	106	46.074	0.6	27.64
14	2628.783	84	31.550	0.6	18.93
15	2890.695	66	38.634	0.6	23.18
16	2375.259	69	30.271	0.6	18.16
17	2398.042	64	31.506	0.6	18.90
18	2791.627	77	34.970	0.6	20.98
19	868.165	5	26.003	0.6	15.60

#### 4.4.4 Número de curva

Para hallar el número de curva hacemos uso de la cobertura y textura del suelo por medio de los mapas proporcionados por la página del Geoportal de Agricultura del Ecuador.

Calificando las características de cada subcuena mediante el uso del método de Servicio de Conservación de Suelos, obtenemos como resultado  $NC= 48.36$ .

**Tabla 16**

*Cobertura del suelo de cada Subcuena*

SUBCUENCAS	Km2	Cobertura del suelo
1	4.390	Pasto Cultivado
2	0.874	Vegetacion Arbustiva Seca
3	4.103	Pasto Cultivado
4	7.192	Pasto Cultivado
5	2.760	Vegetacion Arbustiva Seca
6	7.529	Bosque Seco
7	2.192	Vegetacion Arbustiva Seca
8	1.112	Vegetacion Arbustiva Seca
9	2.340	Pasto Cultivado con Precencia de Árboles
10	1.318	Teca
11	6.377	Bosque Seco
12	1.571	Vegetacion Arbustiva Seca
13	1.235	Barbecho
14	2.598	Bosque Seco
15	1.544	Pasto Cultivado
16	1.747	Pasto Cultivado
17	1.542	Cedro
18	4.805	Barbecho
19	0.917	Poblado (Nucleo Urbano)

**Tabla 17**

*Textura del suelo de la Cuenca*

Textura del Suelo	Área	Tipo
FINA	21.95	39.08% A
MEDIA	32.3	57.50% A
MUY FINA	1.92	3.42% A
	56.17	100.00%

**Tabla 18**

*Número de Curva*

Cobertura del suelo	Grupo Hidrológico A		Grupo Hidrológico B		Grupo Hidrológico C		Grupo Hidrológico D		
Pasto Cultivado	0.0782	39	3.049	61	4.769	74	5.786	80	6.255
Vegetacion Arbustiva Seca	0.0156	68	1.058	79	1.230	86	1.339	89	1.385
Pasto Cultivado	0.0731	39	2.850	61	4.458	74	5.408	80	5.846
Pasto Cultivado	0.1281	39	4.996	61	7.814	74	9.479	80	10.247
Vegetacion Arbustiva Seca	0.0492	68	3.343	79	3.884	86	4.228	89	4.376
Bosque Seco	0.1341	45	6.035	66	8.851	77	10.326	83	11.131
Vegetacion Arbustiva Seca	0.0390	68	2.654	79	3.084	86	3.357	89	3.474
Vegetacion Arbustiva Seca	0.0198	68	1.347	79	1.565	86	1.704	89	1.763
Pasto Cultivado con Precencia de Árboles	0.0417	39	1.625	61	2.542	74	3.084	80	3.334
Teca	0.0235	25	0.587	55	1.291	70	1.643	77	1.808
Bosque Seco	0.1136	45	5.111	66	7.496	77	8.745	83	9.427
Vegetacion Arbustiva Seca	0.0280	68	1.903	79	2.210	86	2.406	89	2.490
Barbecho	0.0220	72	1.584	81	1.782	88	1.936	91	2.002
Bosque Seco	0.0463	45	2.082	66	3.054	77	3.562	83	3.840
Pasto Cultivado	0.0275	39	1.072	61	1.677	74	2.035	80	2.200
Pasto Cultivado	0.0311	39	1.213	61	1.898	74	2.302	80	2.489
Cedro	0.0275	25	0.687	55	1.511	70	1.923	77	2.115
Barbecho	0.0856	72	6.162	81	6.932	88	7.531	91	7.788
Poblado (Nucleo Urbano)	0.0163	61	0.996	75	1.225	83	1.355	87	1.421
Total Cobertura del Suelo			48.355		67.272		78.150		83.391
Total Textura del Suelo	100		1		0		0		0
Numero de Curvatura			48.355		0		0		0

#### 4.4.5 Escenario 1.

El escenario 1 se basa en una situación futura del terreno con un período de retorno de 5 años con el propósito de evaluar el temporal de lluvias y su impacto en la cuenca, se utilizó una precipitación de caudal pico de 24 horas. Los parámetros utilizados en la simulación de los mapas de inundación se eligieron en base a su coeficiente de rugosidad, número de curvatura y tiempo de retardo de cada subcuenca previstas a futuro.

Las tablas presentan datos generales obtenidos del ingreso de precipitación donde se da a conocer los caudales en m<sup>3</sup>/s y volumen pico en m<sup>3</sup> de las subcuencas y la hora que topa el valor máximo. (Tabla 19).

**Tabla 19**

*Resultados generales de volumen y caudal pico - Situación futura 5 años*

ELEMENTO	Área Km <sup>2</sup>	Caudal Pico m <sup>3</sup> /s	Fecha-Hora	Volumen Pico m <sup>3</sup>
Subcuenca 1	4.39	28.4	01ene.2027, 12:00	685.8
Subcuenca 2	0.87	5.6	01ene.2027, 12:00	135.9
Subcuenca 3	4.10	26.5	01ene.2027, 12:00	640.5
Subcuenca 4	7.19	46.4	01ene.2027, 12:00	1123.2
Subcuenca 5	2.76	17.8	01ene.2027, 12:00	431.1
Subcuenca 6	7.53	46.3	01ene.2027, 12:00	1176.3
Subcuenca 7	2.19	14.1	01ene.2027, 12:00	342.1
Subcuenca 8	1.11	7.2	01ene.2027, 12:00	173.4
Subcuenca 9	2.34	15.1	01ene.2027, 12:00	365.5
Subcuenca 10	1.32	8.5	01ene.2027, 12:00	206.2
Subcuenca 11	6.38	41.2	01ene.2027, 12:00	996.6
Subcuenca 12	1.57	10.1	01ene.2027, 12:00	245.3
Subcuenca 13	1.24	8	01ene.2027, 12:00	193.7
Subcuenca 14	2.60	16.8	01ene.2027, 12:00	406.2
Subcuenca 15	1.54	9.9	01ene.2027, 12:00	240.6
Subcuenca 16	1.75	11.3	01ene.2027, 12:00	273.4
Subcuenca 17	1.54	9.9	01ene.2027, 12:00	240.6
Subcuenca 18	4.81	31.1	01ene.2027, 12:00	751.4
Subcuenca 19	0.92	5.9	01ene.2027, 12:00	143.7

*Nota.* Realizado en *Hec-Hms*.

#### 4.4.3.1 Tramo de la Cuenca Alta.

En este tramo se toman los datos de cada subcuenca que es perteneciente al tramo de la cuenca alta, considerando los datos del flujo directo de cada subcuenca y obteniendo un flujo total.

Los datos calculados indican que el caudal máximo en la cuenca alta se da a las 12 horas del día 1 con un flujo de 178,2 m<sup>3</sup>/s, terminando su intensidad de flujo a las 4 horas del día 2, observando una pérdida del flujo hasta el final del evento de simulación. Esto indica que, el caudal de las subcuencas, es exclusivo de un evento de precipitación y no es alimentado por la infiltración natural del suelo (Tabla 20, Fig. 31, 32, 33, 34, 35, 36, 37).

**Tabla 20**

*Cuenca alta - Datos de Flujo de Subcuenca*

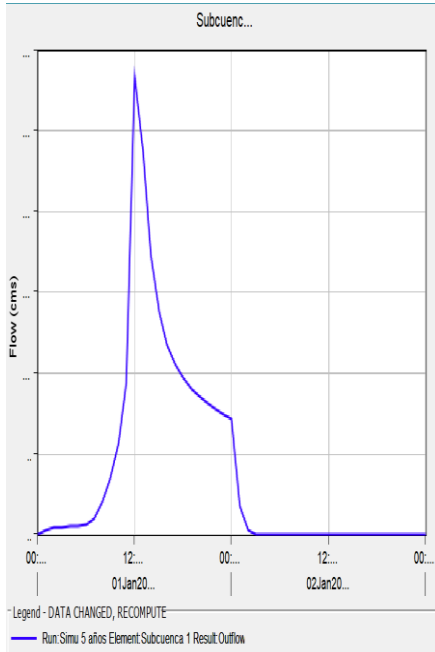
Date	Time	Direct Flow	Direct Flow	Direct Flow	Direct Flow	Direct Flow	Direct Flow	Direct Flow	Total Flow m <sup>3</sup> /s
		Subcuenca 1	Subcuenca 2	Subcuenca 3	Subcuenca 4	Subcuenca 5	Subcuenca 6	Subcuenca 8	
01ene.2027	0:00	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
01ene.2027	1:00	0.4	0.1	0.3	0.6	0.2	0.6	0.1	2.3
01ene.2027	2:00	0.5	0.1	0.4	0.8	0.3	0.8	0.1	3.0
01ene.2027	3:00	0.5	0.1	0.5	0.8	0.3	0.9	0.1	3.2
01ene.2027	4:00	0.5	0.1	0.5	0.9	0.3	0.9	0.1	3.3
01ene.2027	5:00	0.6	0.1	0.5	0.9	0.4	1.0	0.1	3.6
01ene.2027	6:00	0.6	0.1	0.6	1.0	0.4	1.1	0.2	4.0
01ene.2027	7:00	1.0	0.2	0.9	1.6	0.6	1.7	0.3	6.3
01ene.2027	8:00	2.0	0.4	1.9	3.3	1.3	3.4	0.5	12.8
01ene.2027	9:00	3.5	0.7	3.3	5.8	2.2	5.9	0.9	22.3
01ene.2027	10:00	5.7	1.1	5.3	9.3	3.6	9.4	1.4	35.8
01ene.2027	11:00	9.4	1.9	8.8	15.5	5.9	15.7	2.4	59.6
01ene.2027	12:00	28.4	5.6	26.5	46.4	17.8	46.3	7.2	178.2
01ene.2027	13:00	23.7	4.7	22.1	38.8	14.9	41.0	6.0	151.2
01ene.2027	14:00	17.3	3.4	16.2	28.3	10.9	30.4	4.4	110.9
01ene.2027	15:00	13.8	2.7	12.9	22.6	8.7	24.1	3.5	88.3
01ene.2027	16:00	11.8	2.3	11.0	19.3	7.4	20.5	3.0	75.3
01ene.2027	17:00	10.6	2.1	9.9	17.3	6.6	18.3	2.7	67.5
01ene.2027	18:00	9.7	1.9	9.1	15.9	6.1	16.8	2.5	62.0
01ene.2027	19:00	9.1	1.8	8.5	14.9	5.7	15.7	2.3	58.0
01ene.2027	20:00	8.6	1.7	8.0	14.0	5.4	14.8	2.2	54.7
01ene.2027	21:00	8.1	1.6	7.6	13.3	5.1	14.0	2.1	51.8
01ene.2027	22:00	7.8	1.5	7.3	12.8	4.9	13.4	2.0	49.7
01ene.2027	23:00	7.5	1.5	7.0	12.3	4.7	12.9	1.9	47.8
02ene.2027	0:00	7.2	1.4	6.7	11.8	4.5	12.4	1.8	45.8
02ene.2027	1:00	1.8	0.4	1.7	3.0	1.2	3.8	0.5	12.4
02ene.2027	2:00	0.4	0.1	0.3	0.6	0.2	0.8	0.1	2.5
02ene.2027	3:00	0.1	0.0	0.1	0.1	0.0	0.2	0.0	0.5
02ene.2027	4:00	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
02ene.2027	5:00	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
02ene.2027	6:00	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0

*Nota.* Realizado en *Hec-Hms*.

## GRÁFICA DE HIDROGRAMA

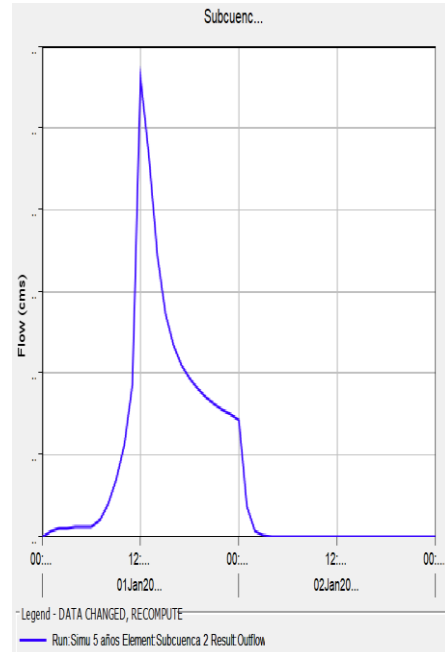
**Figura 31**

*Hidrograma Subcuenca 1*



**Figura 32**

*Hidrograma Subcuenca 2*

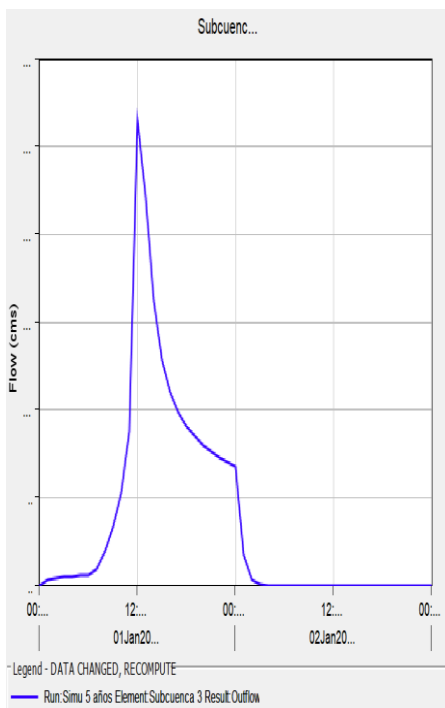


*Nota. Realizado en Hec-Hms.*

*Nota. Realizado en Hec-Hms.*

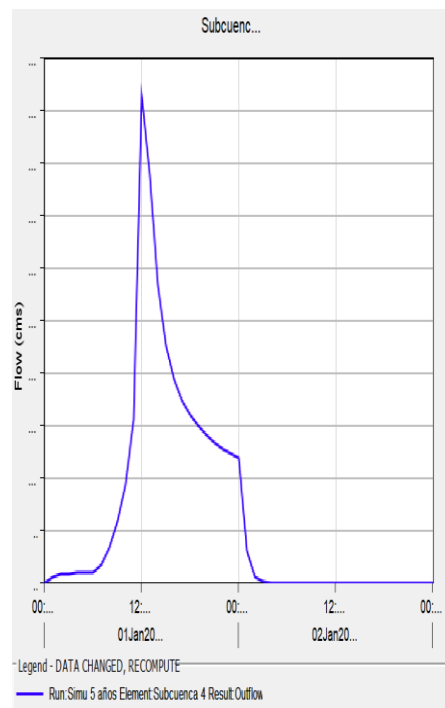
**Figura 33**

*Hidrograma Subcuenca 3*



**Figura 34**

*Hidrograma Subcuenca 3*

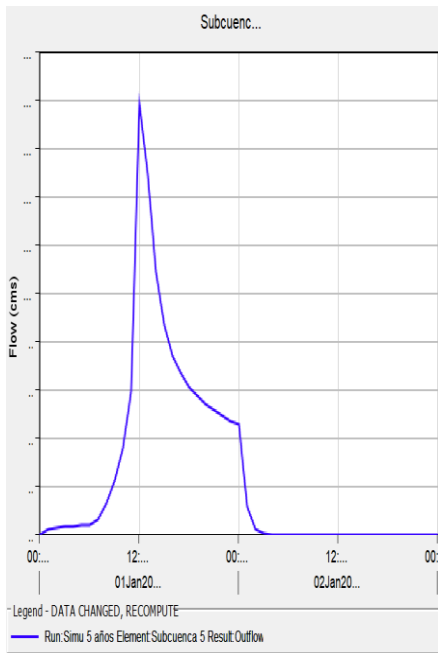


*Nota. Realizado en Hec-Hms.*

*Nota. Realizado en Hec-Hms.*

**Figura 35**

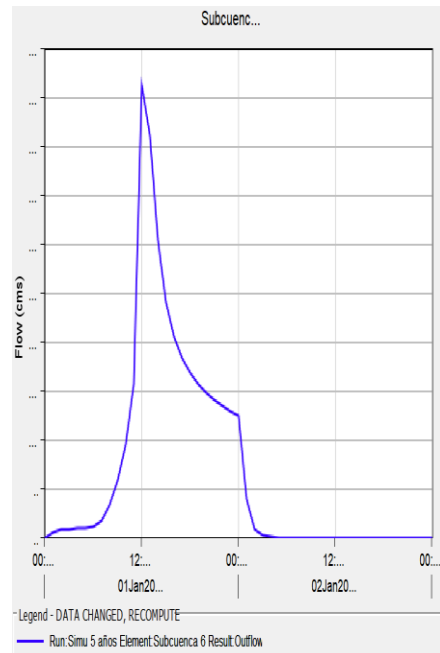
*Hidrograma Subcuenca 5*



*Nota. Realizado en Hec-Hms.*

**Figura 36**

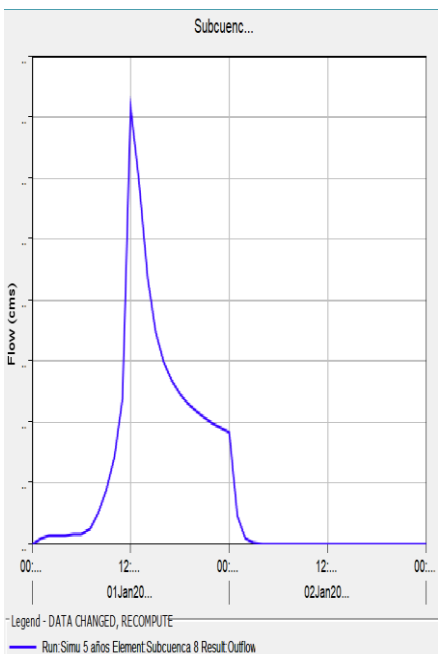
*Hidrograma Subcuenca 6*



*Nota. Realizado en Hec-Hms.*

**Figura 37**

*Hidrograma Subcuenca 8*



*Nota. Realizado en Hec-Hms.*

#### 4.4.3.2 Tramo de la Cuenca Media.

Los datos calculados indican que el caudal máximo se da a las 12 horas del día 1 con un flujo de 113,8 m<sup>3</sup>/s, terminando con su intensidad de flujo a las 4 horas del día 2, observando una pérdida de flujo hasta el final del evento de simulación. Esto indica que, el caudal de las subcuencas, es exclusivo de un evento de precipitación y no es alimentado por la infiltración natural del suelo (Tabla 21, Fig. 38, 39, 40, 41, 42, 43, 44).

**Tabla 21**

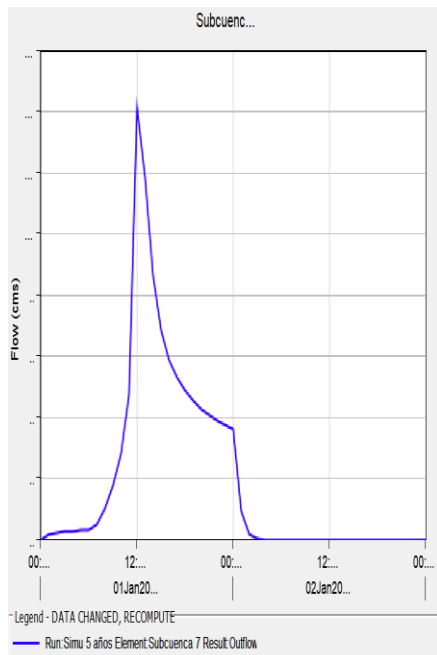
*Cuenca media - Datos de Flujo de Subcuencas*

Date	Time	Direct Flow	Direct Flow	Direct Flow	Direct Flow	Direct Flow	Direct Flow	Direct Flow	Total Flow m <sup>3</sup> /s
		Subcuenca 7	Subcuenca 9	Subcuenca 10	Subcuenca 11	Subcuenca 12	Subcuenca 13	Subcuenca 14	
01ene.2027	0:00	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
01ene.2027	1:00	0.2	0.2	0.1	0.5	0.1	0.1	0.2	1.4
01ene.2027	2:00	0.2	0.2	0.1	0.7	0.2	0.1	0.3	1.8
01ene.2027	3:00	0.3	0.3	0.2	0.7	0.2	0.1	0.3	2.1
01ene.2027	4:00	0.3	0.3	0.2	0.8	0.2	0.2	0.3	2.3
01ene.2027	5:00	0.3	0.3	0.2	0.8	0.2	0.2	0.3	2.3
01ene.2027	6:00	0.3	0.3	0.2	0.9	0.2	0.2	0.4	2.5
01ene.2027	7:00	0.5	0.5	0.3	1.5	0.4	0.3	0.6	4.1
01ene.2027	8:00	1.0	1.1	0.6	3.0	0.7	0.6	1.2	8.2
01ene.2027	9:00	1.8	1.9	1.1	5.1	1.3	1.0	2.1	14.3
01ene.2027	10:00	2.8	3.0	1.7	8.2	2.0	1.6	3.4	22.7
01ene.2027	11:00	4.7	5.0	2.8	13.7	3.4	2.7	5.6	37.9
01ene.2027	12:00	14.1	15.1	8.5	41.2	10.1	8.0	16.8	113.8
01ene.2027	13:00	11.8	12.6	7.1	34.4	8.5	6.7	14.0	95.1
01ene.2027	14:00	8.6	9.2	5.2	25.1	6.2	4.9	10.2	69.4
01ene.2027	15:00	6.9	7.3	4.1	20.0	4.9	3.9	8.2	55.3
01ene.2027	16:00	5.9	6.3	3.5	17.1	4.2	3.3	7.0	47.3
01ene.2027	17:00	5.3	5.6	3.2	15.4	3.8	3.0	6.3	42.6
01ene.2027	18:00	4.9	5.2	2.9	14.1	3.5	2.7	5.8	39.1
01ene.2027	19:00	4.5	4.8	2.7	13.2	3.2	2.6	5.4	36.4
01ene.2027	20:00	4.3	4.6	2.6	12.5	3.1	2.4	5.1	34.6
01ene.2027	21:00	4.1	4.3	2.5	11.8	2.9	2.3	4.8	32.7
01ene.2027	22:00	3.9	4.2	2.3	11.3	2.8	2.2	4.6	31.3
01ene.2027	23:00	3.7	4.0	2.2	10.9	2.7	2.1	4.4	30.0
02ene.2027	0:00	3.6	3.8	2.2	10.5	2.6	2.0	4.3	29.0
02ene.2027	1:00	0.9	1.0	0.6	2.7	0.7	0.5	1.1	7.5
02ene.2027	2:00	0.2	0.2	0.1	0.5	0.1	0.1	0.2	1.4
02ene.2027	3:00	0.0	0.0	0.0	0.1	0.0	0.0	0.0	0.1
02ene.2027	4:00	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
02ene.2027	5:00	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
02ene.2027	6:00	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0

*Nota.* Realizado en Hec-Hms.

**Figura 38**

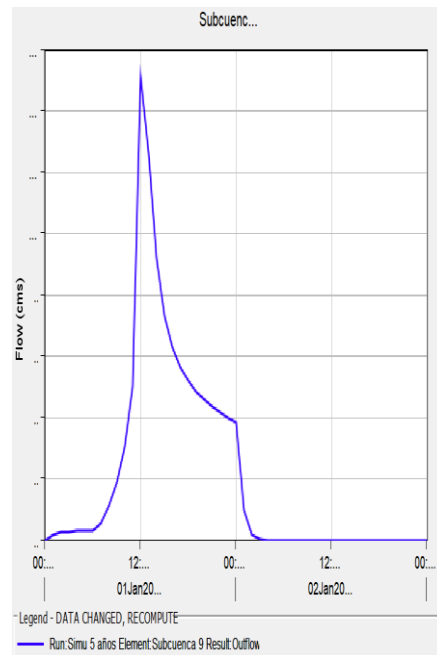
*Hidrograma Subcuenca 7*



*Nota. Realizado en Hec-Hms.*

**Figura 39**

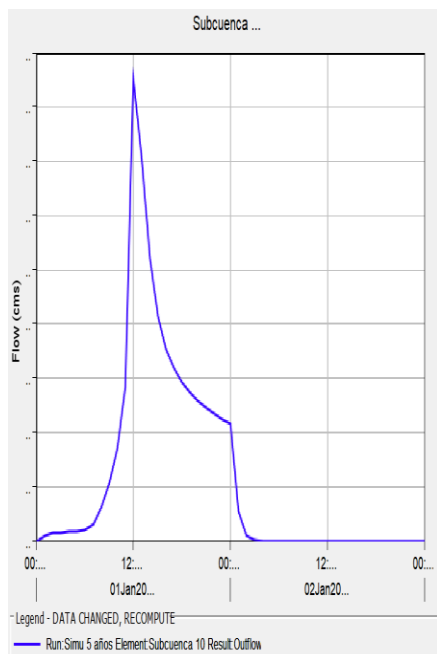
*Hidrograma Subcuenca 9*



*Nota. Realizado en Hec-Hms.*

**Figura 40**

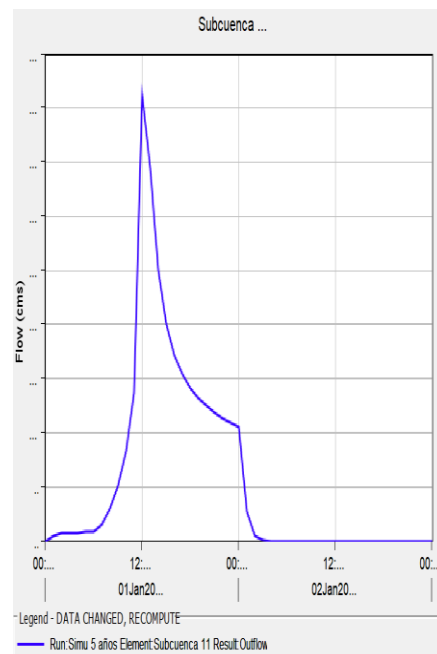
*Hidrograma Subcuenca 10*



*Nota. Realizado en Hec-Hms.*

**Figura 41**

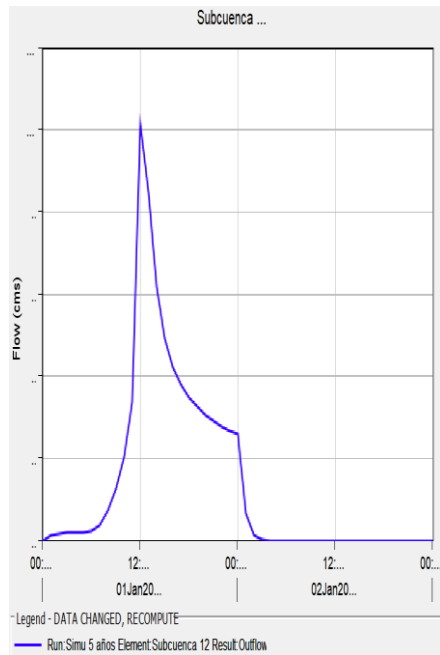
*Hidrograma Subcuenca 11*



*Nota. Realizado en Hec-Hms.*

**Figura 42**

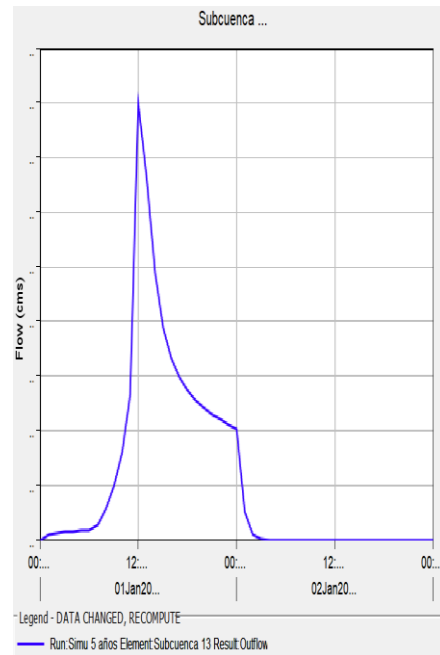
*Hidrograma Subcuenca 12*



*Nota. Realizado en Hec-Hms.*

**Figura 43**

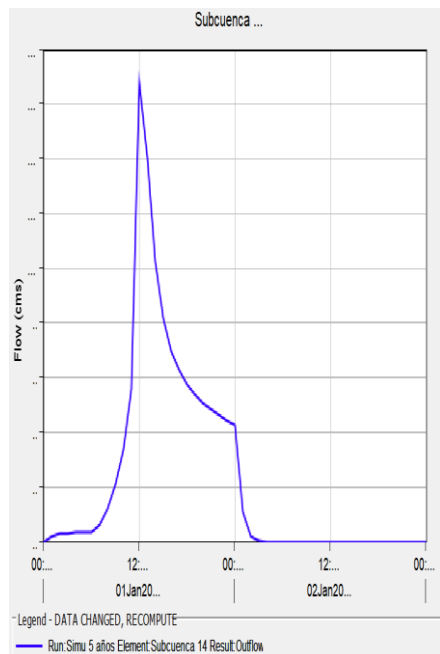
*Hidrograma Subcuenca 13*



*Nota. Realizado en Hec-Hms.*

**Figura 44**

*Hidrograma Subcuenca 14*



*Nota. Realizado en Hec-Hms.*

#### 4.4.3.3 Tramo de la Cuenca Baja.

Los datos calculados indican que el caudal máximo se da a las 12 horas del día 1 con un flujo de 68,1 m<sup>3</sup>/s, terminando con su intensidad de flujo a las 4 horas del día 2, observando una pérdida de flujo hasta el final del evento de simulación. Esto indica que, el caudal de las subcuencas, es exclusivo de un evento de precipitación y no es alimentado por la infiltración natural del suelo (Tabla 22, Fig. 45, 46, 47, 48, 49).

**Tabla 22**

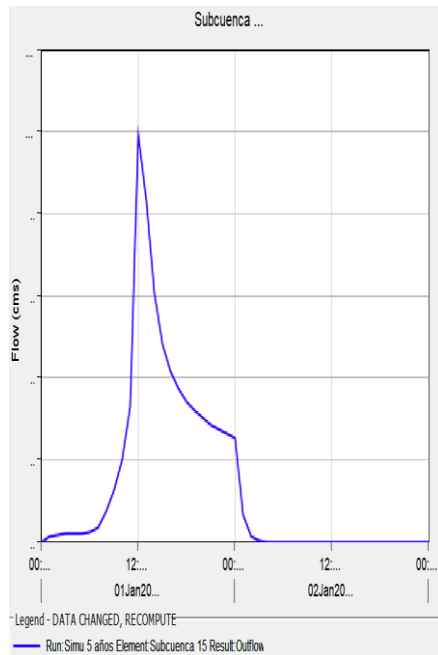
*Cuenca baja - Datos de Flujo de Subcuencas*

Date	Time	Direct Flow	Direct Flow	Direct Flow	Direct Flow	Direct Flow	Total Flow
		Subcuenca 15	Subcuenca 16	Subcuenca 17	Subcuenca 18	Subcuenca 19	m <sup>3</sup> /s
01ene.2027	0:00	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
01ene.2027	1:00	0.1	0.1	0.1	0.4	0.1	0.8
01ene.2027	2:00	0.2	0.2	0.2	0.5	0.1	1.2
01ene.2027	3:00	0.2	0.2	0.2	0.6	0.1	1.3
01ene.2027	4:00	0.2	0.2	0.2	0.6	0.1	1.3
01ene.2027	5:00	0.2	0.2	0.2	0.6	0.1	1.3
01ene.2027	6:00	0.2	0.2	0.2	0.7	0.1	1.4
01ene.2027	7:00	0.4	0.4	0.4	1.1	0.2	2.5
01ene.2027	8:00	0.7	0.8	0.7	2.2	0.4	4.8
01ene.2027	9:00	1.2	1.4	1.2	3.9	0.7	8.4
01ene.2027	10:00	2.0	2.3	2.0	6.2	1.2	13.7
01ene.2027	11:00	3.3	3.8	3.3	10.3	2.0	22.7
01ene.2027	12:00	9.9	11.3	9.9	31.1	5.9	68.1
01ene.2027	13:00	8.3	9.4	8.3	26.0	5.0	57.0
01ene.2027	14:00	6.1	6.9	6.1	18.9	3.6	41.6
01ene.2027	15:00	4.8	5.5	4.8	15.1	2.9	33.1
01ene.2027	16:00	4.1	4.7	4.1	12.9	2.5	28.3
01ene.2027	17:00	3.7	4.2	3.7	11.6	2.2	25.4
01ene.2027	18:00	3.4	3.9	3.4	10.7	2.0	23.4
01ene.2027	19:00	3.2	3.6	3.2	10.0	1.9	21.9
01ene.2027	20:00	3.0	3.4	3.0	9.4	1.8	20.6
01ene.2027	21:00	2.9	3.2	2.9	8.9	1.7	19.6
01ene.2027	22:00	2.7	3.1	2.7	8.5	1.6	18.6
01ene.2027	23:00	2.6	3.0	2.6	8.2	1.6	18.0
02ene.2027	0:00	2.5	2.9	2.5	7.9	1.5	17.3
02ene.2027	1:00	0.6	0.7	0.6	2.0	0.4	4.3
02ene.2027	2:00	0.1	0.1	0.1	0.4	0.1	0.8
02ene.2027	3:00	0.0	0.0	0.0	0.1	0.0	0.1
02ene.2027	4:00	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
02ene.2027	5:00	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
02ene.2027	6:00	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0

*Nota.* Realizado en *Hec-Hms*.

**Figura 45**

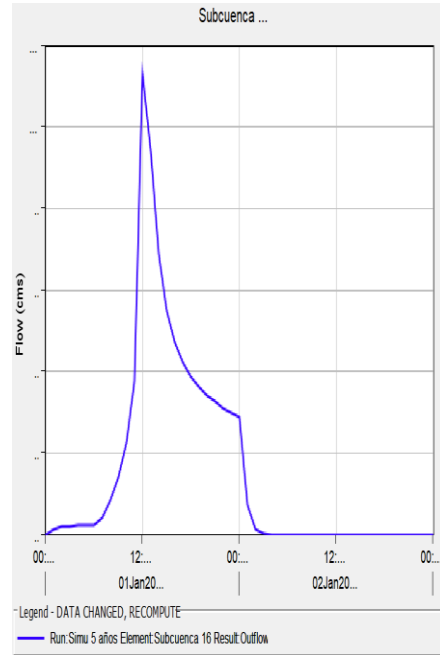
*Hidrograma Subcuenca 15*



*Nota. Realizado en Hec-Hms.*

**Figura 46**

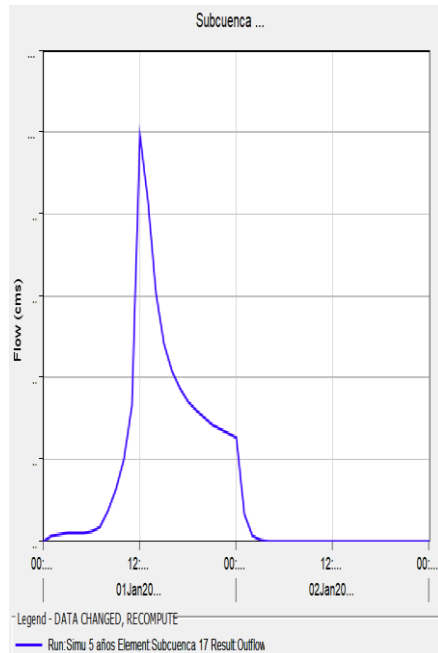
*Hidrograma Subcuenca 16*



*Nota. Realizado en Hec-Hms.*

**Figura 47**

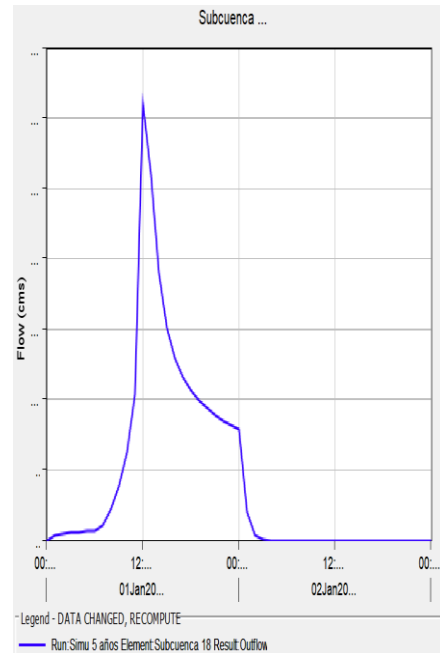
*Hidrograma Subcuenca 17*



*Nota. Realizado en Hec-Hms.*

**Figura 48**

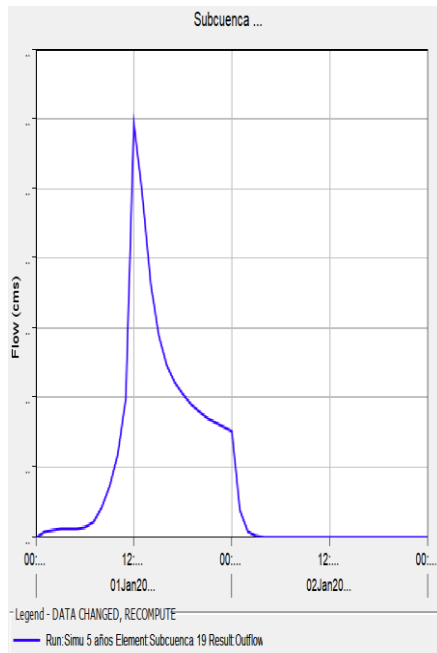
*Hidrograma Subcuenca 18*



*Nota. Realizado en Hec-Hms.*

## Figura 49

### Hidrograma Subcuenca 19



Nota. Realizado en *Hec-Hms*.

## 4.4.6 Escenario 2.

El escenario 2 se basa en una situación futura del terreno con un período de retorno de 10 años similar al escenario anterior se tomó una precipitación de caudal pico de 24 horas con una prolongación de tres días. Los parámetros necesarios para la simulación de los mapas de inundación de este escenario se escogieron en base a su coeficiente de rugosidad, número de curvatura y tiempo de retardo de cada subcuenca previstas a futuro.

Las tablas presentan datos generales obtenidos del ingreso de precipitación donde se da a conocer los caudales en  $\text{m}^3/\text{s}$  y volumen pico en  $\text{m}^3$  de las subcuencas y la hora que topa el valor máximo. (Tabla 23).

**Tabla 23***Resultados generales de volumen y caudal pico - Situación futura 10 años*

<b>ELEMENTO</b>	<b>Área Km<sup>2</sup></b>	<b>Caudal Pico m<sup>3</sup>/s</b>	<b>Fecha-Hora</b>	<b>Volumen Pico m<sup>3</sup></b>
Subcuenca 1	4.39	41.7	01ene.2032, 12:00	1073.2
Subcuenca 2	0.87	8.3	01ene.2032, 12:00	212.7
Subcuenca 3	4.10	38.9	01ene.2032, 12:00	1002.3
Subcuenca 4	7.19	68.3	01ene.2032, 12:00	1757.7
Subcuenca 5	2.76	26.2	01ene.2032, 12:00	674.7
Subcuenca 6	7.53	68.4	01ene.2032, 12:00	1840.8
Subcuenca 7	2.19	20.8	01ene.2032, 12:00	535.4
Subcuenca 8	1.11	10.5	01ene.2032, 12:00	271.3
Subcuenca 9	2.34	22.2	01ene.2032, 12:00	572.0
Subcuenca 10	1.32	12.5	01ene.2032, 12:00	322.7
Subcuenca 11	6.38	60.6	01ene.2032, 12:00	1559.6
Subcuenca 12	1.57	14.9	01ene.2032, 12:00	383.8
Subcuenca 13	1.24	11.8	01ene.2032, 12:00	303.1
Subcuenca 14	2.60	24.7	01ene.2032, 12:00	635.6
Subcuenca 15	1.54	14.6	01ene.2032, 12:00	376.5
Subcuenca 16	1.75	16.6	01ene.2032, 12:00	427.8
Subcuenca 17	1.54	14.6	01ene.2032, 12:00	376.5
Subcuenca 18	4.81	45.7	01ene.2032, 12:00	1175.8
Subcuenca 19	0.92	8.7	01ene.2032, 12:00	224.9

*Nota.* Realizado en *Hec-Hms*.**4.4.4.1 Tramo de la Cuenca Alta**

Igual que en el anterior escenario, en este tramo se toman los datos de cada subcuenca que es perteneciente al tramo de la cuenca alta, considerando los datos del flujo directo de cada subcuenca y obteniendo un flujo total.

Los datos calculados indican que el caudal máximo en la cuenca alta se da a las 12 horas del día 1 con un flujo de 262,3 m<sup>3</sup>/s, terminando su intensidad de flujo a las 4 horas del día 2, observando una pérdida del flujo hasta el final del evento de simulación. Esto indica que, el caudal de las subcuencas, es exclusivo de un evento de precipitación y no es alimentado por la infiltración natural del suelo (Tabla 24, Fig. 50, 51, 52, 53, 54, 55, 56).

**Tabla 24**

*Cuenca alta - Datos de Flujo de Subcuencas*

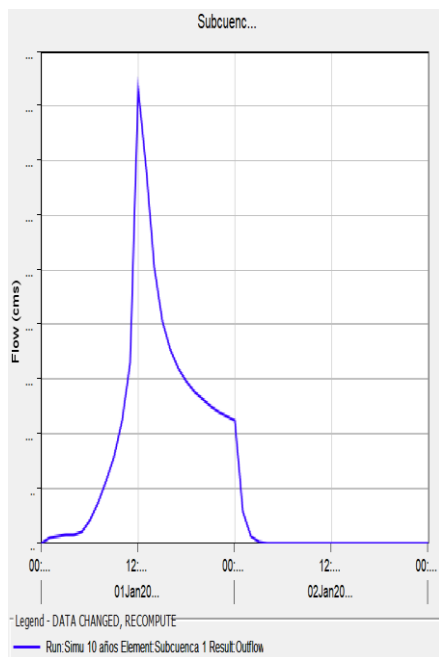
Date	Time	Direct Flow Subcuenca 1	Direct Flow Subcuenca 2	Direct Flow Subcuenca 3	Direct Flow Subcuenca 4	Direct Flow Subcuenca 5	Direct Flow Subcuenca 6	Direct Flow Subcuenca 8	Total Flow m <sup>3</sup> /s
01ene.2032	0:00	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
01ene.2032	1:00	0.5	0.1	0.5	0.8	0.3	0.8	0.1	3.1
01ene.2032	2:00	0.7	0.1	0.6	1.1	0.4	1.1	0.2	4.2
01ene.2032	3:00	0.7	0.1	0.7	1.2	0.5	1.2	0.2	4.6
01ene.2032	4:00	0.8	0.2	0.7	1.2	0.5	1.3	0.2	4.9
01ene.2032	5:00	0.9	0.2	0.9	1.5	0.6	1.6	0.2	5.9
01ene.2032	6:00	2.0	0.4	1.9	3.3	1.3	3.4	0.5	12.8
01ene.2032	7:00	3.7	0.7	3.4	6.0	2.3	6.1	0.9	23.1
01ene.2032	8:00	5.6	1.1	5.2	9.1	3.5	9.3	1.4	35.2
01ene.2032	9:00	7.9	1.6	7.4	13.0	5.0	13.3	2.0	50.2
01ene.2032	10:00	11.1	2.2	10.4	18.2	7.0	18.7	2.8	70.4
01ene.2032	11:00	16.5	3.3	15.4	27.0	10.4	27.6	4.2	104.4
01ene.2032	12:00	41.7	8.3	38.9	68.3	26.2	68.4	10.5	262.3
01ene.2032	13:00	34.2	6.8	31.9	56.0	21.5	59.3	8.6	218.3
01ene.2032	14:00	25.2	5.0	23.5	41.3	15.8	44.3	6.4	161.5
01ene.2032	15:00	20.4	4.0	19.0	33.3	12.8	35.6	5.1	130.2
01ene.2032	16:00	17.6	3.5	16.5	28.9	11.1	30.7	4.5	112.8
01ene.2032	17:00	16.0	3.2	14.9	26.1	10.0	27.6	4.0	101.8
01ene.2032	18:00	14.8	2.9	13.8	24.2	9.3	25.5	3.7	94.2
01ene.2032	19:00	13.9	2.7	13.0	22.7	8.7	23.9	3.5	88.4
01ene.2032	20:00	13.2	2.6	12.3	21.5	8.3	22.7	3.3	83.9
01ene.2032	21:00	12.6	2.5	11.7	20.6	7.9	21.6	3.2	80.1
01ene.2032	22:00	12.0	2.4	11.2	19.7	7.6	20.7	3.0	76.6
01ene.2032	23:00	11.6	2.3	10.8	19.0	7.3	20.0	2.9	73.9
02ene.2032	0:00	11.2	2.2	10.5	18.4	7.0	19.3	2.8	71.4
02ene.2032	1:00	2.9	0.6	2.7	4.7	1.8	6.0	0.7	19.4
02ene.2032	2:00	0.5	0.1	0.5	0.9	0.3	1.3	0.1	3.7
02ene.2032	3:00	0.1	0.0	0.1	0.1	0.1	0.3	0.0	0.7
02ene.2032	4:00	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
02ene.2032	5:00	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
02ene.2032	6:00	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0

Nota. Realizado en Hec-Hms.

### GRÁFICA DE HIDROGRAMA

**Figura 50**

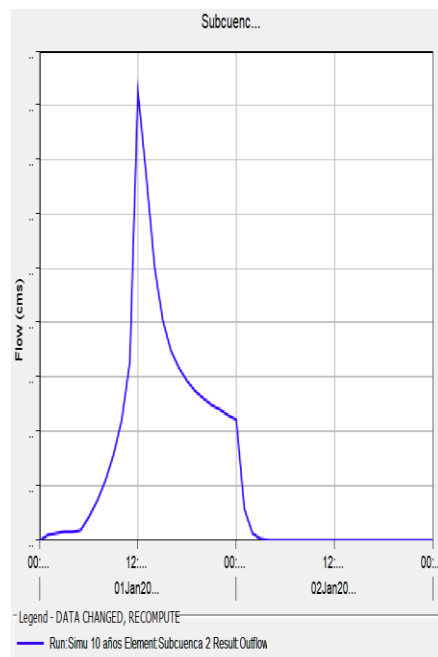
*Hidrograma Subcuenca 1*



Nota. Realizado en Hec-Hms.

**Figura 51**

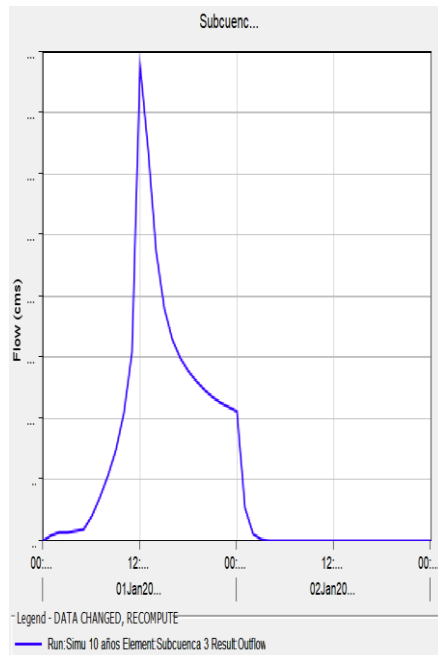
*Hidrograma Subcuenca 2*



Nota. Realizado en Hec-Hms.

**Figura 52**

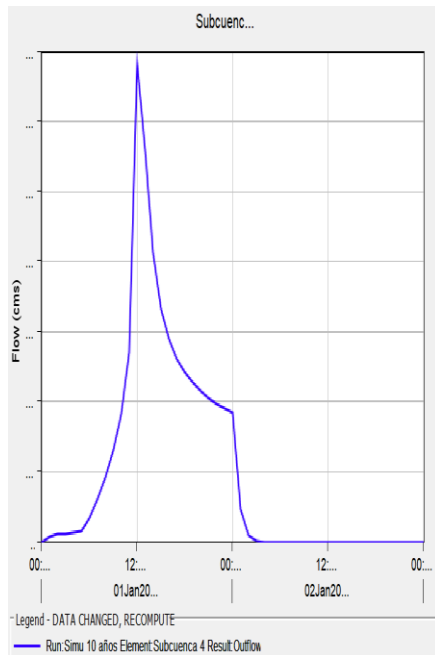
*Hidrograma Subcuena 3*



*Nota. Realizado en Hec-Hms.*

**Figura 53**

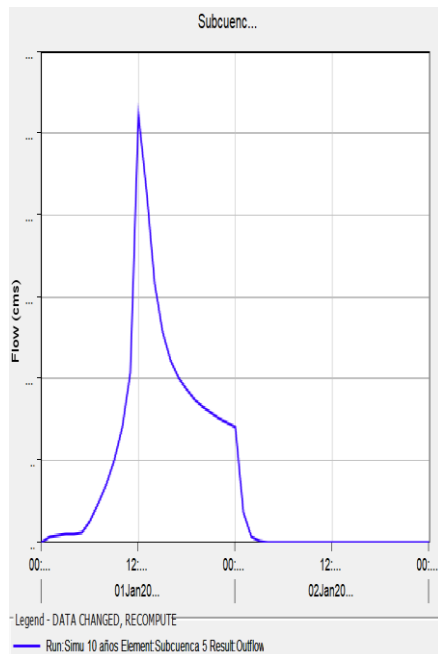
*Hidrograma Subcuena 4*



*Nota. Realizado en Hec-Hms.*

**Figura 54**

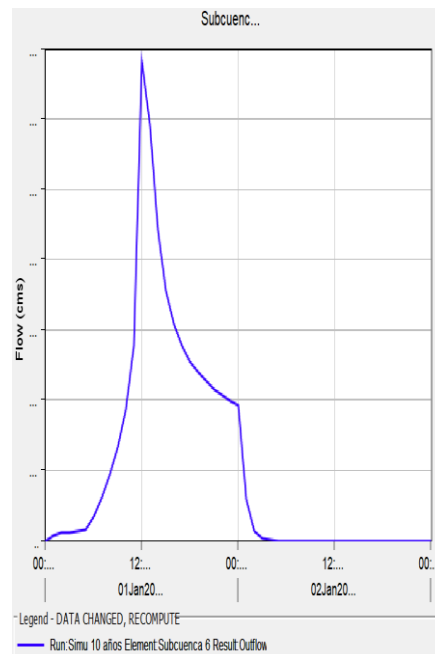
*Hidrograma Subcuena 5*



*Nota. Realizado en Hec-Hms.*

**Figura 55**

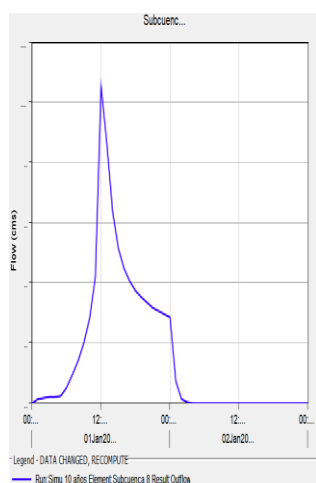
*Hidrograma Subcuena 6*



*Nota. Realizado en Hec-Hms.*

**Figura 56**

*Hidrograma Subcuenca 5*



*Nota.* Realizado en *Hec-Hms*.

#### 4.4.4.2 Tramo de la Cuenca Media.

Los datos calculados indican que el caudal máximo se da a las 12 horas del día 1 con un flujo de 167,5 m<sup>3</sup>/s, terminando con su intensidad de flujo a las 4 horas del día 2, observando una pérdida de flujo hasta el final del evento de simulación (Tabla 25, Fig. 57, 58, 59, 60, 61, 62, 63).

**Tabla 25**

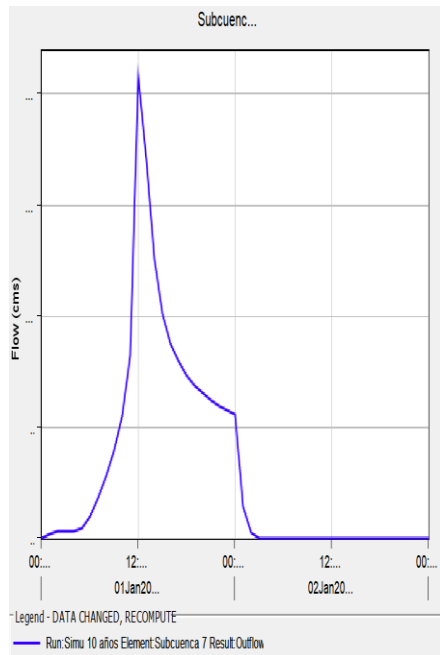
*Cuenca media - Datos de Flujo de Subcuencas*

Date	Time	Direct Flow Subcuenca 7	Direct Flow Subcuenca 9	Direct Flow Subcuenca 10	Direct Flow Subcuenca 11	Direct Flow Subcuenca 12	Direct Flow Subcuenca 13	Direct Flow Subcuenca 14	Total Flow m <sup>3</sup> /s
01ene.2032	0:00	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
01ene.2032	1:00	0.2	0.3	0.2	0.7	0.2	0.1	0.3	2.0
01ene.2032	2:00	0.3	0.4	0.2	1.0	0.2	0.2	0.4	2.7
01ene.2032	3:00	0.4	0.4	0.2	1.0	0.3	0.2	0.4	2.9
01ene.2032	4:00	0.4	0.4	0.2	1.1	0.3	0.2	0.5	3.1
01ene.2032	5:00	0.5	0.5	0.3	1.4	0.3	0.3	0.6	3.9
01ene.2032	6:00	1.0	1.1	0.6	3.0	0.7	0.6	1.2	8.2
01ene.2032	7:00	1.8	1.9	1.1	5.3	1.3	1.0	2.2	14.6
01ene.2032	8:00	2.8	3.0	1.7	8.1	2.0	1.6	3.3	22.5
01ene.2032	9:00	4.0	4.2	2.4	11.5	2.8	2.2	4.7	31.8
01ene.2032	10:00	5.5	5.9	3.3	16.2	4.0	3.1	6.6	44.6
01ene.2032	11:00	8.2	8.8	5.0	24.0	5.9	4.7	9.8	66.4
01ene.2032	12:00	20.8	22.2	12.5	60.6	14.9	11.8	24.7	167.5
01ene.2032	13:00	17.0	18.2	10.3	49.6	12.2	9.6	20.2	137.1
01ene.2032	14:00	12.6	13.4	7.6	36.6	9.0	7.1	14.9	101.2
01ene.2032	15:00	10.2	10.9	6.1	29.6	7.3	5.8	12.1	82.0
01ene.2032	16:00	8.8	9.4	5.3	25.6	6.3	5.0	10.4	70.8
01ene.2032	17:00	8.0	8.5	4.8	23.2	5.7	4.5	9.4	64.1
01ene.2032	18:00	7.4	7.9	4.4	21.5	5.3	4.2	8.8	59.5
01ene.2032	19:00	6.9	7.4	4.2	20.2	5.0	3.9	8.2	55.8
01ene.2032	20:00	6.6	7.0	4.0	19.1	4.7	3.7	7.8	52.9
01ene.2032	21:00	6.3	6.7	3.8	18.2	4.5	3.5	7.4	50.4
01ene.2032	22:00	6.0	6.4	3.6	17.5	4.3	3.4	7.1	48.3
01ene.2032	23:00	5.8	6.2	3.5	16.9	4.1	3.3	6.9	46.7
02ene.2032	0:00	5.6	6.0	3.4	16.3	4.0	3.2	6.6	45.1
02ene.2032	1:00	1.4	1.5	0.9	4.2	1.0	0.8	1.7	11.5
02ene.2032	2:00	0.3	0.3	0.2	0.8	0.2	0.2	0.3	2.3
02ene.2032	3:00	0.0	0.0	0.0	0.1	0.0	0.0	0.1	0.2
02ene.2032	4:00	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
02ene.2032	5:00	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
02ene.2032	6:00	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0

*Nota.* Realizado en *Hec-Hms*.

**Figura 57**

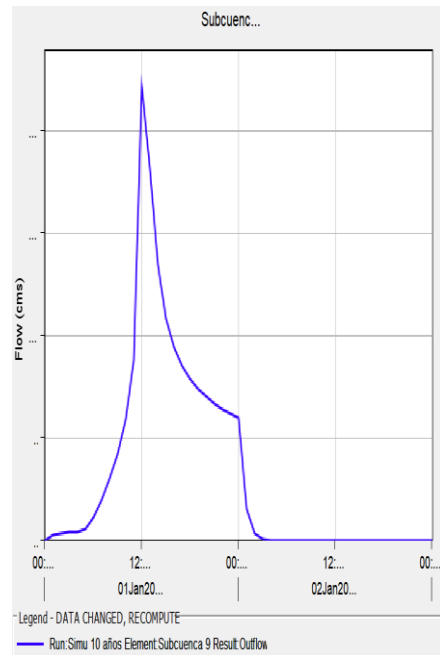
*Hidrograma Subcuenca 7*



*Nota. Realizado en Hec-Hms.*

**Figura 58**

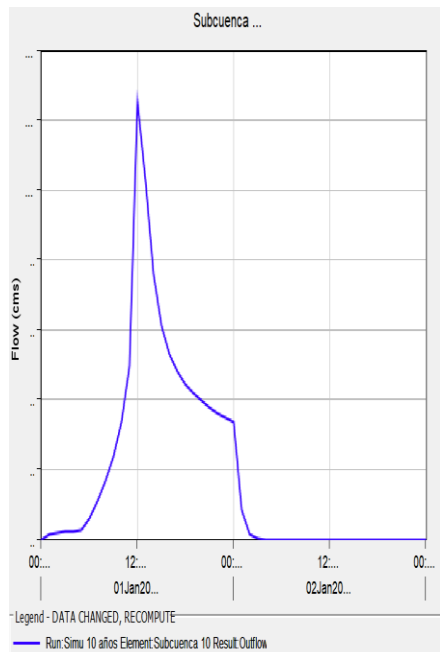
*Hidrograma Subcuenca 9*



*Nota. Realizado en Hec-Hms.*

**Figura 59**

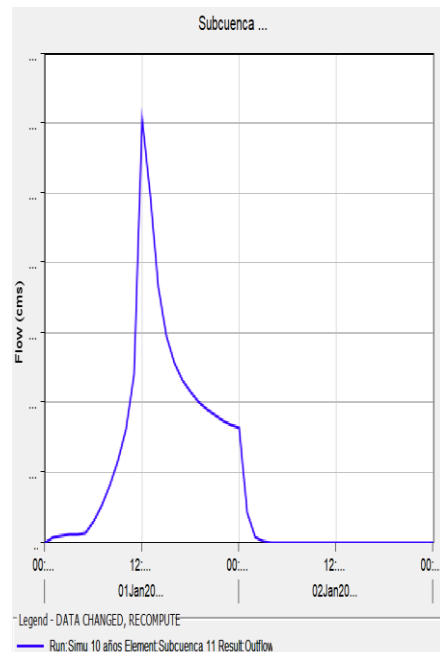
*Hidrograma Subcuenca 10.*



*Nota. Realizado en Hec-Hms.*

**Figura 60**

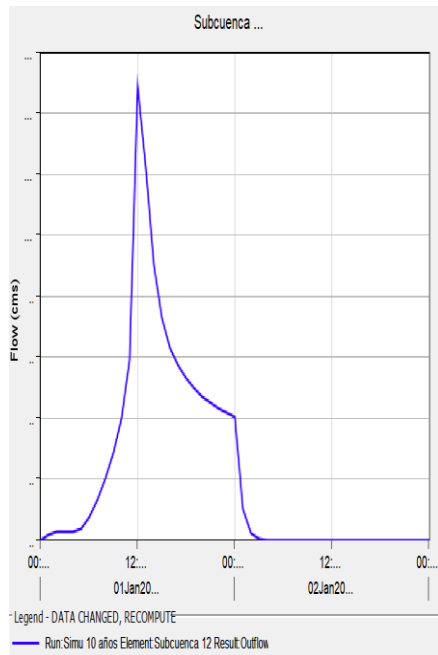
*Hidrograma Subcuenca 11.*



*Nota. Realizado en Hec-Hms.*

**Figura 61**

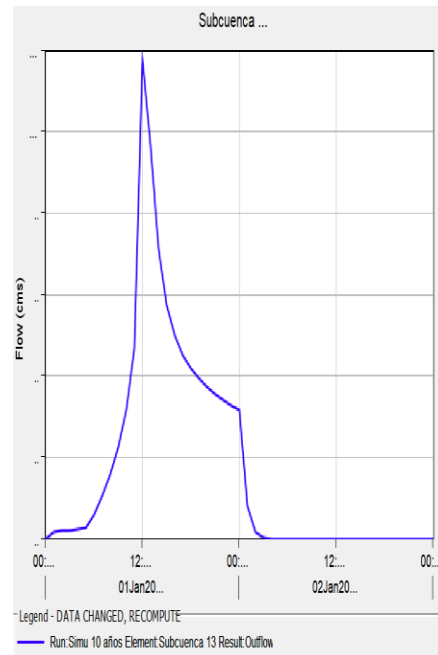
*Hidrograma Subcuenca 12*



*Nota. Realizado en Hec-Hms.*

**Figura 62**

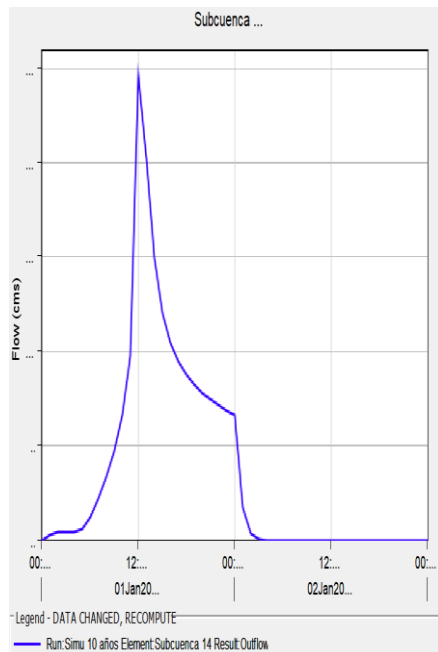
*Hidrograma Subcuenca 13*



*Nota. Realizado en Hec-Hms.*

**Figura 63**

*Hidrograma Subcuenca 14*



*Nota. Realizado en Hec-Hms.*

#### 4.4.4.3 Tramo de la Cuenca Baja.

Los datos calculados indican que el caudal máximo se da a las 12 horas del día 1 con un flujo de 100,2 m<sup>3</sup>/s, terminando con su intensidad de flujo a las 4 horas del día 2, observando una pérdida de flujo hasta el final del evento de simulación. Esto indica que, el caudal de las subcuencas, es exclusivo de un evento de precipitación y no es alimentado por la infiltración natural del suelo (Tabla 26, Fig. 64, 65, 66, 67, 68).

**Tabla 26**

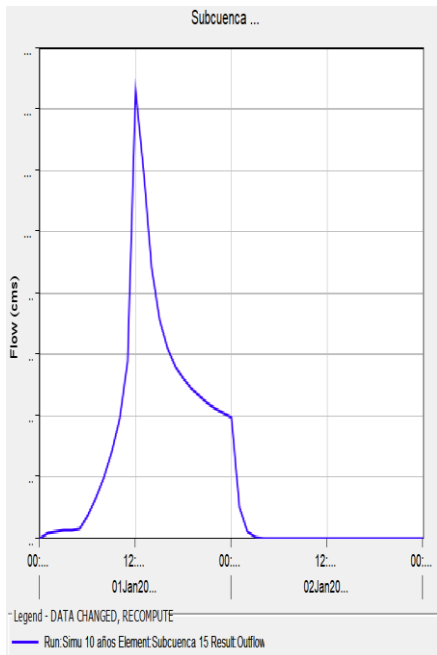
*Cuenca baja - Datos de Flujo de Subcuencas*

Date	Time	Direct Flow Subcuenca 15	Direct Flow Subcuenca 16	Direct Flow Subcuenca 17	Direct Flow Subcuenca 18	Direct Flow Subcuenca 19	Total Flow m <sup>3</sup> /s
01ene.2032	0:00	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
01ene.2032	1:00	0.2	0.2	0.2	0.5	0.1	1.2
01ene.2032	2:00	0.2	0.3	0.2	0.7	0.1	1.5
01ene.2032	3:00	0.3	0.3	0.3	0.8	0.2	1.9
01ene.2032	4:00	0.3	0.3	0.3	0.8	0.2	1.9
01ene.2032	5:00	0.3	0.4	0.3	1.0	0.2	2.2
01ene.2032	6:00	0.7	0.8	0.7	2.2	0.4	4.8
01ene.2032	7:00	1.3	1.5	1.3	4.0	0.8	8.9
01ene.2032	8:00	2.0	2.2	2.0	6.1	1.2	13.5
01ene.2032	9:00	2.8	3.2	2.8	8.7	1.7	19.2
01ene.2032	10:00	3.9	4.4	3.9	12.2	2.3	26.7
01ene.2032	11:00	5.8	6.6	5.8	18.1	3.5	39.8
01ene.2032	12:00	14.6	16.6	14.6	45.7	8.7	100.2
01ene.2032	13:00	12.0	13.6	12.0	37.4	7.2	82.2
01ene.2032	14:00	8.8	10.0	8.8	27.6	5.3	60.5
01ene.2032	15:00	7.1	8.1	7.1	22.3	4.3	48.9
01ene.2032	16:00	6.2	7.0	6.2	19.3	3.7	42.4
01ene.2032	17:00	5.6	6.4	5.6	17.5	3.3	38.4
01ene.2032	18:00	5.2	5.9	5.2	16.2	3.1	35.6
01ene.2032	19:00	4.9	5.5	4.9	15.2	2.9	33.4
01ene.2032	20:00	4.6	5.2	4.6	14.4	2.8	31.6
01ene.2032	21:00	4.4	5.0	4.4	13.8	2.6	30.2
01ene.2032	22:00	4.2	4.8	4.2	13.2	2.5	28.9
01ene.2032	23:00	4.1	4.6	4.1	12.7	2.4	27.9
02ene.2032	0:00	3.9	4.5	3.9	12.3	2.3	26.9
02ene.2032	1:00	1.0	1.1	1.0	3.1	0.6	6.8
02ene.2032	2:00	0.2	0.2	0.2	0.6	0.1	1.3
02ene.2032	3:00	0.0	0.0	0.0	0.1	0.0	0.1
02ene.2032	4:00	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
02ene.2032	5:00	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
02ene.2032	6:00	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0

*Nota.* Realizado en *Hec-Hms*.

**Figura 64**

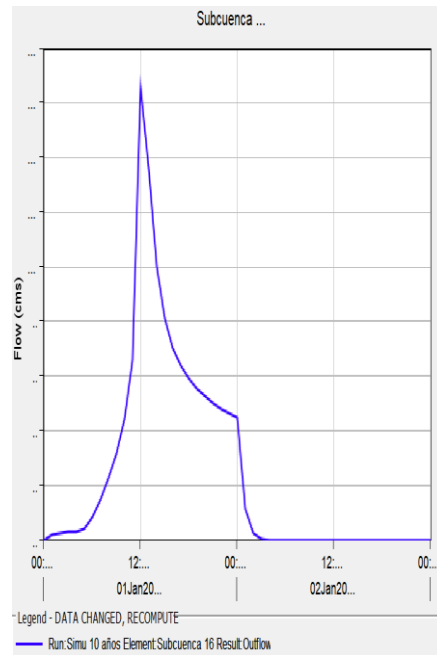
*Hidrograma Subcuenca 15*



*Nota. Realizado en Hec-Hms.*

**Figura 65**

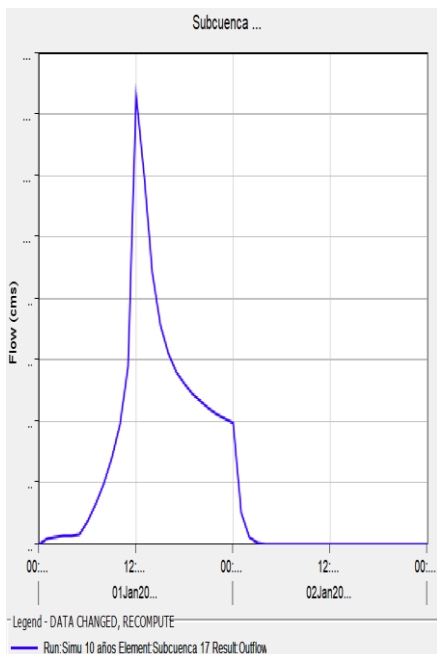
*Hidrograma Subcuenca 16*



*Nota. Realizado en Hec-Hms.*

**Figura 66**

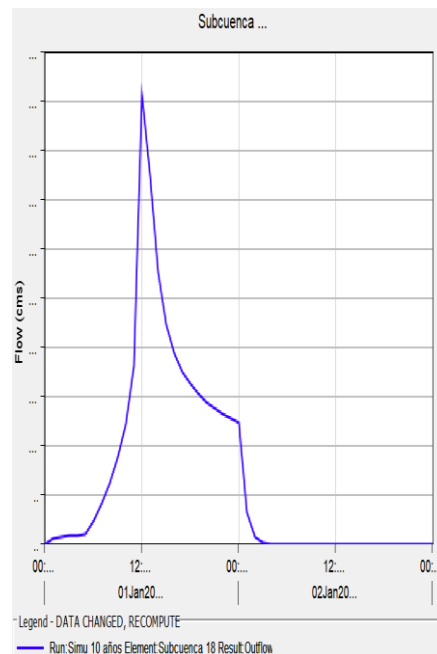
*Hidrograma Subcuenca 17*



*Nota. Realizado en Hec-Hms.*

**Figura 67**

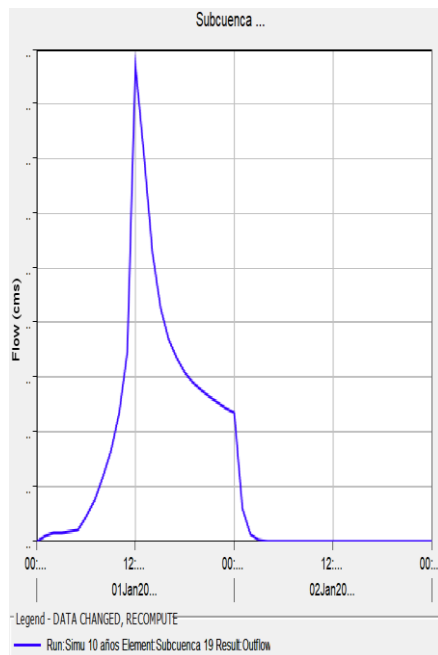
*Hidrograma Subcuenca 18*



*Nota. Realizado en Hec-Hms.*

## Figura 66

### Hidrograma Subcuenca 19



Nota. Realizado en *Hec-Hms*.

### 4.4.7 Escenario 3.

El escenario 3 se basa en una situación futura del terreno con un período de retorno de 25 años similar al escenario anterior se tomó una precipitación de caudal pico de 24 horas con una prolongación de tres días. Los parámetros necesarios para la simulación de los mapas de inundación de este escenario se escogieron en base a su coeficiente de rugosidad, número de curvatura y tiempo de retardo de cada subcuenca previstas a futuro.

Las tablas presentan datos generales obtenidos del ingreso de precipitación donde se da a conocer los caudales en  $\text{m}^3/\text{s}$  y volumen pico en  $\text{m}^3$  de las subcuencas y la hora que tope el valor máximo. (Tabla 27).

**Tabla 27***Resultados generales de volumen y caudal pico - Situación futura 25 años*

<b>ELEMENTO</b>	<b>Área Km<sup>2</sup></b>	<b>Caudal Pico m<sup>3</sup>/s</b>	<b>Fecha-Hora</b>	<b>Volumen Pico m<sup>3</sup></b>
Subcuenca 1	4.39	60.1	01ene.2037, 12:00	1681.8
Subcuenca 2	0.87	11.9	01ene.2037, 12:00	333.3
Subcuenca 3	4.10	56.1	01ene.2037, 12:00	1570.7
Subcuenca 4	7.19	98.4	01ene.2037, 12:00	2754.4
Subcuenca 5	2.76	37.8	01ene.2037, 12:00	1057.3
Subcuenca 6	7.53	99	01ene.2037, 12:00	2884.7
Subcuenca 7	2.19	30	01ene.2037, 12:00	839.0
Subcuenca 8	1.11	15.2	01ene.2037, 12:00	425.2
Subcuenca 9	2.34	32	01ene.2037, 12:00	896.4
Subcuenca 10	1.32	18.1	01ene.2037, 12:00	505.7
Subcuenca 11	6.38	87.3	01ene.2037, 12:00	2444.1
Subcuenca 12	1.57	21.5	01ene.2037, 12:00	601.5
Subcuenca 13	1.24	17	01ene.2037, 12:00	475.0
Subcuenca 14	2.60	35.6	01ene.2037, 12:00	996.0
Subcuenca 15	1.54	21.1	01ene.2037, 12:00	590.0
Subcuenca 16	1.75	24	01ene.2037, 12:00	670.4
Subcuenca 17	1.54	21.1	01ene.2037, 12:00	590.0
Subcuenca 18	4.81	65.9	01ene.2037, 12:00	1842.7
Subcuenca 19	0.92	12.6	01ene.2037, 12:00	352.4

*Nota.* Realizado en *Hec-Hms*.**4.4.5.1 Tramo de la Cuenca Alta.**

Igual que en el anterior escenario, en este tramo se toman los datos de cada subcuenca que es perteneciente al tramo de la cuenca alta, considerando los datos del flujo directo de cada subcuenca y obteniendo un flujo total.

Los datos calculados indican que el caudal máximo en la cuenca alta se da a las 12 horas del día 1 con un flujo de 378,5 m<sup>3</sup>/s, terminando su intensidad de flujo a las 5 horas del día 2, observando una pérdida del flujo hasta el final del evento de simulación. Esto indica que, el caudal de las subcuencas, es exclusivo de un evento de precipitación y no es alimentado por la infiltración natural del suelo (Tabla 28, Fig. 67, 68, 69, 70, 71, 72, 73).

**Tabla 28**

*Cuenca alta - Datos de Flujo de Subcuencas*

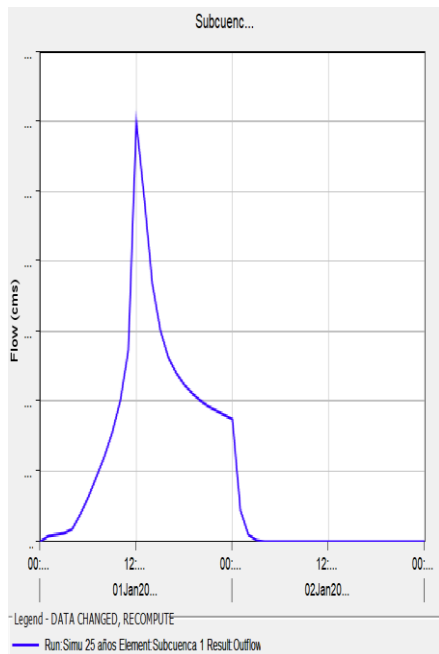
Date	Time	Direct Flow Subcuenca 1	Direct Flow Subcuenca 2	Direct Flow Subcuenca 3	Direct Flow Subcuenca 4	Direct Flow Subcuenca 5	Direct Flow Subcuenca 6	Direct Flow Subcuenca 8	Total Flow m <sup>3</sup> /s
01ene.2037	0:00	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
01ene.2037	1:00	0.7	0.1	0.7	1.2	0.5	1.2	0.2	4.6
01ene.2037	2:00	1.0	0.2	0.9	1.6	0.6	1.6	0.2	6.1
01ene.2037	3:00	1.0	0.2	1.0	1.7	0.7	1.8	0.3	6.7
01ene.2037	4:00	1.7	0.3	1.6	2.7	1.1	2.8	0.4	10.6
01ene.2037	5:00	3.8	0.8	3.6	6.2	2.4	6.3	1.0	24.1
01ene.2037	6:00	6.4	1.3	6.0	10.4	4.0	10.6	1.6	40.3
01ene.2037	7:00	9.1	1.8	8.5	14.9	5.7	15.2	2.3	57.5
01ene.2037	8:00	12.1	2.4	11.3	19.8	7.6	20.3	3.0	76.5
01ene.2037	9:00	15.5	3.1	14.5	25.4	9.7	26.1	3.9	98.2
01ene.2037	10:00	20.0	4.0	18.7	32.8	12.6	33.7	5.1	126.9
01ene.2037	11:00	27.4	5.4	25.6	44.8	17.2	46.0	6.9	173.3
01ene.2037	12:00	60.1	11.9	56.1	98.4	37.8	99.0	15.2	378.5
01ene.2037	13:00	48.9	9.7	45.7	80.1	30.8	84.9	12.4	312.5
01ene.2037	14:00	36.7	7.3	34.2	60.0	23.0	64.3	9.3	234.8
01ene.2037	15:00	30.1	6.0	28.1	49.3	18.9	52.5	7.6	192.5
01ene.2037	16:00	26.3	5.2	24.6	43.2	16.6	45.8	6.7	168.4
01ene.2037	17:00	24.1	4.8	22.5	39.4	15.1	41.6	6.1	153.6
01ene.2037	18:00	22.4	4.4	20.9	36.7	14.1	38.7	5.7	142.9
01ene.2037	19:00	21.2	4.2	19.8	34.7	13.3	36.5	5.3	135.0
01ene.2037	20:00	20.1	4.0	18.8	33.0	12.7	34.7	5.1	128.4
01ene.2037	21:00	19.3	3.8	18.0	31.6	12.1	33.2	4.9	122.9
01ene.2037	22:00	18.6	3.7	17.3	30.4	11.7	32.0	4.7	118.4
01ene.2037	23:00	18.0	3.6	16.8	29.4	11.3	30.9	4.5	114.5
02ene.2037	0:00	17.4	3.4	16.3	28.5	10.9	29.9	4.4	110.8
02ene.2037	1:00	4.5	0.9	4.2	7.3	2.8	9.2	1.1	30.0
02ene.2037	2:00	0.8	0.2	0.8	1.4	0.5	2.0	0.2	5.9
02ene.2037	3:00	0.1	0.0	0.1	0.2	0.1	0.4	0.0	0.9
02ene.2037	4:00	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	0.0	0.1
02ene.2037	5:00	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
02ene.2037	6:00	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0

Nota. Realizado en Hec-Hms.

**Gráfica de Hidrograma**

**Figura 67**

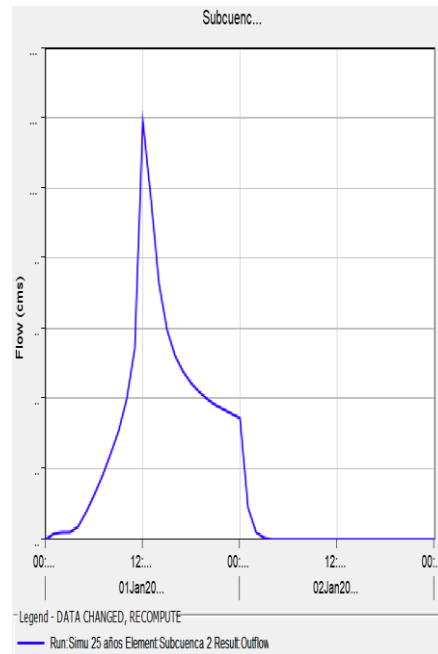
*Hidrograma Subcuenca 1*



Nota. Realizado en Hec-Hms.

**Figura 68**

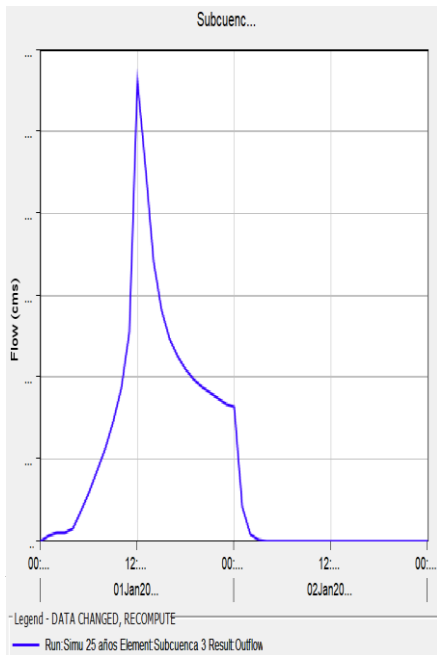
*Hidrograma Subcuenca 2*



Nota. Realizado en Hec-Hms.

**Figura 69**

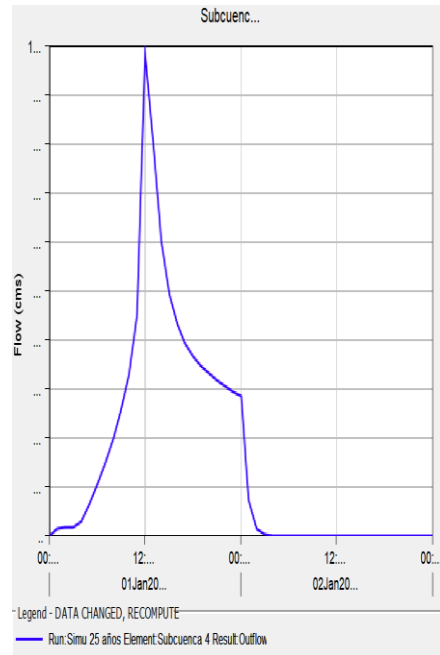
*Hidrograma Subcuenca 3*



*Nota. Realizado en Hec-Hms.*

**Figura 70**

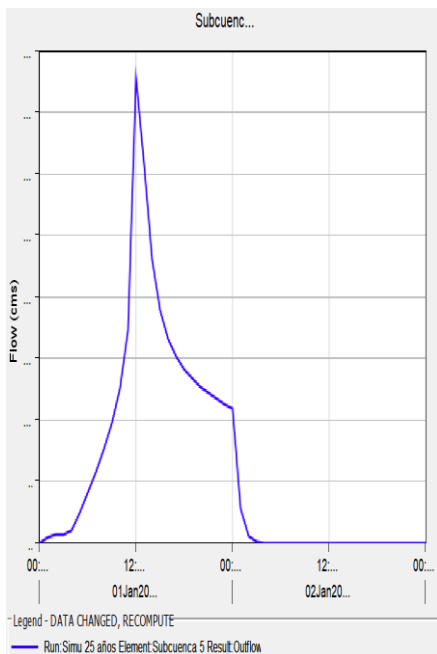
*Hidrograma Subcuenca 4*



*Nota. Realizado en Hec-Hms.*

**Figura 71**

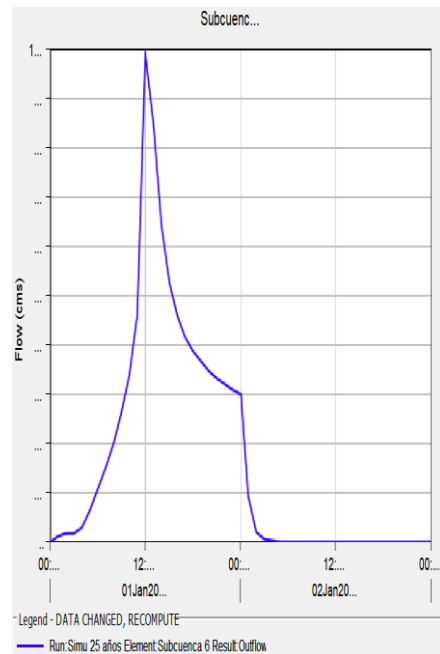
*Hidrograma Subcuenca 5*



*Nota. Realizado en Hec-Hms.*

**Figura 72**

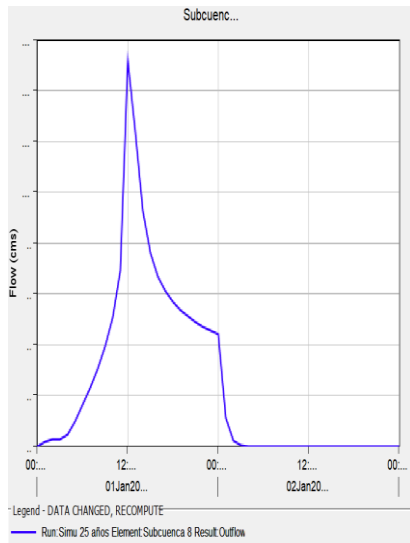
*Hidrograma Subcuenca 6*



*Nota. Realizado en Hec-Hms.*

**Figura 73**

*Hidrograma Subcuenca 8*



*Nota.* Realizado en *Hec-Hms*.

**4.4.5.2 Tramo de la Cuenca Media.**

Los datos calculados indican que el caudal máximo se da a las 12 horas del día 1 con un flujo de 241,5 m<sup>3</sup>/s, terminando con su intensidad de flujo a las 4 horas del día 2, observando una pérdida de flujo hasta el final del evento de simulación (Tabla 29, Fig. 74, 75, 76, 77, 78, 79, 80).

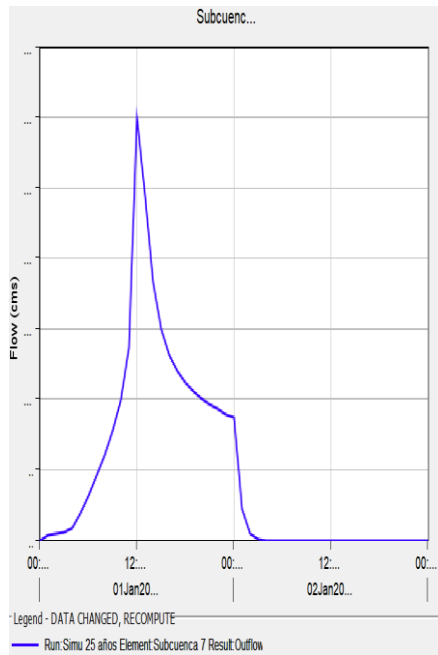
**Tabla 29**

*Cuenca media - Datos de Flujo de Subcuencas*

Date	Time	Direct Flow Subcuenca 7	Direct Flow Subcuenca 9	Direct Flow Subcuenca 10	Direct Flow Subcuenca 11	Direct Flow Subcuenca 12	Direct Flow Subcuenca 13	Direct Flow Subcuenca 14	Total Flow m <sup>3</sup> /s
01ene.2037	0:00	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
01ene.2037	1:00	0.4	0.4	0.2	1.1	0.3	0.2	0.4	3.0
01ene.2037	2:00	0.5	0.5	0.3	1.4	0.3	0.3	0.6	3.9
01ene.2037	3:00	0.5	0.6	0.3	1.5	0.4	0.3	0.6	4.2
01ene.2037	4:00	0.8	0.9	0.5	2.4	0.6	0.5	1.0	6.7
01ene.2037	5:00	1.9	2.0	1.1	5.5	1.4	1.1	2.3	15.3
01ene.2037	6:00	3.2	3.4	1.9	9.3	2.3	1.8	3.8	25.7
01ene.2037	7:00	4.5	4.9	2.7	13.2	3.3	2.6	5.4	36.6
01ene.2037	8:00	6.0	6.4	3.6	17.5	4.3	3.4	7.1	48.3
01ene.2037	9:00	7.7	8.3	4.7	22.5	5.5	4.4	9.2	62.3
01ene.2037	10:00	10.0	10.7	6.0	29.1	7.2	5.7	11.9	80.6
01ene.2037	11:00	13.6	14.6	8.2	39.8	9.8	7.7	16.2	109.9
01ene.2037	12:00	30.0	32.0	18.1	87.3	21.5	17.0	35.6	241.5
01ene.2037	13:00	24.4	26.1	14.7	71.1	17.5	13.8	29.0	196.6
01ene.2037	14:00	18.3	19.5	11.0	53.3	13.1	10.4	21.7	147.3
01ene.2037	15:00	15.0	16.0	9.0	43.7	10.8	8.5	17.8	120.8
01ene.2037	16:00	13.1	14.0	7.9	38.3	9.4	7.4	15.6	105.7
01ene.2037	17:00	12.0	12.8	7.2	35.0	8.6	6.8	14.2	96.6
01ene.2037	18:00	11.2	11.9	6.7	32.6	8.0	6.3	13.3	90.0
01ene.2037	19:00	10.6	11.3	6.4	30.7	7.6	6.0	12.5	85.1
01ene.2037	20:00	10.0	10.7	6.1	29.3	7.2	5.7	11.9	80.9
01ene.2037	21:00	9.6	10.3	5.8	28.0	6.9	5.5	11.4	77.5
01ene.2037	22:00	9.3	9.9	5.6	27.0	6.6	5.2	11.0	74.6
01ene.2037	23:00	9.0	9.6	5.4	26.1	6.4	5.1	10.6	72.2
02ene.2037	0:00	8.7	9.3	5.2	25.3	6.2	4.9	10.3	69.9
02ene.2037	1:00	2.2	2.4	1.3	6.5	1.6	1.3	2.6	17.9
02ene.2037	2:00	0.4	0.5	0.3	1.2	0.3	0.2	0.5	3.4
02ene.2037	3:00	0.1	0.1	0.0	0.2	0.1	0.0	0.1	0.6
02ene.2037	4:00	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
02ene.2037	5:00	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
02ene.2037	6:00	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0

**Figura 74**

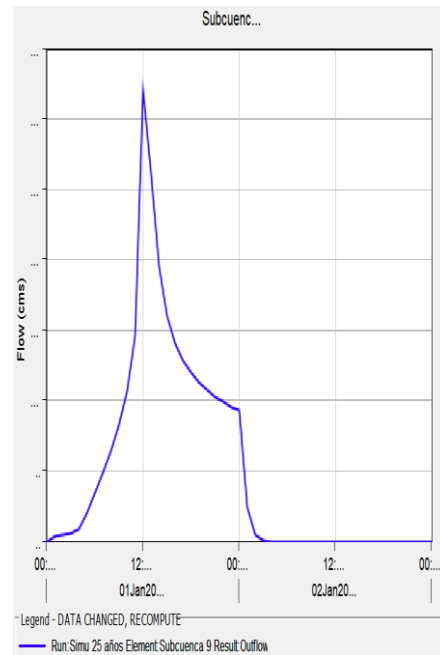
*Hidrograma Subcuenca 7*



*Nota. Realizado en Hec-Hms.*

**Figura 75**

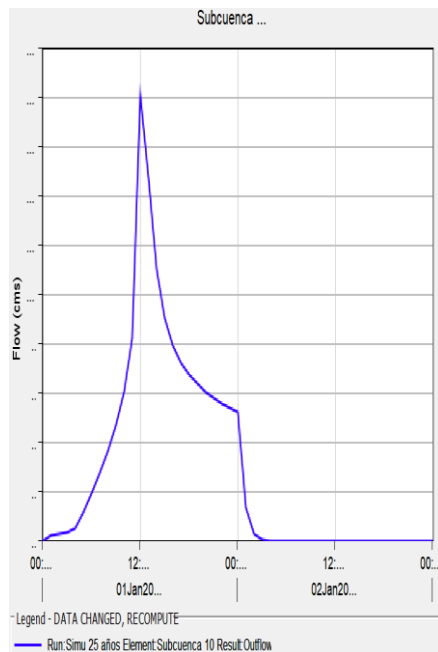
*Hidrograma Subcuenca 9*



*Nota. Realizado en Hec-Hms.*

**Figura 76**

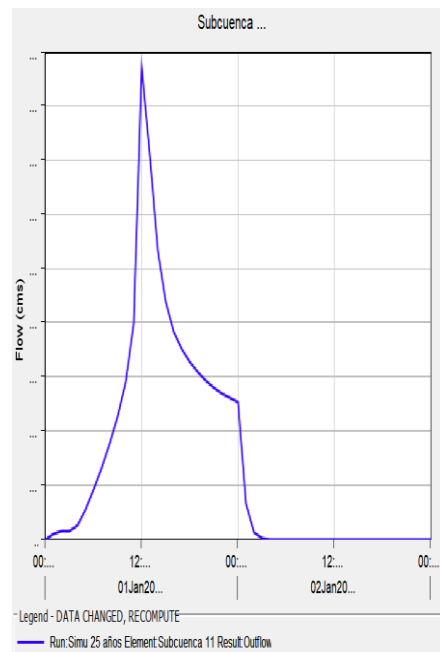
*Hidrograma Subcuenca 10*



*Nota. Realizado en Hec-Hms.*

**Figura 77**

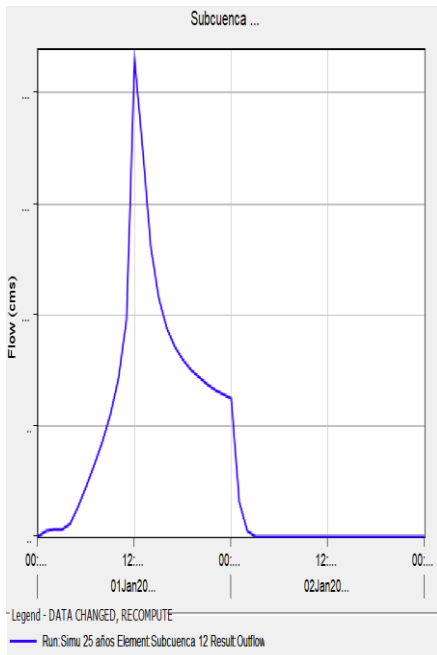
*Hidrograma Subcuenca 11*



*Nota. Realizado en Hec-Hms.*

**Figura 78**

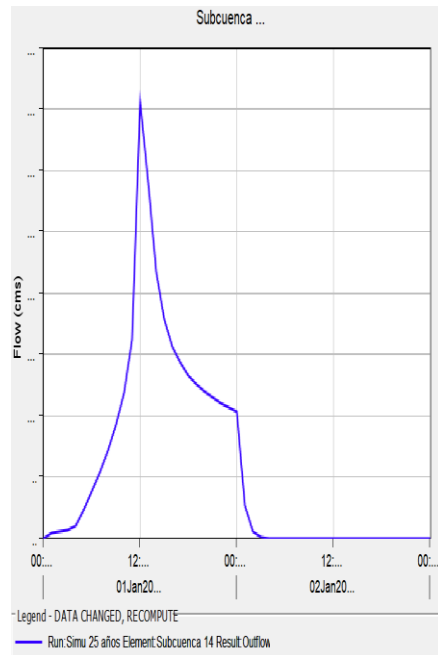
*Hidrograma Subcuenca 12*



*Nota. Realizado en Hec-Hms.*

**Figura 79**

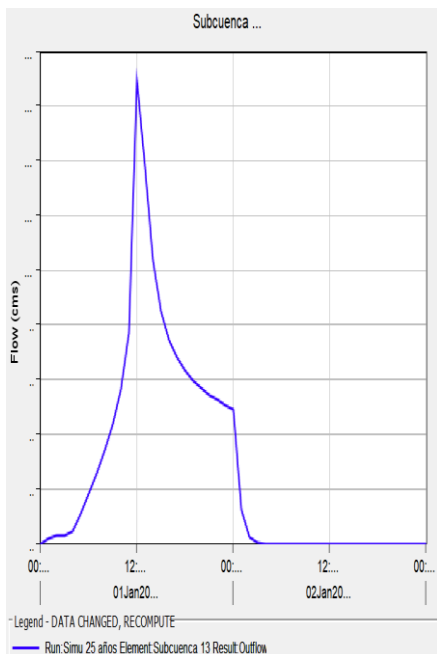
*Hidrograma Subcuenca 13*



*Nota. Realizado en Hec-Hms.*

**Figura 80**

*Hidrograma Subcuenca 14*



*Nota. Realizado en Hec-Hms.*

#### 4.4.5.3 Tramo de la Cuenca Baja.

Los datos calculados indican que el caudal máximo se da a las 12 horas del día 1 con un flujo de 144,7 m<sup>3</sup>/s, terminando con su intensidad de flujo a las 4 horas del día 2, observando una pérdida de flujo hasta el final del evento de simulación. Esto indica que, el caudal de las subcuencas, es exclusivo de un evento de precipitación y no es alimentado por la infiltración natural del suelo (Tabla 30, Fig. 81, 82, 83, 84, 85).

**Tabla 30**

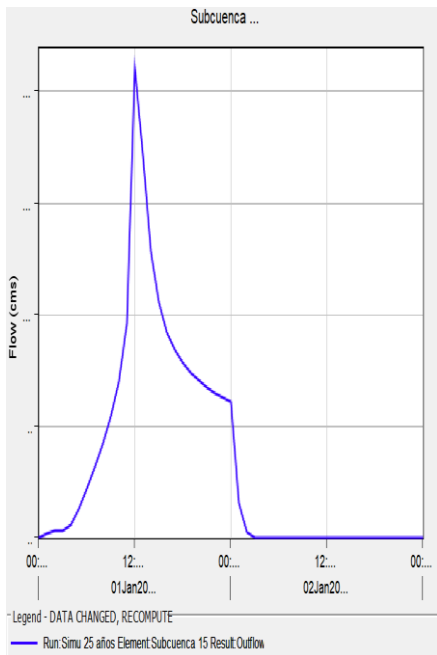
Cuenca baja - Datos de Flujo de Subcuencas

Date	Time	Direct Flow	Direct Flow	Direct Flow	Direct Flow	Direct Flow	Total Flow
		Subcuenca 15	Subcuenca 16	Subcuenca 17	Subcuenca 18	Subcuenca 19	m <sup>3</sup> /s
01ene.2037	0:00	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
01ene.2037	1:00	0.3	0.3	0.3	0.8	0.2	1.9
01ene.2037	2:00	0.3	0.4	0.3	1.0	0.2	2.2
01ene.2037	3:00	0.4	0.4	0.4	1.1	0.2	2.5
01ene.2037	4:00	0.6	0.7	0.6	1.8	0.4	4.1
01ene.2037	5:00	1.3	1.5	1.3	4.2	0.8	9.1
01ene.2037	6:00	2.2	2.5	2.2	7.0	1.3	15.2
01ene.2037	7:00	3.2	3.6	3.2	10.0	1.9	21.9
01ene.2037	8:00	4.2	4.8	4.2	13.2	2.5	28.9
01ene.2037	9:00	5.4	6.2	5.4	17.0	3.2	37.2
01ene.2037	10:00	7.0	8.0	7.0	21.9	4.2	48.1
01ene.2037	11:00	9.6	10.9	9.6	30.0	5.7	65.8
01ene.2037	12:00	21.1	24.0	21.1	65.9	12.6	144.7
01ene.2037	13:00	17.2	19.5	17.2	53.6	10.3	117.8
01ene.2037	14:00	12.9	14.6	12.9	40.2	7.7	88.3
01ene.2037	15:00	10.5	12.0	10.5	33.0	6.3	72.3
01ene.2037	16:00	9.2	10.5	9.2	28.9	5.5	63.3
01ene.2037	17:00	8.4	9.6	8.4	26.4	5.0	57.8
01ene.2037	18:00	7.9	8.9	7.9	24.6	4.7	54.0
01ene.2037	19:00	7.4	8.4	7.4	23.2	4.4	50.8
01ene.2037	20:00	7.1	8.0	7.1	22.1	4.2	48.5
01ene.2037	21:00	6.8	7.7	6.8	21.1	4.0	46.4
01ene.2037	22:00	6.5	7.4	6.5	20.4	3.9	44.7
01ene.2037	23:00	6.3	7.2	6.3	19.7	3.8	43.3
02ene.2037	0:00	6.1	6.9	6.1	19.1	3.6	41.8
02ene.2037	1:00	1.6	1.8	1.6	4.9	0.9	10.8
02ene.2037	2:00	0.3	0.3	0.3	0.9	0.2	2.0
02ene.2037	3:00	0.0	0.1	0.0	0.2	0.0	0.3
02ene.2037	4:00	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
02ene.2037	5:00	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
02ene.2037	6:00	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0

*Nota.* Realizado en *Hec-Hms*.

**Figura 81**

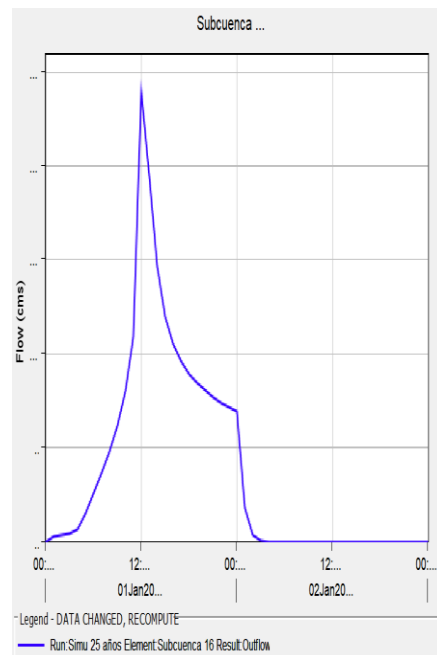
*Hidrograma Subcuenca 15*



*Nota. Realizado en Hec-Hms.*

**Figura 82**

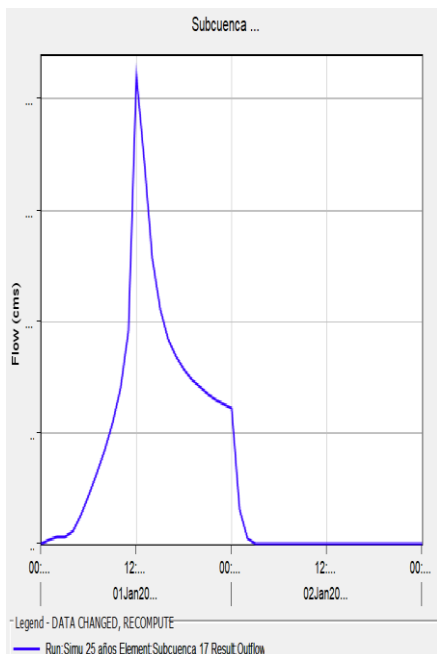
*Hidrograma Subcuenca 16*



*Nota. Realizado en Hec-Hms.*

**Figura 83**

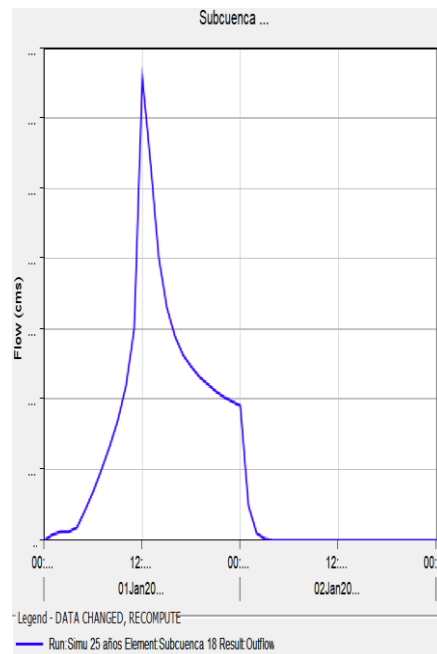
*Hidrograma Subcuenca 17*



*Nota. Realizado en Hec-Hms.*

**Figura 84**

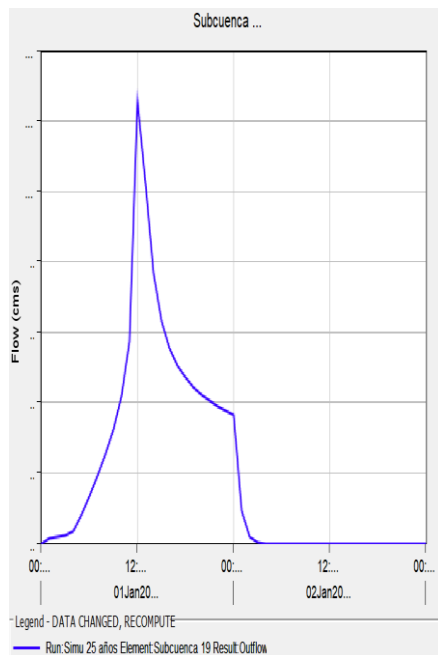
*Hidrograma Subcuenca 18*



*Nota. Realizado en Hec-Hms.*

## Figura 85

### Hidrograma Subcuenca 19



Nota. Realizado en *Hec-Hms*.

#### 4.4.8 Escenario 4.

Basado en una situación futura del terreno con un período de retorno de 50 años similar al escenario anterior se tomó una precipitación de caudal pico de 24 horas con una prolongación de tres días. Los parámetros necesarios para la simulación de los mapas de inundación de este escenario se escogieron en base a su coeficiente de rugosidad, número de curvatura y tiempo de retardo de cada subcuenca previstas a futuro.

Las tablas presentan datos generales obtenidos del ingreso de precipitación donde se da a conocer los caudales en  $\text{m}^3/\text{s}$  y volumen pico en  $\text{m}^3$  de las subcuencas y la hora que topa el valor máximo (Tabla 31).

**Tabla 31***Resultados generales de volumen y caudal pico - Situación futura 50 años*

<b>ELEMENTO</b>	<b>Área Km<sup>2</sup></b>	<b>Caudal Pico m<sup>3</sup>/s</b>	<b>Fecha-Hora</b>	<b>Volumen Pico m<sup>3</sup></b>
Subcuenca 1	4.39	74.5	01ene.2072, 12:00	2205.1
Subcuenca 2	0.87	14.8	01ene.2072, 12:00	437.0
Subcuenca 3	4.10	69.6	01ene.2072, 12:00	2059.4
Subcuenca 4	7.19	122	01ene.2072, 12:00	3611.6
Subcuenca 5	2.76	46.8	01ene.2072, 12:00	1386.4
Subcuenca 6	7.53	123	01ene.2072, 12:00	3782.3
Subcuenca 7	2.19	37.2	01ene.2072, 12:00	1100.0
Subcuenca 8	1.11	18.8	01ene.2072, 12:00	557.6
Subcuenca 9	2.34	39.7	01ene.2072, 12:00	1175.4
Subcuenca 10	1.32	22.4	01ene.2072, 12:00	663.0
Subcuenca 11	6.38	108.2	01ene.2072, 12:00	3204.7
Subcuenca 12	1.57	26.6	01ene.2072, 12:00	788.6
Subcuenca 13	1.24	21	01ene.2072, 12:00	622.9
Subcuenca 14	2.60	44.1	01ene.2072, 12:00	1306.0
Subcuenca 15	1.54	26.1	01ene.2072, 12:00	773.5
Subcuenca 16	1.75	29.7	01ene.2072, 12:00	879.0
Subcuenca 17	1.54	26.1	01ene.2072, 12:00	773.5
Subcuenca 18	4.81	81.6	01ene.2072, 12:00	2416.1
Subcuenca 19	0.92	15.6	01ene.2072, 12:00	462.1

*Nota. Realizado en Hec-Hms.***4.4.6.1 Tramo de la Cuenca Alta.**

Igual que en el anterior escenario, en este tramo se toman los datos de cada subcuenca que es perteneciente al tramo de la cuenca alta, considerando los datos del flujo directo de cada subcuenca y obteniendo un flujo total.

Los datos calculados indican que el caudal máximo en la cuenca alta se da a las 12 horas del día 1 con un flujo de 469,5 m<sup>3</sup>/s, terminando su intensidad de flujo a las 5 horas del día 2, observando una pérdida del flujo hasta el final del evento de simulación. Esto indica que, el caudal de las subcuencas, es exclusivo de un evento de precipitación y no es alimentado por la infiltración natural del suelo (Tabla 32, Fig. 86, 87, 88, 89, 90, 91, 92).

**Tabla 32**

*Cuenca alta - Datos de Flujo de Subcuencas*

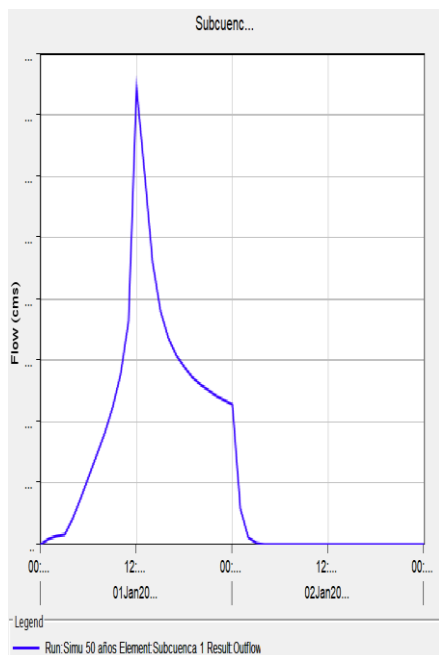
Date	Time	Direct Flow Subcuenca 1	Direct Flow Subcuenca 2	Direct Flow Subcuenca 3	Direct Flow Subcuenca 4	Direct Flow Subcuenca 5	Direct Flow Subcuenca 6	Direct Flow Subcuenca 8	Total Flow m <sup>3</sup> /s
01ene.2072	0:00	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
01ene.2072	1:00	0.9	0.2	0.9	1.5	0.6	1.5	0.2	5.8
01ene.2072	2:00	1.2	0.2	1.1	2.0	0.8	2.0	0.3	7.6
01ene.2072	3:00	1.5	0.3	1.4	2.5	1.0	2.6	0.4	9.7
01ene.2072	4:00	4.0	0.8	3.8	6.6	2.5	6.6	1.0	25.3
01ene.2072	5:00	7.4	1.5	6.9	12.1	4.7	12.3	1.9	46.8
01ene.2072	6:00	10.9	2.2	10.2	17.8	6.8	18.2	2.8	68.9
01ene.2072	7:00	14.4	2.9	13.4	23.6	9.0	24.2	3.6	91.1
01ene.2072	8:00	18.1	3.6	16.9	29.6	11.4	30.5	4.6	114.7
01ene.2072	9:00	22.3	4.4	20.8	36.5	14.0	37.7	5.6	141.3
01ene.2072	10:00	27.7	5.5	25.9	45.4	17.4	46.8	7.0	175.7
01ene.2072	11:00	36.4	7.2	34.0	59.6	22.9	61.3	9.2	230.6
01ene.2072	12:00	74.5	14.8	69.6	122.0	46.8	123.0	18.8	469.5
01ene.2072	13:00	60.6	12.0	56.6	99.2	38.1	105.3	15.3	387.1
01ene.2072	14:00	45.9	9.1	42.9	75.2	28.9	80.5	11.6	294.1
01ene.2072	15:00	38.0	7.5	35.5	62.3	23.9	66.3	9.6	243.1
01ene.2072	16:00	33.6	6.7	31.3	55.0	21.1	58.3	8.5	214.5
01ene.2072	17:00	30.8	6.1	28.8	50.4	19.4	53.2	7.8	196.5
01ene.2072	18:00	28.8	5.7	26.9	47.2	18.1	49.7	7.3	183.7
01ene.2072	19:00	27.3	5.4	25.5	44.7	17.1	47.0	6.9	173.9
01ene.2072	20:00	26.0	5.2	24.3	42.6	16.4	44.8	6.6	165.9
01ene.2072	21:00	25.0	5.0	23.3	40.9	15.7	43.0	6.3	159.2
01ene.2072	22:00	24.1	4.8	22.5	39.5	15.2	41.5	6.1	153.7
01ene.2072	23:00	23.3	4.6	21.8	38.2	14.7	40.1	5.9	148.6
02ene.2072	0:00	22.7	4.5	21.2	37.1	14.2	39.0	5.7	144.4
02ene.2072	1:00	5.8	1.2	5.4	9.5	3.7	12.0	1.5	39.1
02ene.2072	2:00	1.1	0.2	1.0	1.8	0.7	2.6	0.3	7.7
02ene.2072	3:00	0.2	0.0	0.2	0.3	0.1	0.5	0.0	1.3
02ene.2072	4:00	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	0.0	0.1
02ene.2072	5:00	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
02ene.2072	6:00	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0

Nota. Realizado en Hec-Hms.

**Gráfica de Hidrograma**

**Figura 86**

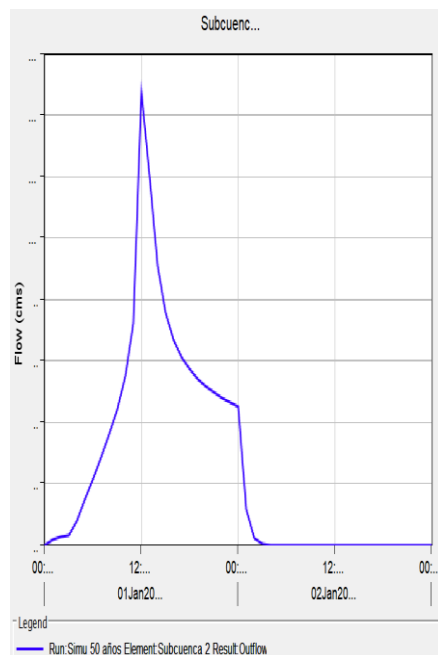
*Hidrograma Subcuenca 1*



Nota. Realizado en Hec-Hms.

**Figura 87**

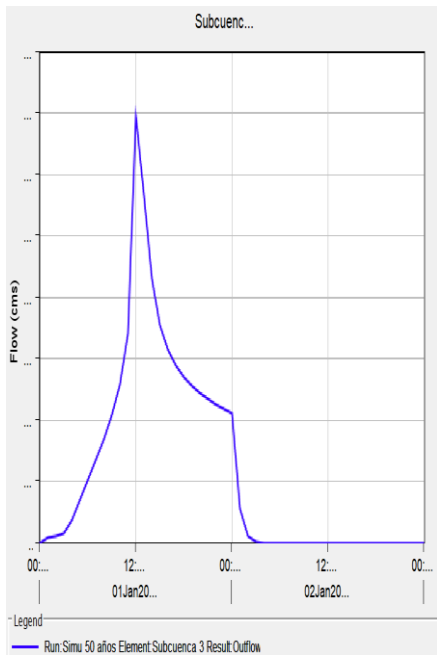
*Hidrograma Subcuenca 2*



Nota. Realizado en Hec-Hms.

**Figura 88**

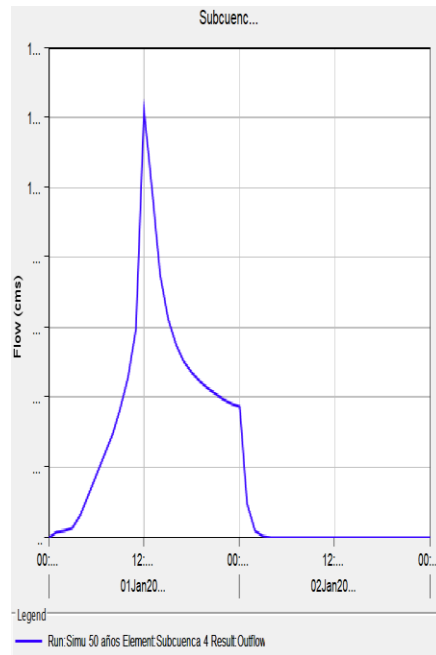
*Hidrograma Subcuena 3*



*Nota. Realizado en Hec-Hms.*

**Figura 89**

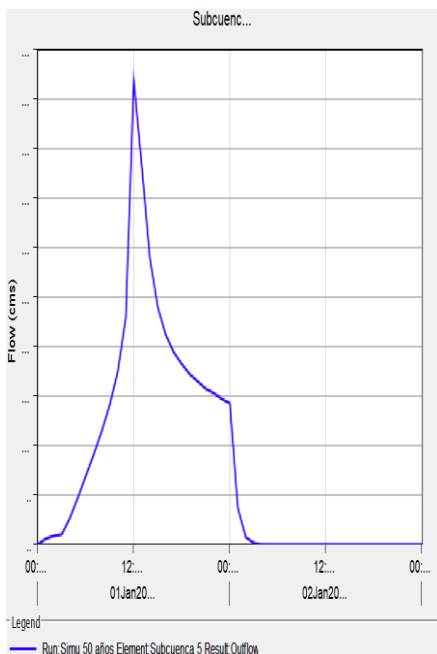
*Hidrograma Subcuena 4*



*Nota. Realizado en Hec-Hms.*

**Figura 90**

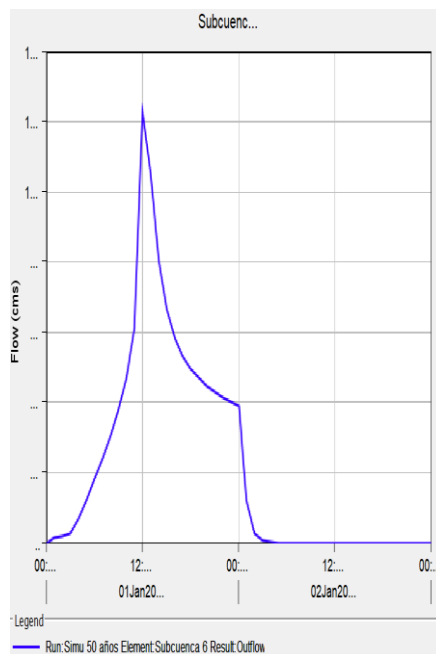
*Hidrograma Subcuena 5*



*Nota. Realizado en Hec-Hms.*

**Figura 91**

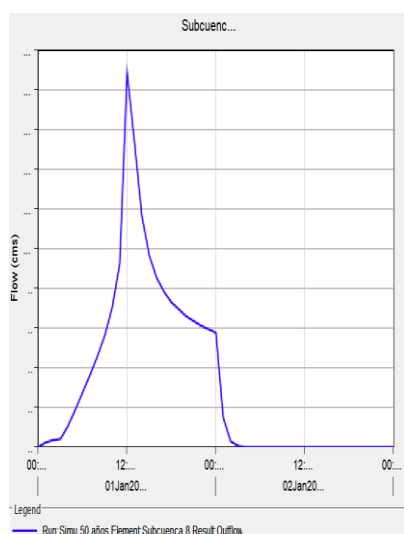
*Hidrograma Subcuena 6*



*Nota. Realizado en Hec-Hms.*

**Figura 92**

*Hidrograma Subcuenca 8*



*Nota.* Realizado en *Hec-Hms*.

**4.4.6.2 Tramo de la Cuenca Media.**

Los datos calculados indican que el caudal máximo se da a las 12 horas del día 1 con un flujo de 299,2 m<sup>3</sup>/s, terminando con su intensidad de flujo a las 4 horas del día 2, observando una pérdida de flujo hasta el final del evento de simulación (Tabla 33, Fig. 93, 94, 95, 96, 97, 98, 99).

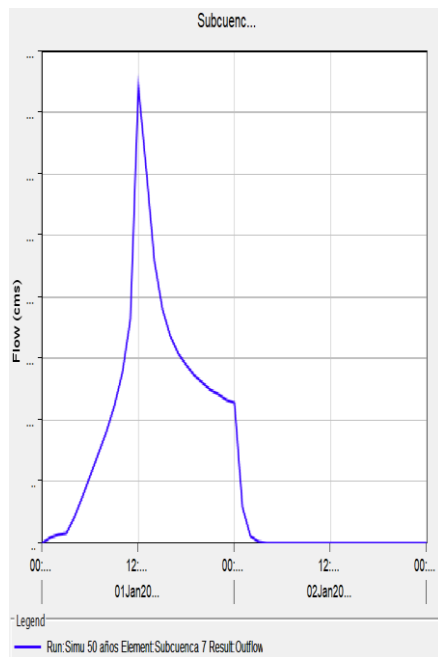
**Tabla 33**

*Cuenca media - Datos de Flujo de Subcuencas*

Date	Time	Direct Flow Subcuenca 7	Direct Flow Subcuenca 9	Direct Flow Subcuenca 10	Direct Flow Subcuenca 11	Direct Flow Subcuenca 12	Direct Flow Subcuenca 13	Direct Flow Subcuenca 14	Total Flow m <sup>3</sup> /s
01ene.2072	0:00	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
01ene.2072	1:00	0.5	0.5	0.3	1.3	0.3	0.3	0.5	3.7
01ene.2072	2:00	0.6	0.6	0.4	1.8	0.4	0.3	0.7	4.8
01ene.2072	3:00	0.8	0.8	0.5	2.2	0.6	0.4	0.9	6.2
01ene.2072	4:00	2.0	2.1	1.2	5.8	1.4	1.1	2.4	16.0
01ene.2072	5:00	3.7	4.0	2.2	10.8	2.7	2.1	4.4	29.9
01ene.2072	6:00	5.4	5.8	3.3	15.8	3.9	3.1	6.4	43.7
01ene.2072	7:00	7.2	7.7	4.3	20.9	5.1	4.1	8.5	57.8
01ene.2072	8:00	9.0	9.6	5.4	26.3	6.5	5.1	10.7	72.6
01ene.2072	9:00	11.1	11.9	6.7	32.4	8.0	6.3	13.2	89.6
01ene.2072	10:00	13.8	14.8	8.3	40.3	9.9	7.8	16.4	111.3
01ene.2072	11:00	18.2	19.4	10.9	52.9	13.0	10.3	21.6	146.3
01ene.2072	12:00	37.2	39.7	22.4	108.2	26.6	21.0	44.1	299.2
01ene.2072	13:00	30.2	32.3	18.2	88.1	21.7	17.1	35.9	243.5
01ene.2072	14:00	22.9	24.5	13.8	66.7	16.4	13.0	27.2	184.5
01ene.2072	15:00	19.0	20.3	11.4	55.3	13.6	10.7	22.5	152.8
01ene.2072	16:00	16.7	17.9	10.1	48.8	12.0	9.5	19.9	134.9
01ene.2072	17:00	15.4	16.4	9.3	44.7	11.0	8.7	18.2	123.7
01ene.2072	18:00	14.4	15.4	8.7	41.9	10.3	8.1	17.1	115.9
01ene.2072	19:00	13.6	14.5	8.2	39.6	9.8	7.7	16.2	109.6
01ene.2072	20:00	13.0	13.9	7.8	37.8	9.3	7.4	15.4	104.6
01ene.2072	21:00	12.5	13.3	7.5	36.3	8.9	7.1	14.8	100.4
01ene.2072	22:00	12.0	12.9	7.2	35.0	8.6	6.8	14.3	96.8
01ene.2072	23:00	11.6	12.4	7.0	33.9	8.3	6.6	13.8	93.6
02ene.2072	0:00	11.3	12.1	6.8	32.9	8.1	6.4	13.4	91.0
02ene.2072	1:00	2.9	3.1	1.7	8.4	2.1	1.6	3.4	23.2
02ene.2072	2:00	0.6	0.6	0.3	1.6	0.4	0.3	0.7	4.5
02ene.2072	3:00	0.1	0.1	0.1	0.3	0.1	0.1	0.1	0.9
02ene.2072	4:00	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
02ene.2072	5:00	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
02ene.2072	6:00	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0

**Figura 93**

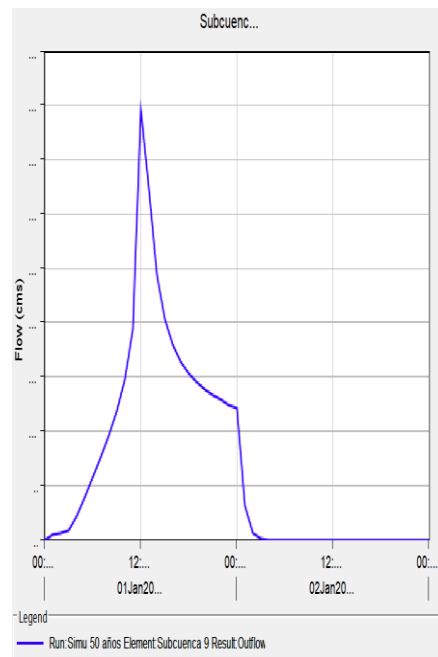
*Hidrograma Subcuenca 7*



*Nota. Realizado en Hec-Hms.*

**Figura 94**

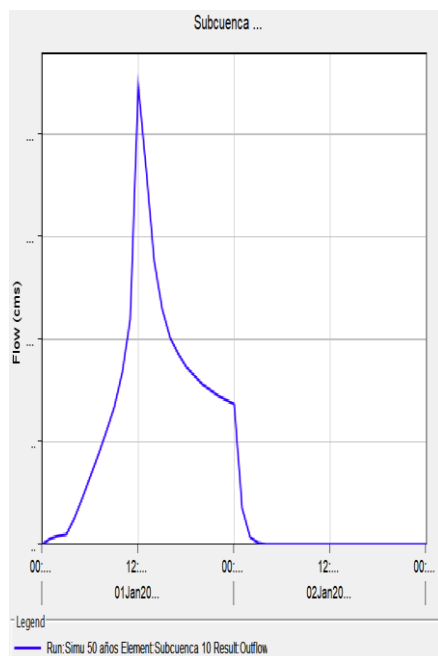
*Hidrograma Subcuenca 9*



*Nota. Realizado en Hec-Hms.*

**Figura 95**

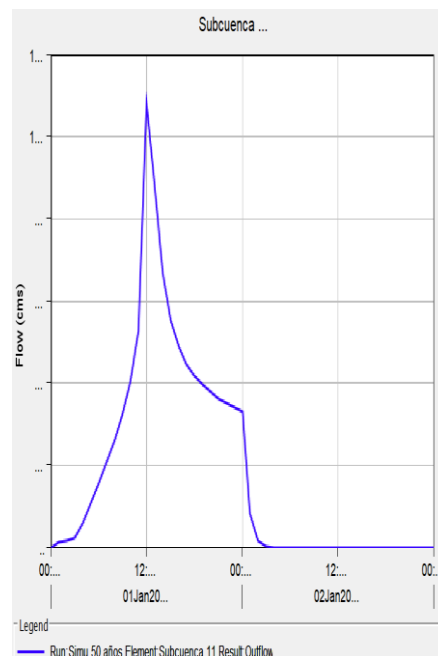
*Hidrograma Subcuenca 10*



*Nota. Realizado en Hec-Hms.*

**Figura 96**

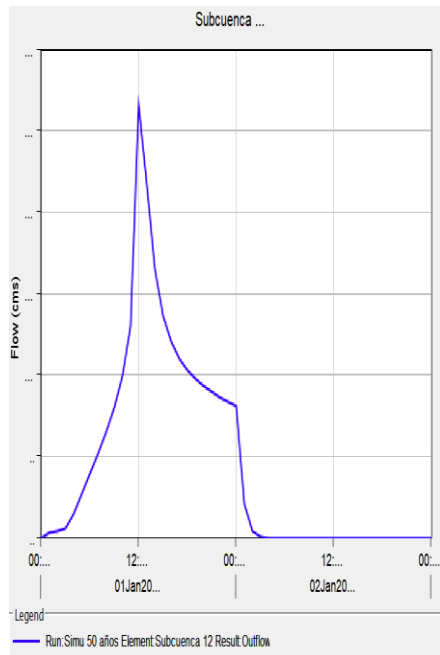
*Hidrograma Subcuenca 11*



*Nota. Realizado en Hec-Hms.*

**Figura 97**

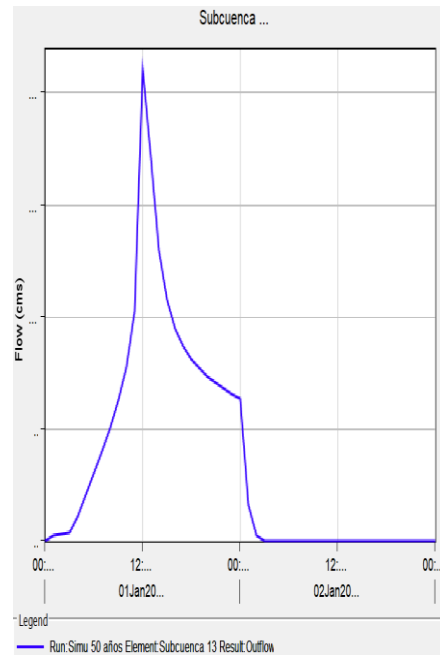
*Hidrograma Subcuenca 12*



*Nota. Realizado en Hec-Hms.*

**Figura 98**

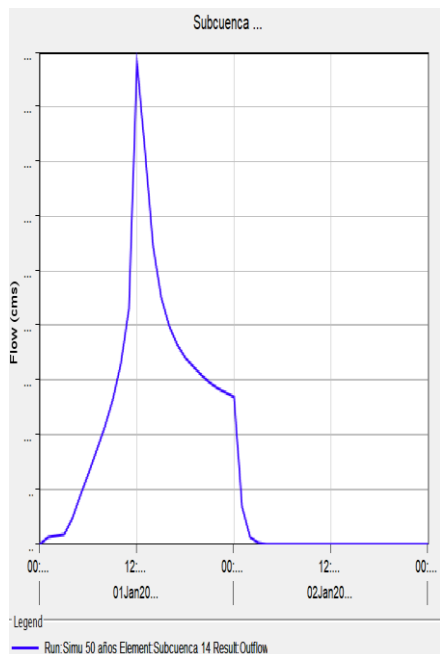
*Hidrograma Subcuenca 13*



*Nota. Realizado en Hec-Hms.*

**Figura 99**

*Hidrograma Subcuenca 14*



*Nota. Realizado en Hec-Hms.*

#### 4.4.6.3 Tramo de la Cuenca Baja.

Los datos calculados indican que el caudal máximo se da a las 12 horas del día 1 con un flujo de 179,1 m<sup>3</sup>/s, terminando con su intensidad de flujo a las 4 horas del día 2, observando una pérdida de flujo hasta el final del evento de simulación. Esto indica que, el caudal de las subcuencas, es exclusivo de un evento de precipitación y no es alimentado por la infiltración natural del suelo (Tabla 34, Fig. 100, 101, 102, 103, 104).

**Tabla 34**

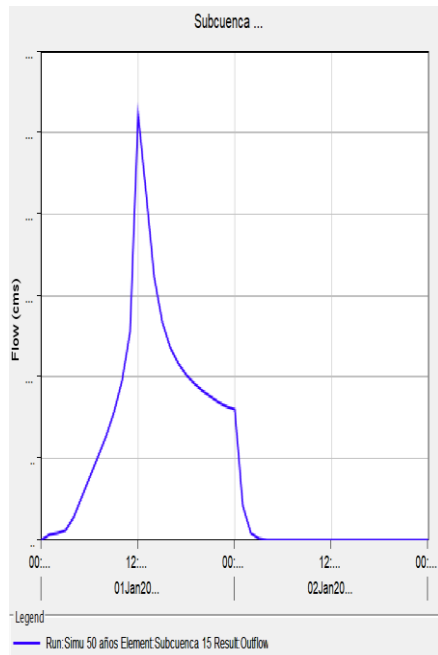
*Cuenca baja - Datos de Flujo de Subcuencas*

Date	Time	Direct Flow	Direct Flow	Direct Flow	Direct Flow	Direct Flow	Total Flow
		Subcuenca 15	Subcuenca 16	Subcuenca 17	Subcuenca 18	Subcuenca 19	m <sup>3</sup> /s
01ene.2072	0:00	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
01ene.2072	1:00	0.3	0.4	0.3	1.0	0.2	2.2
01ene.2072	2:00	0.4	0.5	0.4	1.3	0.3	2.9
01ene.2072	3:00	0.5	0.6	0.5	1.7	0.3	3.6
01ene.2072	4:00	1.4	1.6	1.4	4.4	0.8	9.6
01ene.2072	5:00	2.6	3.0	2.6	8.1	1.6	17.9
01ene.2072	6:00	3.8	4.3	3.8	11.9	2.3	26.1
01ene.2072	7:00	5.0	5.7	5.0	15.8	3.0	34.5
01ene.2072	8:00	6.3	7.2	6.3	19.8	3.8	43.4
01ene.2072	9:00	7.8	8.9	7.8	24.4	4.7	53.6
01ene.2072	10:00	9.7	11.0	9.7	30.4	5.8	66.6
01ene.2072	11:00	12.8	14.5	12.8	39.9	7.6	87.6
01ene.2072	12:00	26.1	29.7	26.1	81.6	15.6	179.1
01ene.2072	13:00	21.3	24.2	21.3	66.4	12.7	145.9
01ene.2072	14:00	16.1	18.3	16.1	50.3	9.6	110.4
01ene.2072	15:00	13.3	15.2	13.3	41.7	8.0	91.5
01ene.2072	16:00	11.8	13.4	11.8	36.8	7.0	80.8
01ene.2072	17:00	10.8	12.3	10.8	33.7	6.5	74.1
01ene.2072	18:00	10.1	11.5	10.1	31.6	6.0	69.3
01ene.2072	19:00	9.6	10.9	9.6	29.9	5.7	65.7
01ene.2072	20:00	9.1	10.4	9.1	28.5	5.5	62.6
01ene.2072	21:00	8.8	10.0	8.8	27.4	5.2	60.2
01ene.2072	22:00	8.5	9.6	8.5	26.4	5.1	58.1
01ene.2072	23:00	8.2	9.3	8.2	25.6	4.9	56.2
02ene.2072	0:00	7.9	9.0	7.9	24.8	4.7	54.3
02ene.2072	1:00	2.0	2.3	2.0	6.4	1.2	13.9
02ene.2072	2:00	0.4	0.4	0.4	1.2	0.2	2.6
02ene.2072	3:00	0.1	0.1	0.1	0.2	0.0	0.5
02ene.2072	4:00	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
02ene.2072	5:00	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
02ene.2072	6:00	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0

*Nota.* Realizado en *Hec-Hms*.

**Figura 100**

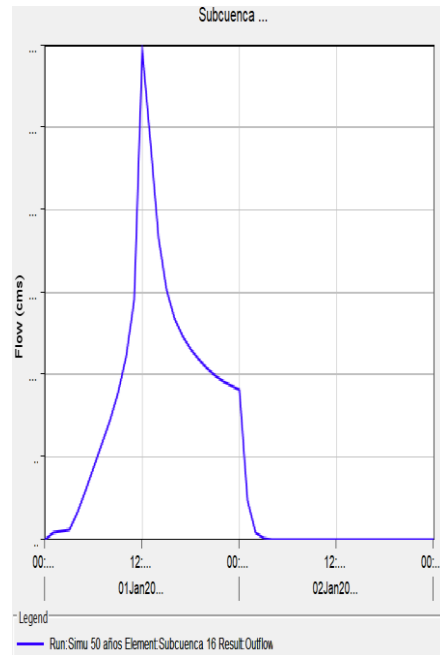
*Hidrograma Subcuenca 15*



*Nota. Realizado en Hec-Hms.*

**Figura 101**

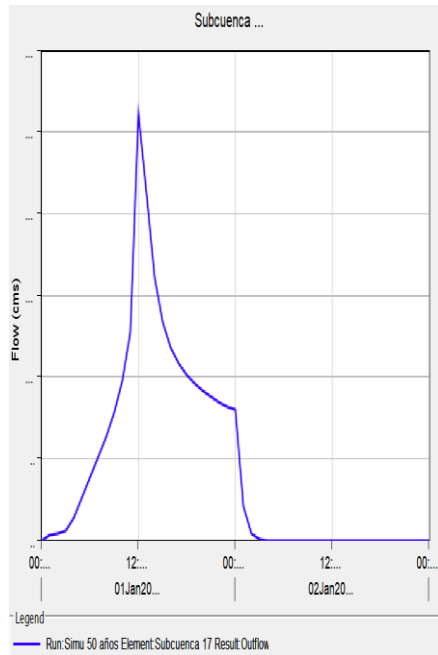
*Hidrograma Subcuenca 16*



*Nota. Realizado en Hec-Hms.*

**Figura 102**

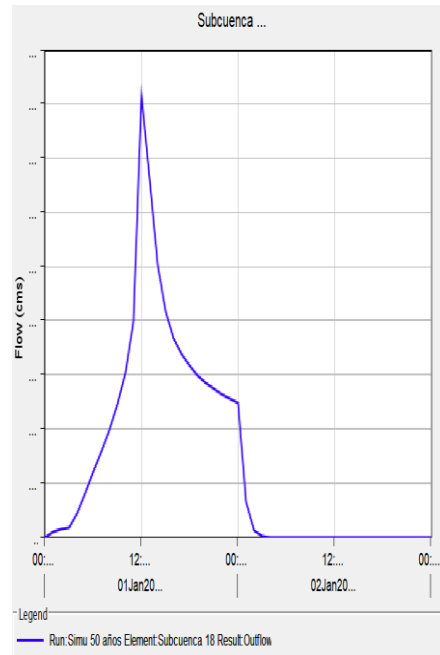
*Hidrograma Subcuenca 17*



*Nota. Realizado en Hec-Hms.*

**Figura 103**

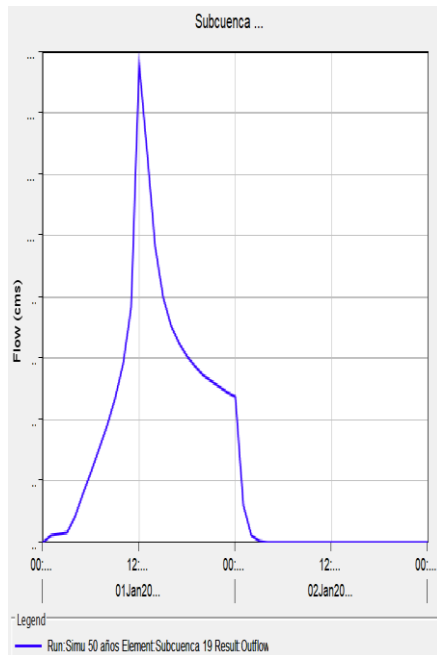
*Hidrograma Subcuenca 18*



*Nota. Realizado en Hec-Hms.*

## Figura 104

### Hidrograma Subcuenca 19



Nota. Realizado en *Hec-Hms*.

#### 4.4.9 Mapas De Amenaza De Inundación.

En este capítulo estimamos las zonas propensas a inundación en los diferentes escenarios propuestos, estableciendo sus mapas de inundación para a través de criterios necesarios para determinar su nivel de amenaza, en este trabajo simulamos 4 tipos de escenarios en los cuales representamos amenazas hídricas para futuros posibles con respecto al flujo de su cuenca.

Una vez establecido el área de inundación a través de la herramienta virtual HEC RAS, los escenarios propuestos por los diferentes criterios basados en los escenarios para determinar los mapas de amenaza de inundación se basan en la Fig. 105, que nos indica que la amenaza de inundación va desde el rango de una amenaza residual a una amenaza alta.

**Figura 105**

*Significado de los Mapas de Inundación*

<b>Leyenda Mapas de Amenazas de Inundación</b>			
<b>Leyenda para mapas multiamenaza</b>	<b>Leyenda mapas amenaza por Inundaciones</b>	<b>Pérdidas y daños previsibles en caso de uso para asentamientos humanos</b>	<b>Implicaciones para el ordenamiento territorial</b>
<b>Rojo</b>	<b>Amenaza Alta</b>	Las personas están en peligro tanto adentro como fuera de los edificios. Existe alto peligro de destrucción repentina de edificios. Los eventos se manifiestan con una intensidad relativamente débil, pero con una frecuencia elevada o con intensidad fuerte. En este caso las personas están amenazadas afuera de los edificios.	<b>Zonas de prohibición</b> , no apta para instalación, expansión o densificación de asentamientos humanos. Áreas ya edificadas deben ser reubicadas a largo plazo, o protegidas con obras de protección, sistemas de alerta temprana y evacuación temporal.
<b>Naranja</b>	<b>Amenaza Media</b>	Las personas están en peligro afuera de los edificios, pero no o casi no adentro. Se debe contar con daños en los edificios, pero no destrucción repentina de éstos, siempre y cuando su modo de construcción haya sido adaptado a las condiciones del lugar.	<b>Zona de Reglamentación</b> , en la cual se puede permitir la expansión y densificación de asentamientos humanos, siempre y cuando existan y se respeten reglas de ocupación del suelo y normas de construcción apropiadas. Construcciones existentes que no cumplan con las reglas y normas deben ser reforzadas, protegidas o desalojadas y reubicadas.
<b>Amarillo</b>	<b>Amenaza Baja</b>	El peligro para las personas es débil o inexistente. Los edificios pueden sufrir daños leves, pero puede haber fuertes daños al interior de los mismos.	<b>Zona de Sensibilización</b> , apta para asentamientos humanos, en la cual la población debe ser sensibilizada ante la existencia de amenazas moderadas y poco probables, para que conozcan y apliquen reglas de comportamiento apropiadas ante éstas.
<b>Rayas Amarillas</b>	<b>Amenaza Residual</b>	Existen amenazas que tienen una probabilidad de ocurrencia muy débil y que se puede manifestar con una intensidad fuerte.	<b>Zona de Sensibilización</b> , apta para asentamientos humanos, en la cual los usuarios del suelo deben ser sensibilizados ante la existencia de amenazas muy poco probables, para que conozcan y apliquen reglas de comportamiento apropiadas ante éstas.
		<b>Verde Claro</b> .- Ninguna amenaza conocida, o despreciable según el estado actual de conocimientos	
<b>Zonas de Susceptibilidad</b>		Zonas en donde los análisis realizados son muy indicativos, por lo que no se pueden realizar estimaciones de frecuencias o alturas de agua o estos son muy imprecisos. Generalmente las zonas corresponden a aquellas afectadas por eventos extremos (Mitch).	

*Nota.* Tomado de (Corporariño, 2010).

**4.4.7.1 Modelación hidrodinámica.**

En esta modelación presentamos los resultados obtenidos de la modelación hidrodinámica de un evento de crecida ocurrido en un período de retorno de 5, 10, 25 y 50 años, con las que se simula las situaciones de un evento de precipitación en los límites de la cuenca.

**4.4.7.2 Simulación.**

En este evento de simulación de inundación se establecen las siguientes condiciones, considerando los siguientes parámetros:

#### 4.4.7.2.1 Geometría.

- Longitud de tramo: 54.50 km
- Número de secciones transversales: 198
- Longitud de las secciones transversales: 190 m
- Distancia entre las secciones transversales: 100 m

#### 4.4.7.2.2 Condiciones de frontera.

- Flujo no permanente (hidrogramas)
- Pendiente del tramo: 0.064
- Coeficiente de Manning:

Margen Izquierdo y Margen Derecho: 0.025

Margen Central: 0.025

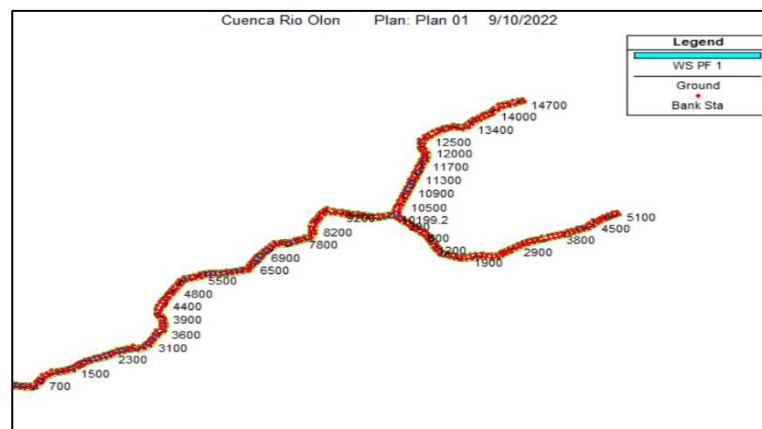
- Variación de los coeficientes de contracción en estructuras de paso:  
Contracción 0.1  
Expansión 0.3

#### 4.4.7.3 Simulación escenario 1 - Método Racional.

Los resultados de este escenario correspondiente a un período de retorno de 5 años, indican que el cauce fluye con normalidad, dando relevancia en el tramo donde se presenta la zona de inundación, consiguiendo como resultado que las inundaciones se da en los sectores donde la pendiente es menor. En la Fig. 106 se puede observar el perfil longitudinal del río Olón donde se visualiza la pendiente del cauce y los sectores que presentan inundación.

**Figura 106**

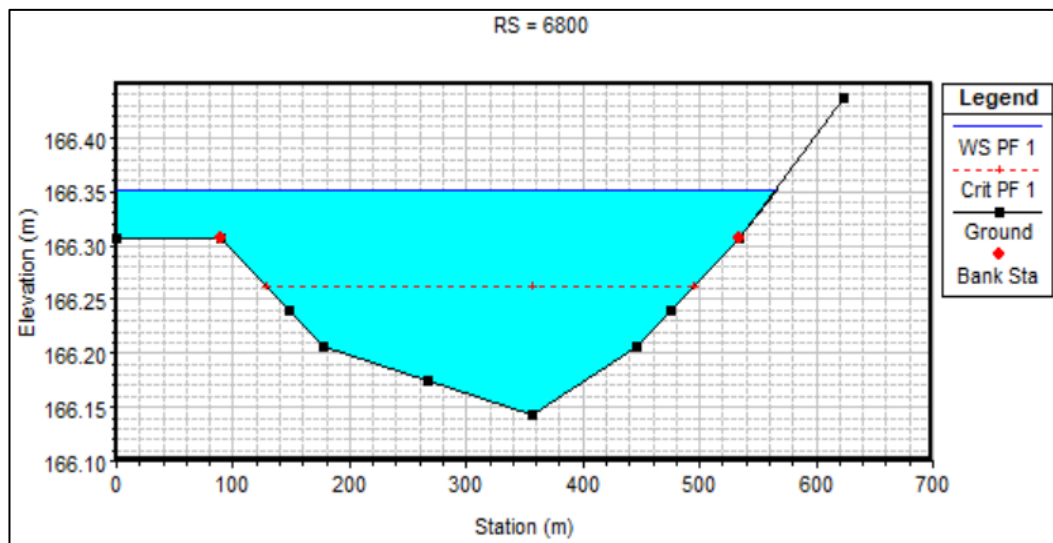
*Perfil Longitudinal de la Llanura de Inundación*



A continuación, la simulación muestra que la sección transversal “XS 6800” (Fig. 107), muestra una columna máxima de agua sobre la cota natural del lado izquierdo, desbordándose y consiguiendo una inundación de 0.04m con respecto al eje del río. La Fig. 108 muestra la velocidad de la sección transversal donde el caudal máximo tiene una velocidad de 0.32 m/s.

**Figura 107**

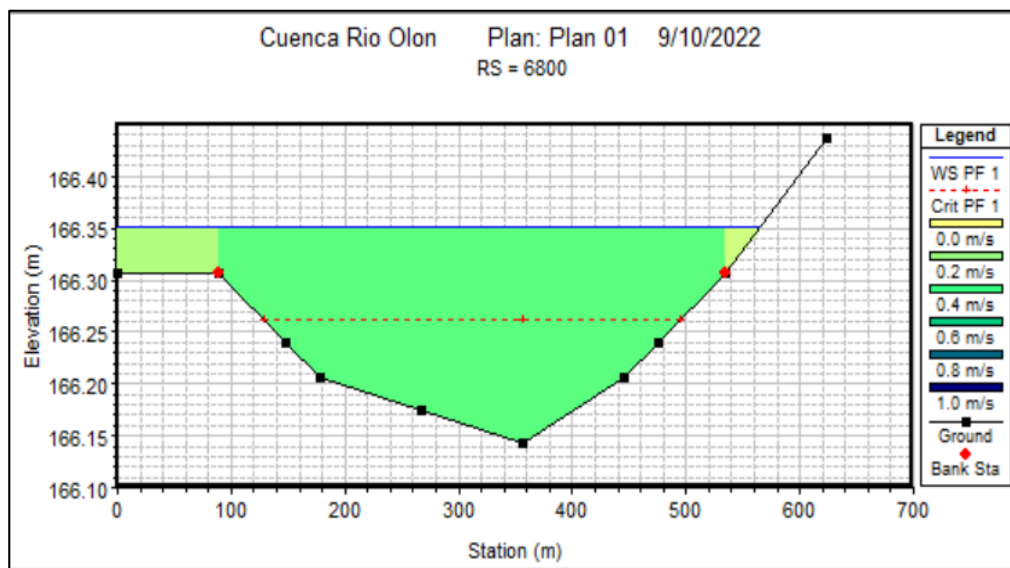
*Sección transversal de Dique XS 6800*



*Nota. Realizado en Hec-Ras.*

**Figura 108**

*Velocidad de la sección XS 6800*

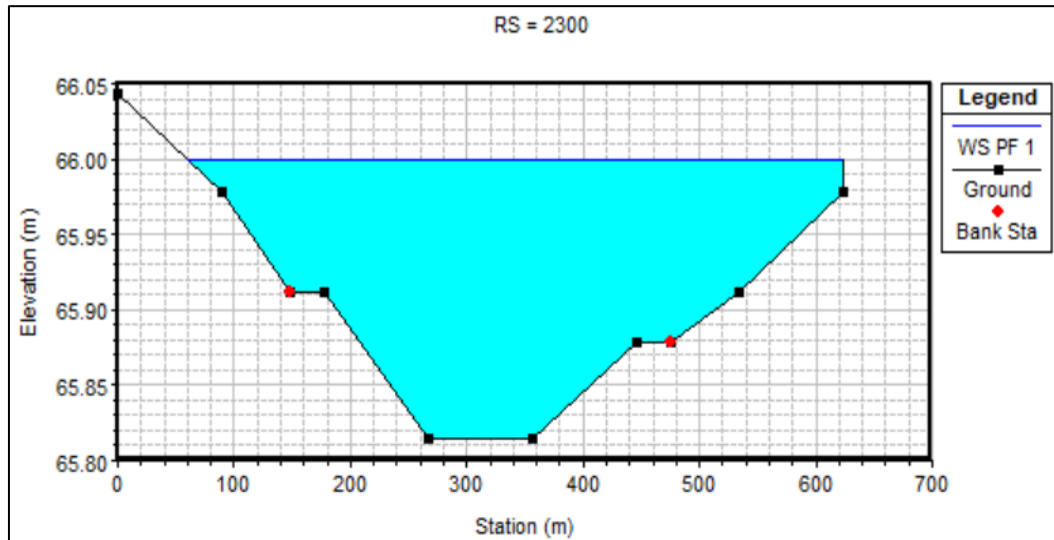


*Nota. Realizado en Hec-Ras.*

Sección transversal “XS 2300” (Fig. 109), muestra una columna máxima de agua sobre la cota natural del lado derecho, desbordándose y consiguiendo una inundación de 0.02m con respecto al eje del río. La Fig. 110 muestra la velocidad de la sección transversal donde el caudal máximo tiene una velocidad de 0.38 m/s.

**Figura 109**

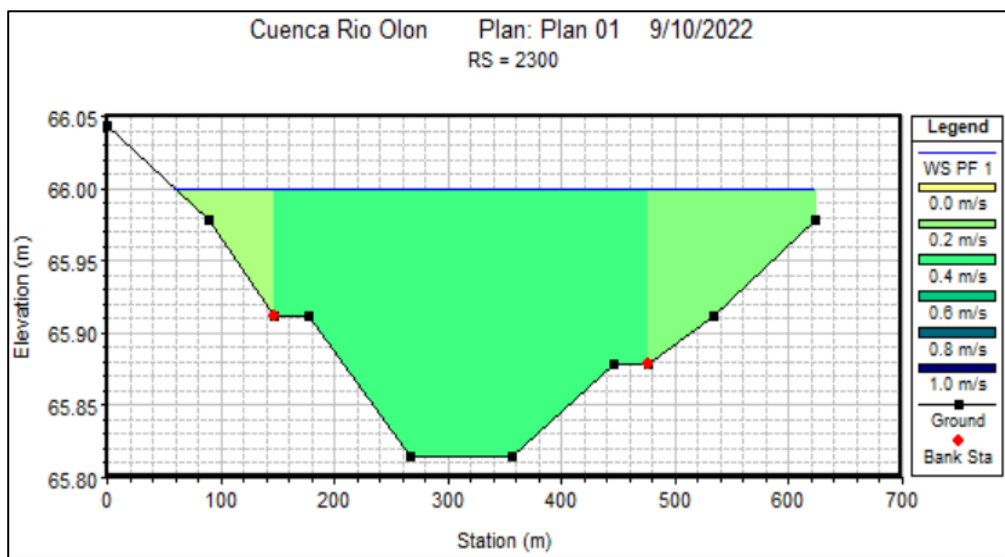
*Sección transversal de Dique XS 2300*



*Nota.* Realizado en *Hec-Ras*.

**Figura 110**

*Velocidad de la sección XS 2300*

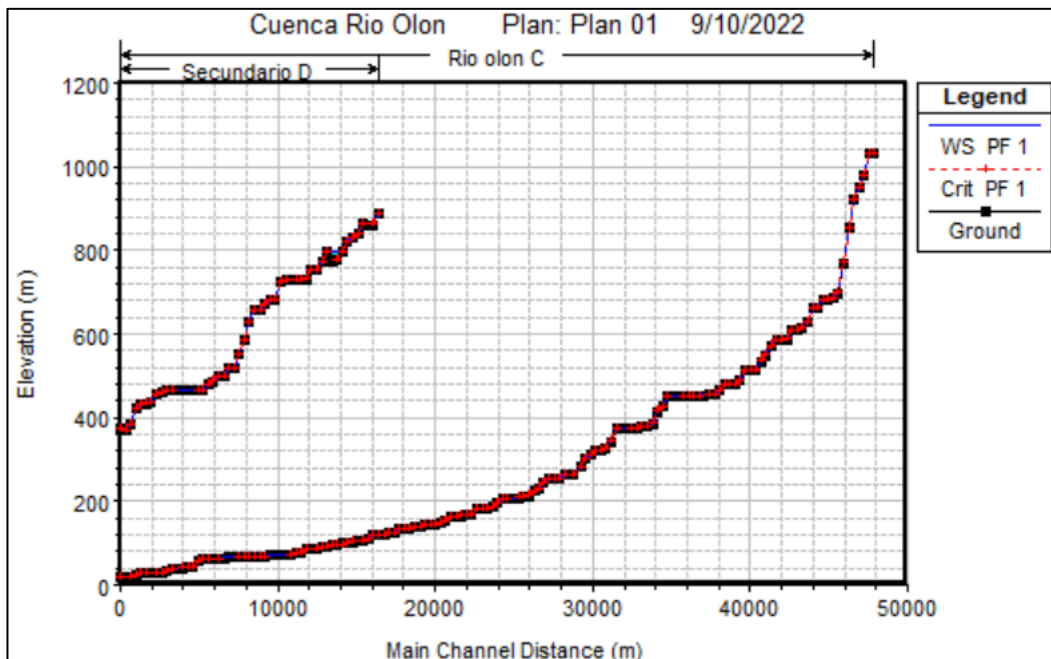


*Nota.* Realizado en *Hec-Ras*.

El perfil longitudinal en el que se representa la lámina de agua del río con un período de retorno de 5 años, se observa que las zonas de inundación presentadas son mínimas en las secciones mostradas (Fig. 111).

**Figura 111**

*Lámina de agua Situación Futura 5 años*



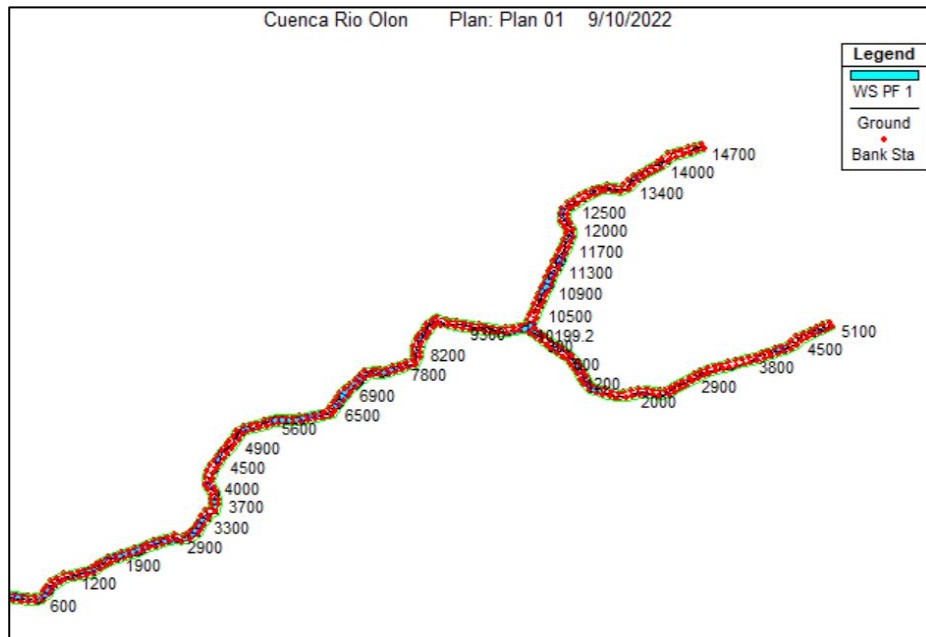
*Nota.* Realizado en *Hec-Ras*.

#### **4.4.7.4 Simulación escenario 2 - Método Racional**

Los resultados de este escenario correspondiente a un período de retorno de 10 años, indican que el cauce fluye con normalidad, dando relevancia en el tramo donde se presenta la zona de inundación, consiguiendo como resultado que las inundaciones se da en los sectores donde la pendiente es menor. En la Fig. 112 se puede observar el perfil longitudinal del río Olón donde se visualiza la pendiente del cauce y los sectores que presentan inundación.

**Figura 112**

*Perfil Longitudinal de la Llanura de Inundación*

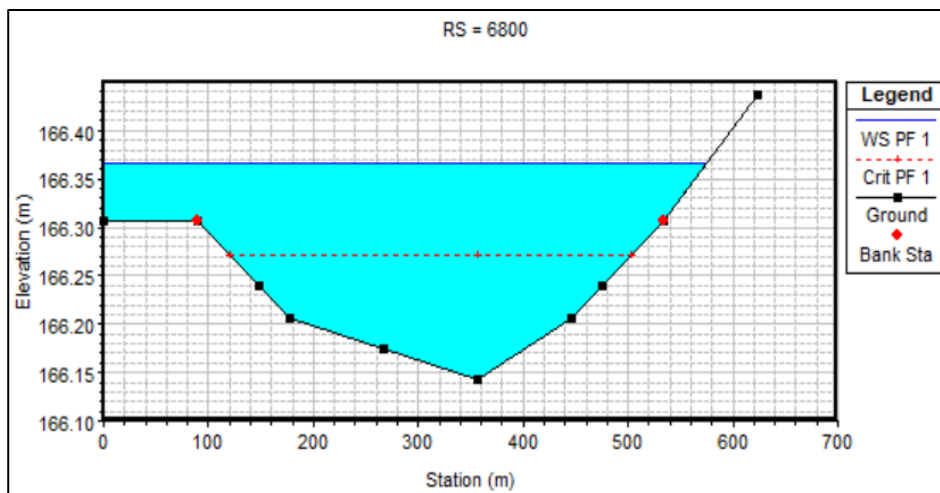


*Nota.* Realizado en *Hec-Ras*.

A continuación, la simulación muestra que la sección transversal “XS 6800” (Fig. 113), muestra una columna máxima de agua sobre la cota natural del lado izquierdo, desbordándose y consiguiendo una inundación de 0.055m con respecto al eje del río. La Fig. 114 muestra la velocidad de la sección transversal donde el caudal máximo tiene una velocidad de 0.34 m/s.

**Figura 113**

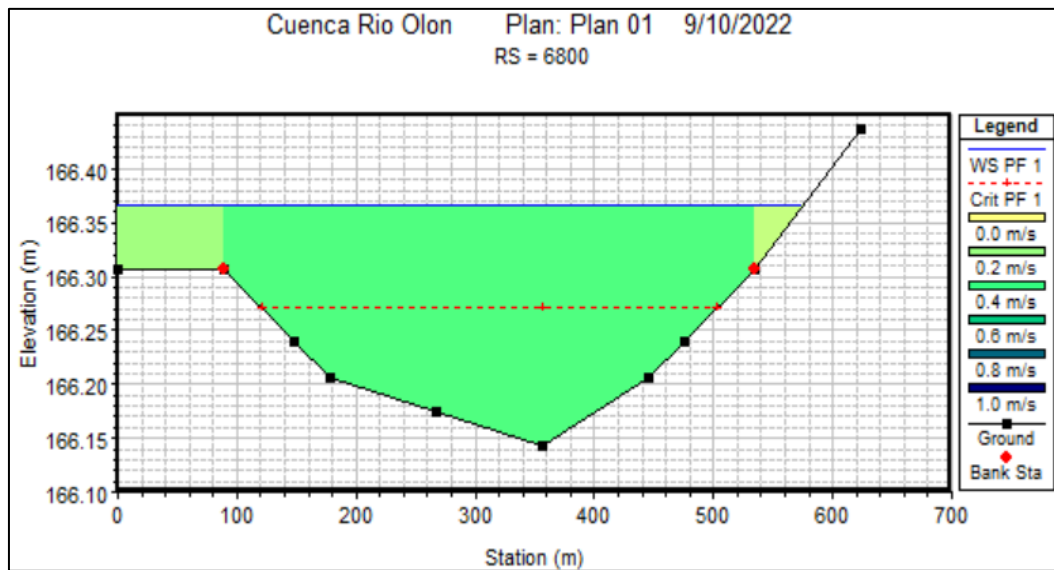
*Sección transversal de Dique XS 6800*



*Nota.* Realizado en *Hec-Ras*.

**Figura 114**

*Velocidad de la sección XS 6800*

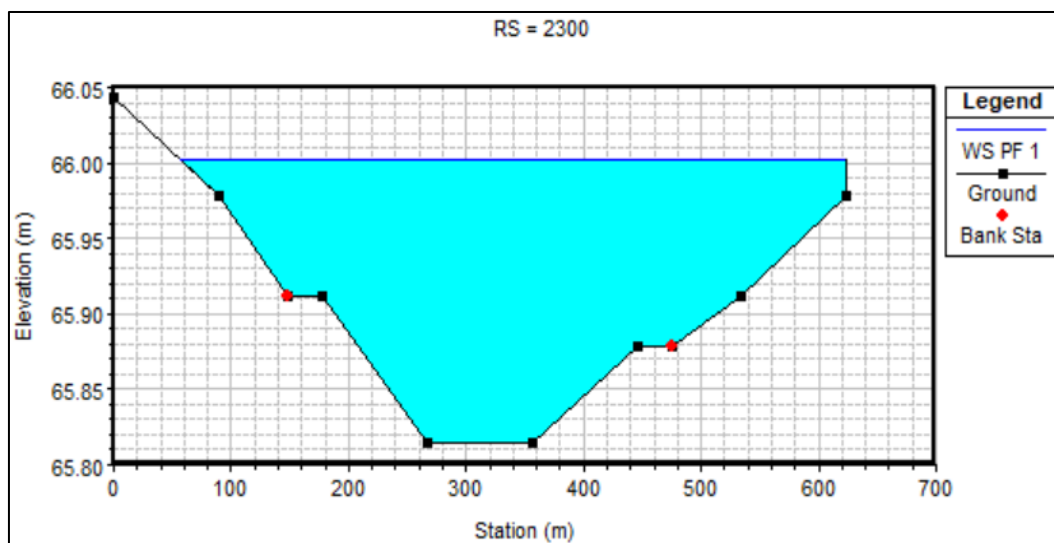


*Nota.* Realizado en *Hec-Ras*.

Sección transversal “XS 2300” (Fig. 115), muestra una columna máxima de agua sobre la cota natural del lado derecho, desbordándose y consiguiendo una inundación de 0.022m con respecto al eje del río. La Fig. 116 muestra la velocidad de la sección transversal donde el caudal máximo tiene una velocidad de 0.44 m/s.

**Figura 115**

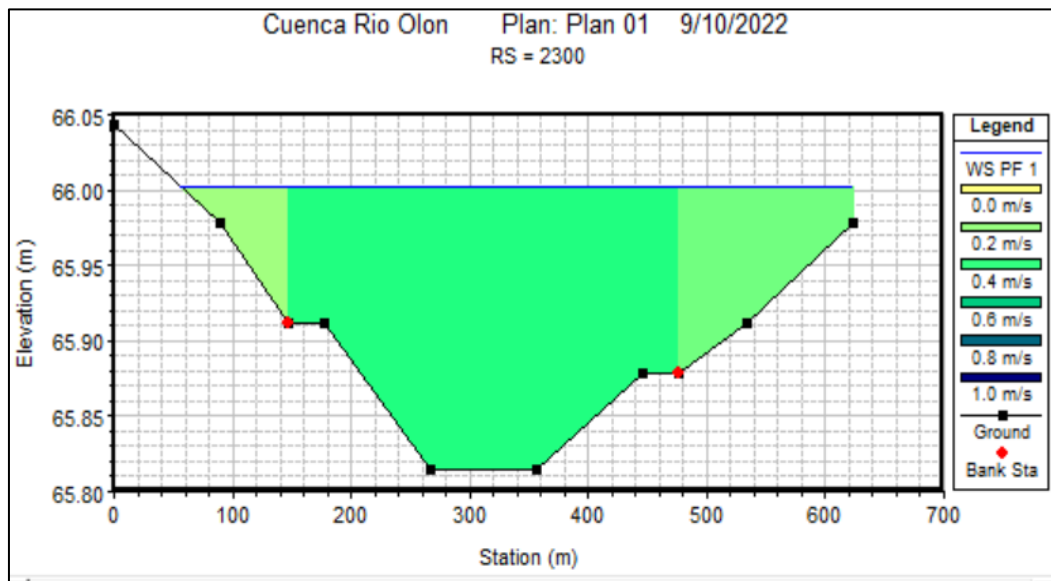
*Sección transversal de Dique XS 2300*



*Nota.* Realizado en *Hec-Ras*.

**Figura 116**

*Velocidad de la sección XS 2300*

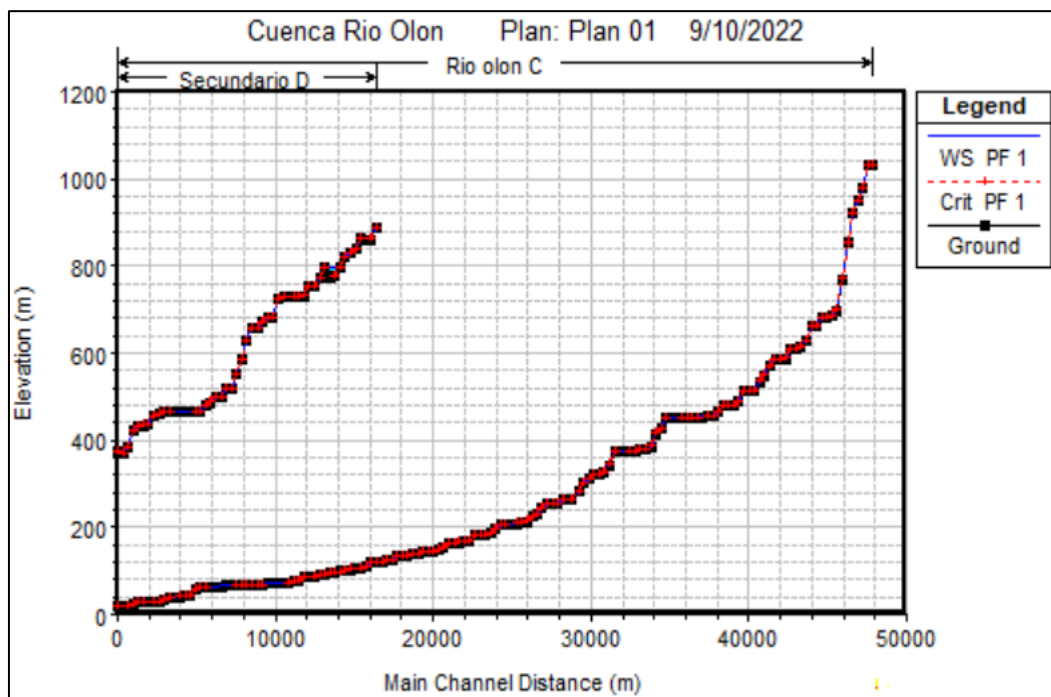


*Nota.* Realizado en *Hec-Ras*.

El perfil longitudinal en el que se representa la lámina de agua del río con un período de retorno de 10 años, se observa que las zonas de inundación presentadas son mínimas en las secciones mostradas (Fig. 117).

**Figura 117**

*Lámina de agua Situación Futura 10 años*



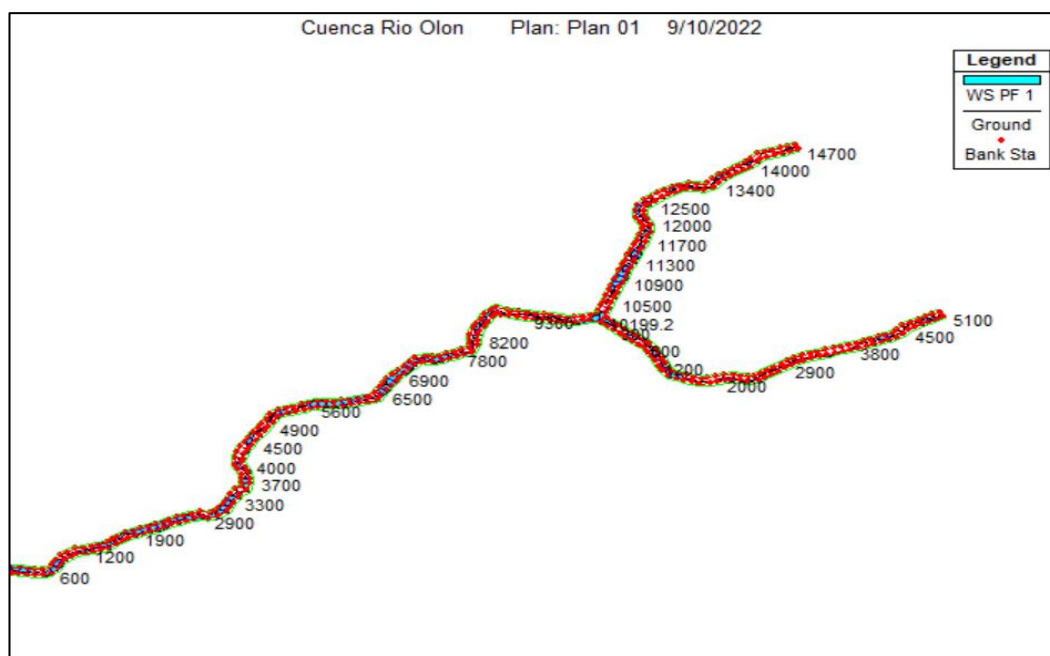
*Nota.* Realizado en *Hec-Ras*.

#### 4.4.7.5 Simulación escenario 3 - Método Racional.

Los resultados de este escenario correspondiente a un período de retorno de 25 años, indican que el cauce fluye con normalidad, dando relevancia en el tramo donde se presenta la zona de inundación, consiguiendo como resultado que las inundaciones se da en los sectores donde la pendiente es menor. En la Fig. 118 se puede observar el perfil longitudinal del río Olón donde se visualiza la pendiente del cauce y los sectores que presentan inundación.

**Figura 118**

*Perfil Longitudinal de la Llanura de Inundación*

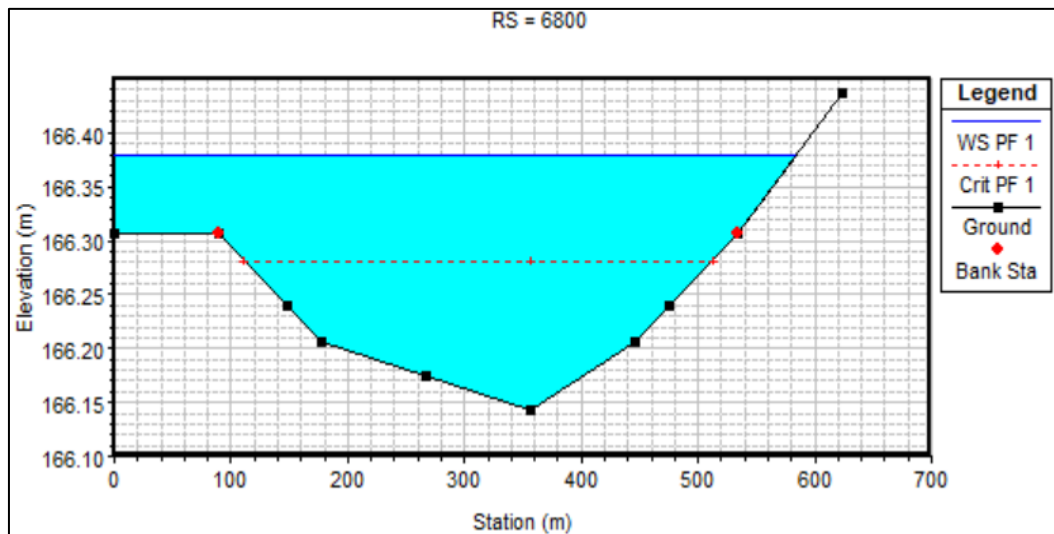


*Nota.* Realizado en *Hec-Ras*.

A continuación, la simulación muestra que la sección transversal “XS 6800” (Fig. 119), muestra una columna máxima de agua sobre la cota natural del lado izquierdo, desbordándose y consiguiendo una inundación de 0.07m con respecto al eje del río. La Fig. 120 muestra la velocidad de la sección transversal donde el caudal máximo tiene una velocidad de 0.37 m/s.

**Figura 119**

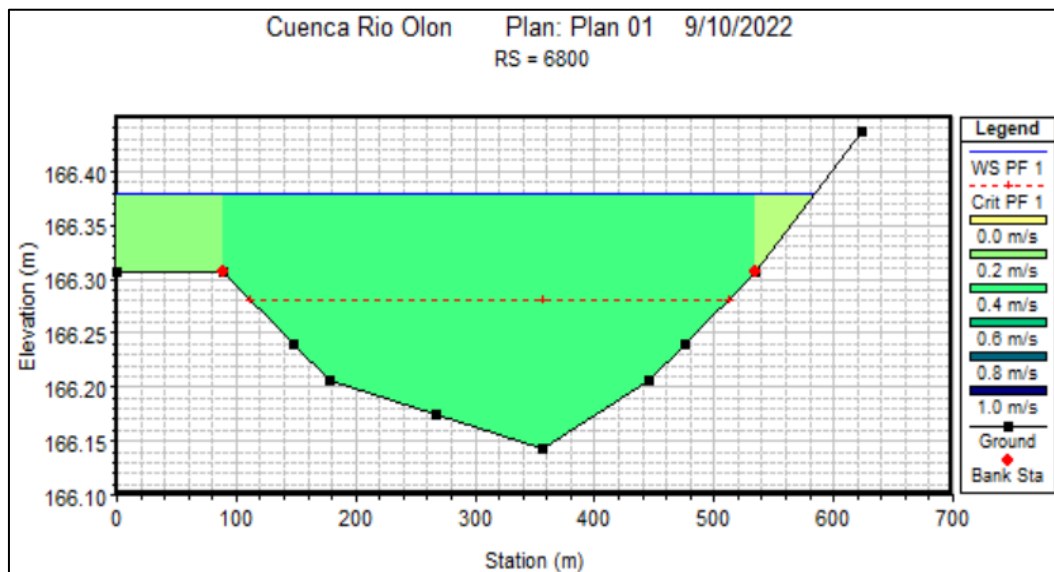
*Sección transversal de Dique XS 6800*



*Nota. Realizado en Hec-Ras.*

**Figura 120**

*Velocidad de la sección XS 6800*

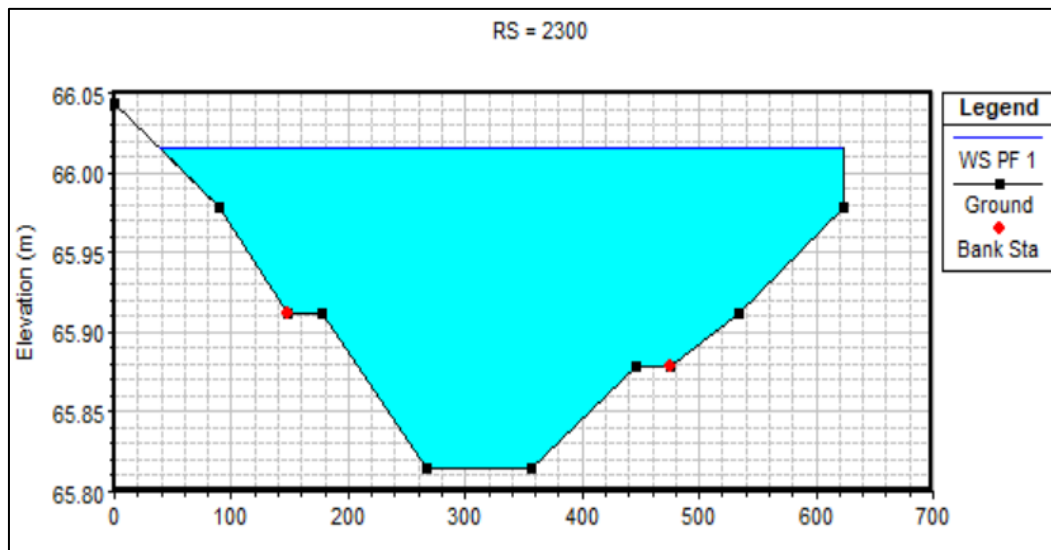


*Nota. Realizado en Hec-Ras.*

Sección transversal “XS 2300” (Fig. 121), muestra una columna máxima de agua sobre la cota natural del lado derecho, desbordándose y consiguiendo una inundación de 0.037m con respecto al eje del río. La Fig. 122 muestra la velocidad de la sección transversal donde el caudal máximo tiene una velocidad de 0.47 m/s.

**Figura 121**

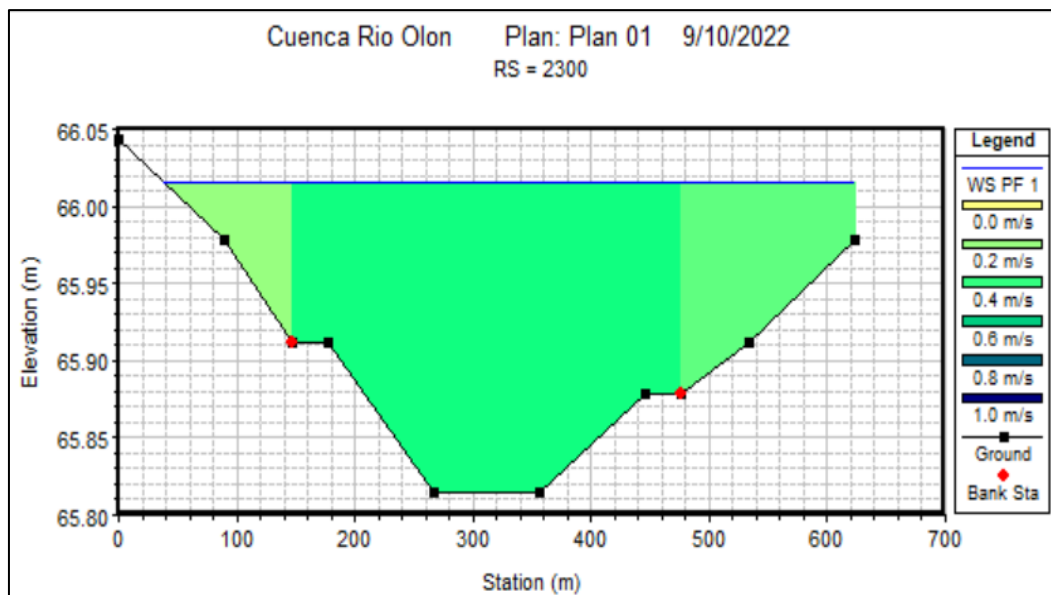
*Sección transversal de Dique XS 2300*



*Nota. Realizado en Hec-Ras.*

**Figura 122**

*Velocidad de la sección XS 2300*

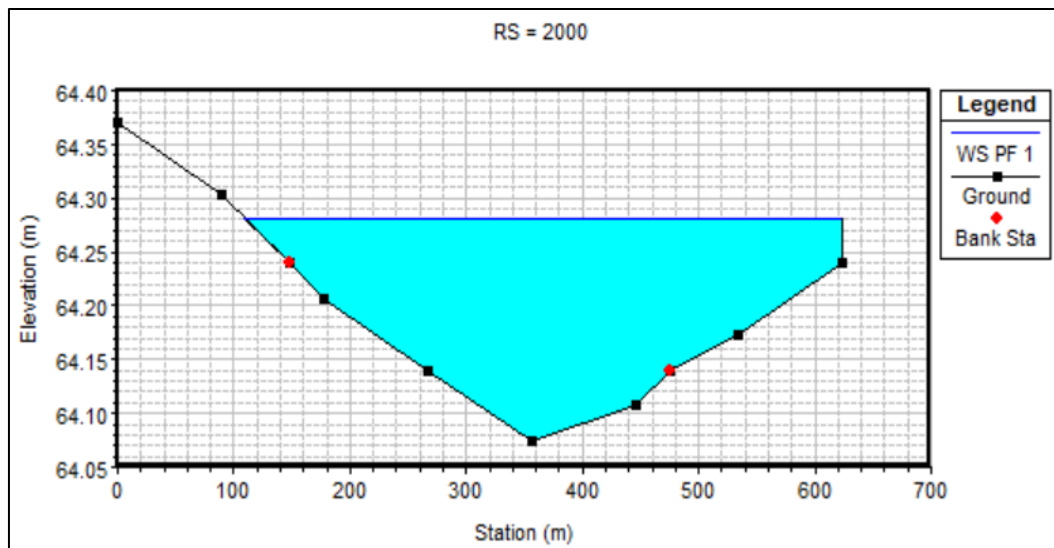


*Nota. Realizado en Hec-Ras.*

Sección transversal “XS 2000” (Fig. 123), muestra una columna máxima de agua sobre la cota natural del lado derecho, desbordándose y consiguiendo una inundación de 0.04m con respecto al eje del río. La Fig. 124 muestra la velocidad de la sección transversal donde el caudal máximo tiene una velocidad de 0.51 m/s.

**Figura 123**

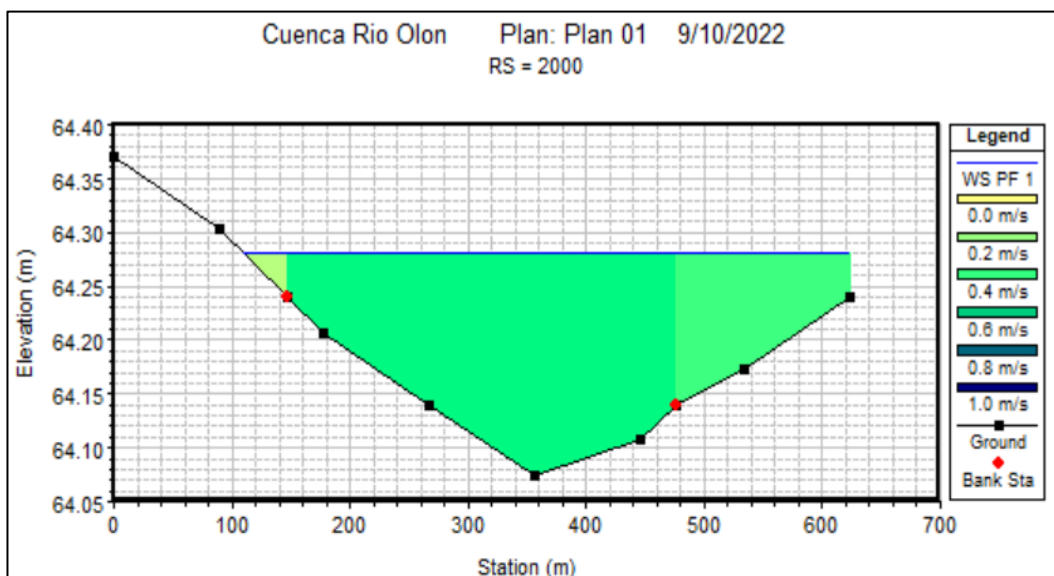
*Sección transversal de Dique XS 2000*



*Nota. Realizado en Hec-Ras.*

**Figura 124**

*Velocidad de la sección XS 2000*

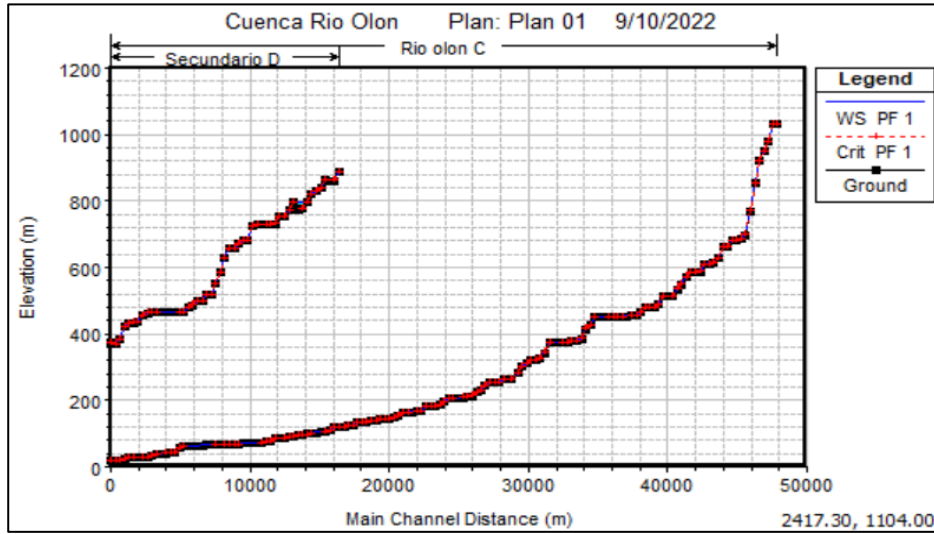


*Nota. Realizado en Hec-Ras.*

El perfil longitudinal en el que se representa la lámina de agua del río con un período de retorno de 25 años, se observa que las zonas de inundación presentadas son mínimas en las secciones mostradas (Fig. 125).

**Figura 125**

*Lámina de agua Situación Futura 25 años*



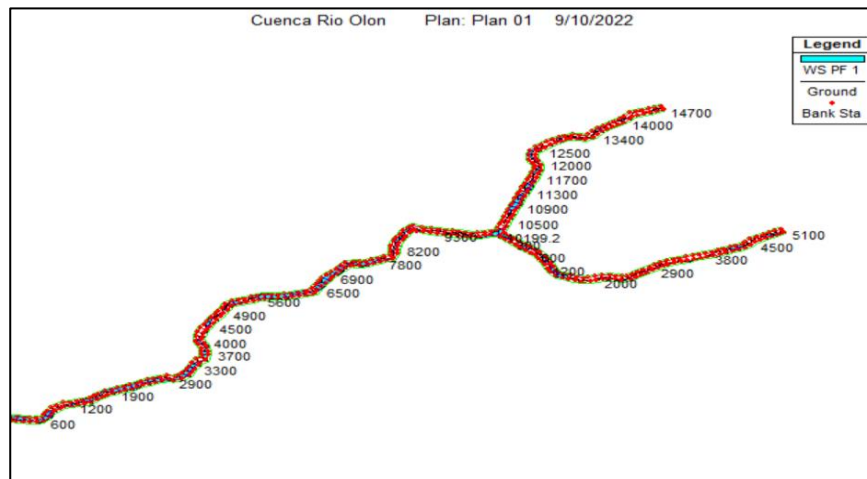
Nota. Realizado en Hec-Ras.

#### 4.4.7.6 Simulación escenario 4 - Método Racional

Los resultados de este escenario correspondiente a un período de retorno de 50 años, indican que el cauce fluye con normalidad, dando relevancia en el tramo donde se presenta la zona de inundación, consiguiendo como resultado que las inundaciones se da en los sectores donde la pendiente es menor. En la Fig. 126 se puede observar el perfil longitudinal del río Olón donde se visualiza la pendiente del cauce y los sectores que presentan inundación.

**Figura 126**

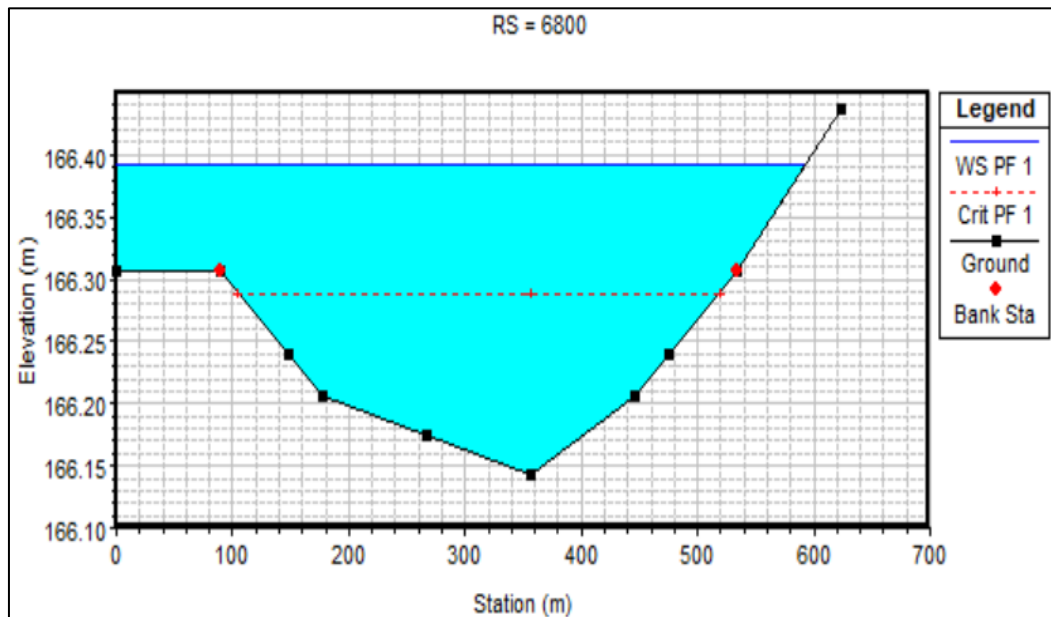
*Perfil Longitudinal de la Llanura de Inundación*



A continuación, la simulación muestra que la sección transversal “XS 6800” (Fig. 127), muestra una columna máxima de agua sobre la cota natural del lado izquierdo, desbordándose y consiguiendo una inundación de 0.08m con respecto al eje del río. La Fig. 128 muestra la velocidad de la sección transversal donde el caudal máximo tiene una velocidad de 0.39 m/s.

**Figura 127**

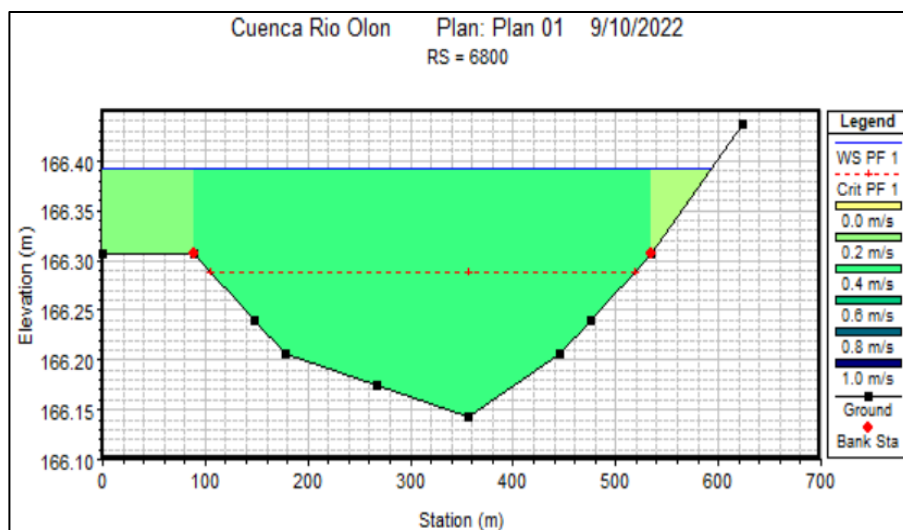
*Sección transversal de Dique XS 6800*



*Nota.* Realizado en *Hec-Ras*.

**Figura 128**

*Velocidad de la sección XS 6800*

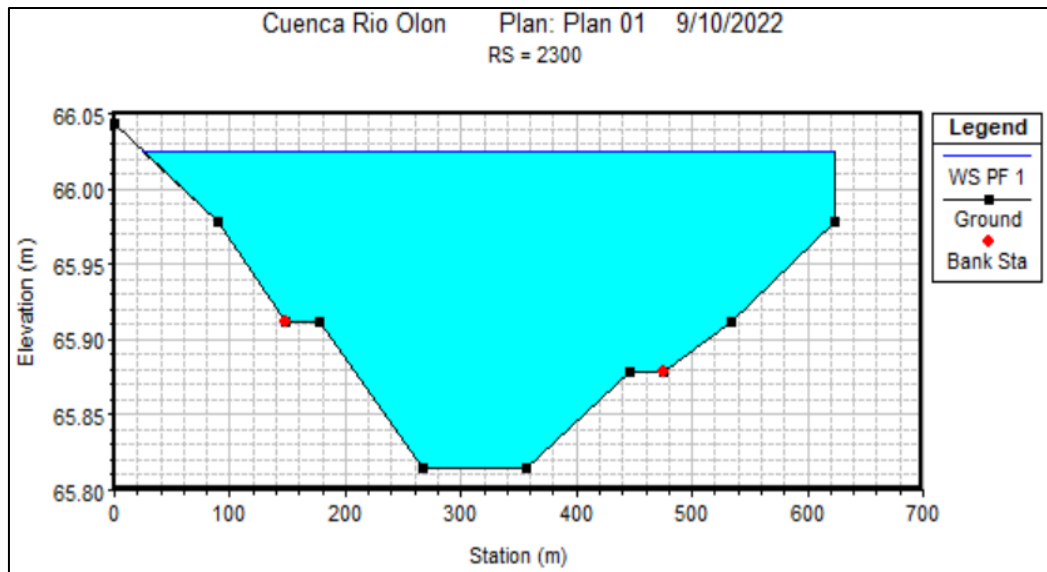


*Nota.* Realizado en *Hec-Ras*.

Sección transversal “XS 2300” (Fig. 129), muestra una columna máxima de agua sobre la cota natural del lado derecho, desbordándose y consiguiendo una inundación de 0.045m con respecto al eje del río. La Fig. 130 muestra la velocidad de la sección transversal donde el caudal máximo tiene una velocidad de 0.49 m/s.

**Figura 129**

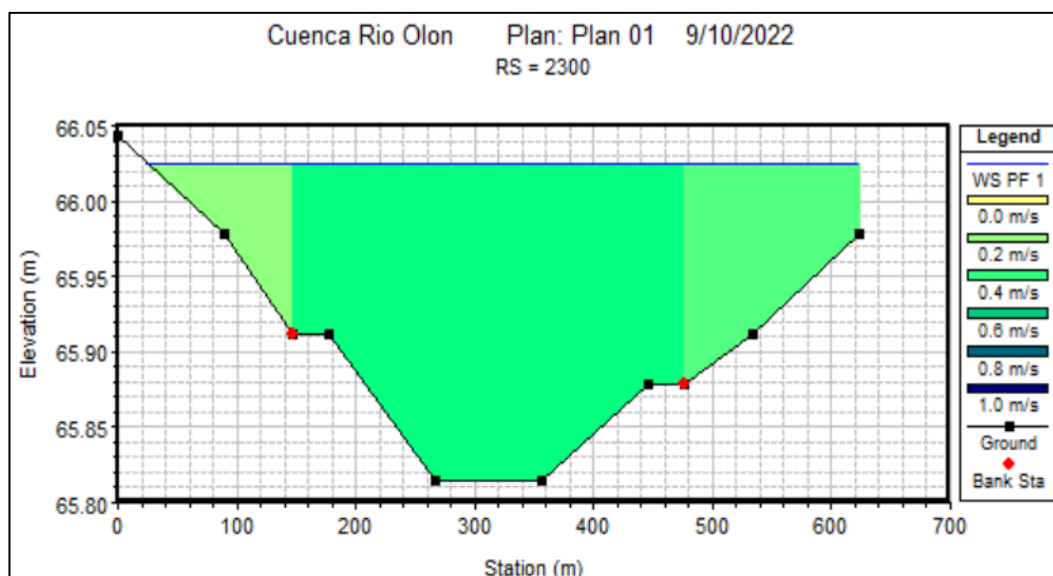
*Sección transversal de Dique XS 2300*



*Nota. Realizado en Hec-Ras.*

**Figura 130**

*Velocidad de la sección XS 2300*

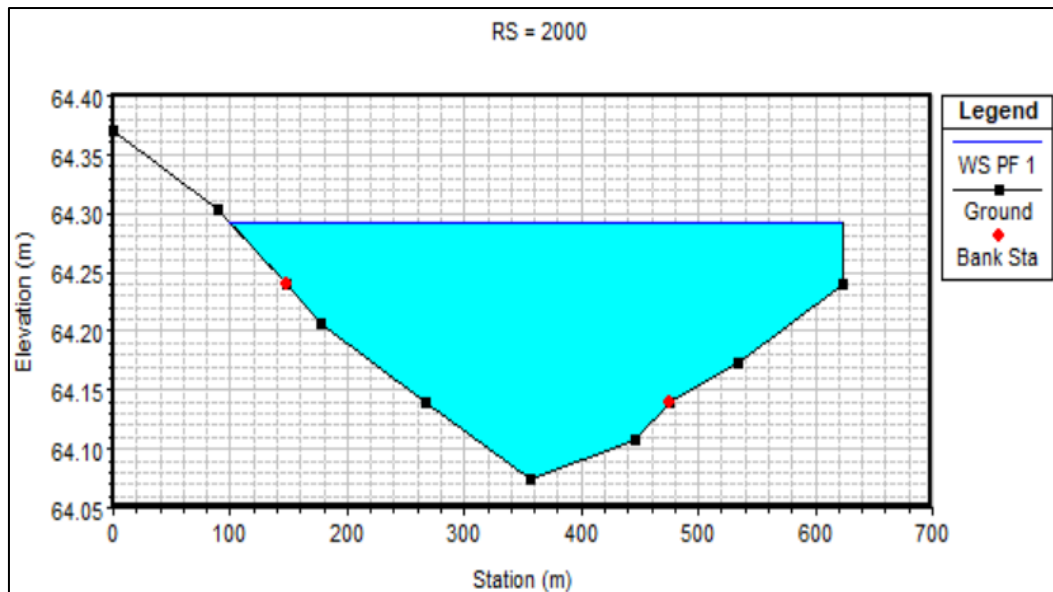


*Nota. Realizado en Hec-Ras.*

Sección transversal “XS 2000” (Fig. 131), muestra una columna máxima de agua sobre la cota natural del lado derecho, desbordándose y consiguiendo una inundación de 0.051m con respecto al eje del río. La Fig. 132 muestra la velocidad de la sección transversal donde el caudal máximo tiene una velocidad de 0.53 m/s.

**Figura 131**

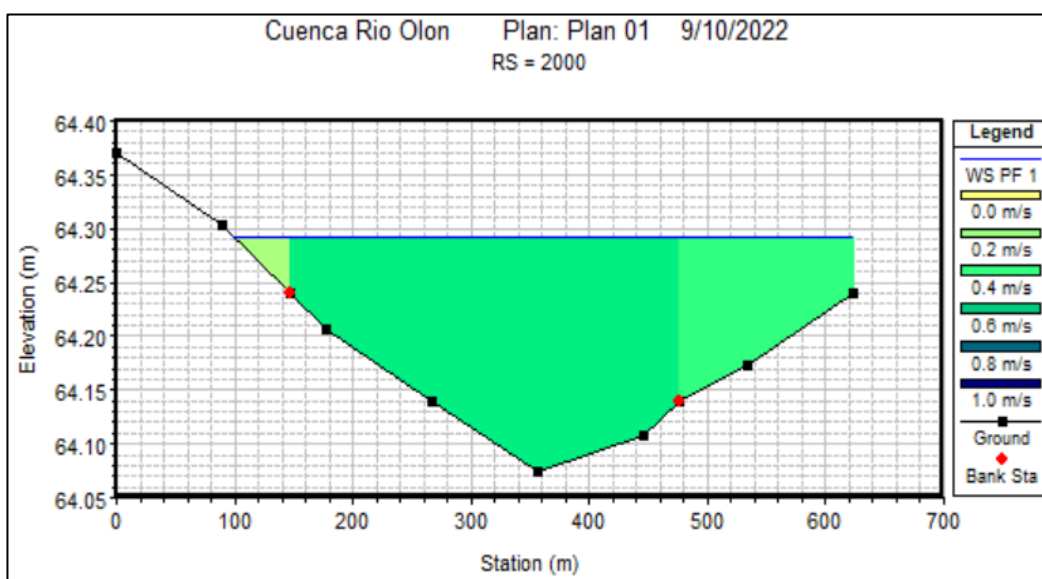
*Sección transversal de Dique XS 2000*



*Nota. Realizado en Hec-Ras.*

**Figura 132**

*Velocidad de la sección XS 2000*

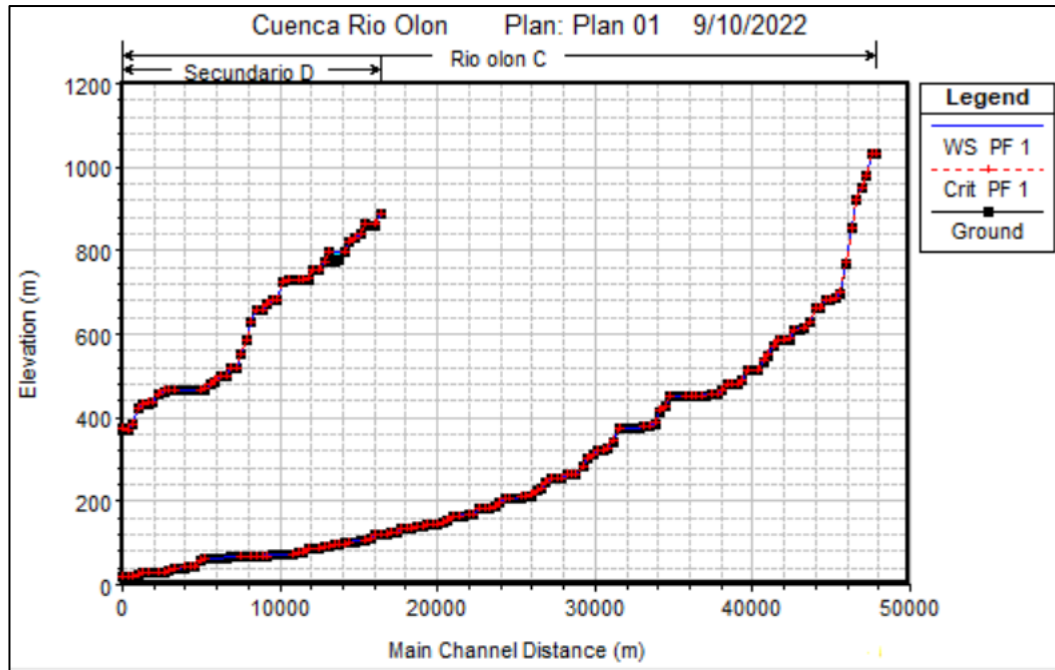


*Nota. Realizado en Hec-Ras.*

El perfil longitudinal en el que se representa la lámina de agua del río con un período de retorno de 50 años, se observa que las zonas de inundación presentadas son casi imperceptibles, donde no presenta un riesgo de inundación en ese tiempo simulado (Fig. 133).

**Figura 133**

*Lámina de agua Situación Futura 50 años*



*Nota.* Realizado en *Hec-Ras*.

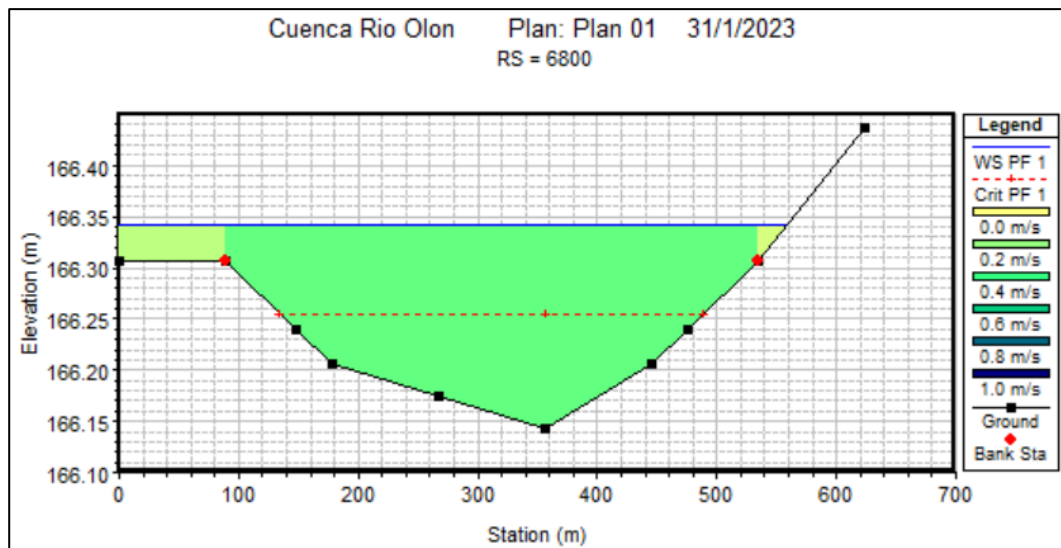
#### **4.4.7.7 Simulación escenario 1 - Método SCS.**

Los resultados de este escenario correspondiente a un período de retorno de 5 años, indican que el cauce fluye con normalidad, dando relevancia en el tramo donde se presenta la zona de inundación, consiguiendo como resultado que las inundaciones se da en los sectores donde la pendiente es menor. En la Fig. 134 se puede observar el perfil longitudinal del río Olón donde se visualiza la pendiente del cauce y los sectores que presentan inundación.



**Figura 136**

*Velocidad de la sección XS 6800*

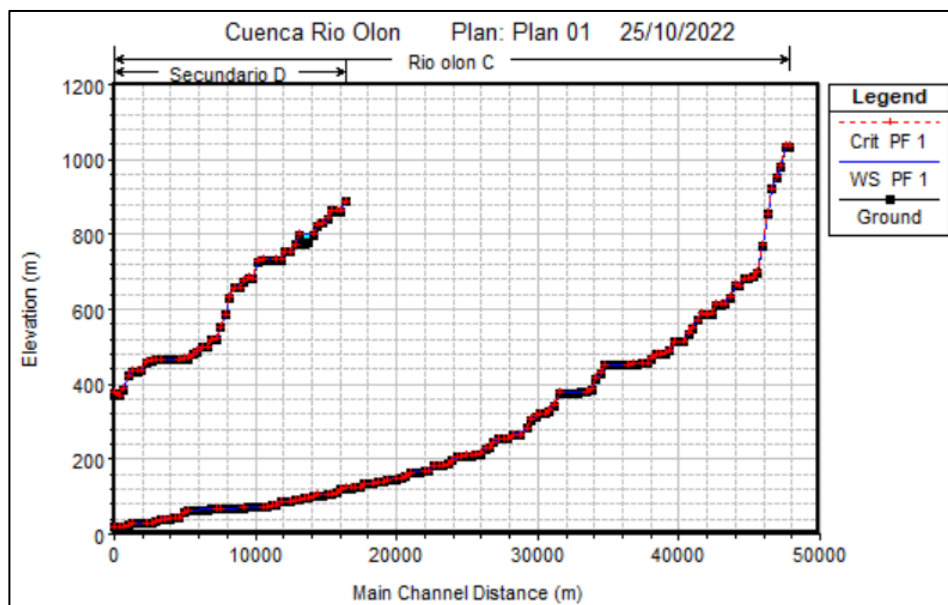


*Nota. Realizado en Hec-Ras.*

El perfil longitudinal en el que se representa la lámina de agua del río con un período de retorno de 5 años, se observa las zonas de inundación representadas de este caudal de diseño (Fig. 137).

**Figura 137**

*Lámina de agua Situación Futura 5 años*



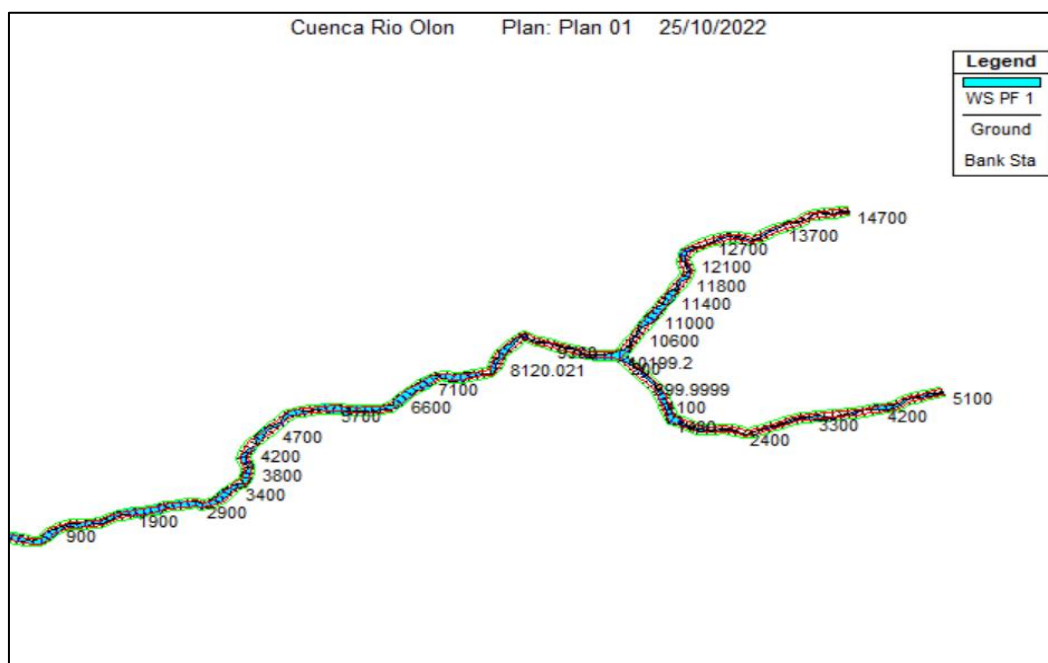
*Nota. Realizado en Hec-Ras.*

#### 4.4.7.8 Simulación escenario 2 - Método SCS.

Los resultados de este escenario correspondiente a un período de retorno de 10 años, indican que el cauce fluye con normalidad, dando relevancia en el tramo donde se presenta la zona de inundación, consiguiendo como resultado que las inundaciones se da en los sectores donde la pendiente es menor. En la Fig. 138 se puede observar el perfil longitudinal del río Olón donde se visualiza la pendiente del cauce y los sectores que presentan inundación.

**Figura 138**

*Perfil Longitudinal de la Llanura de Inundación*

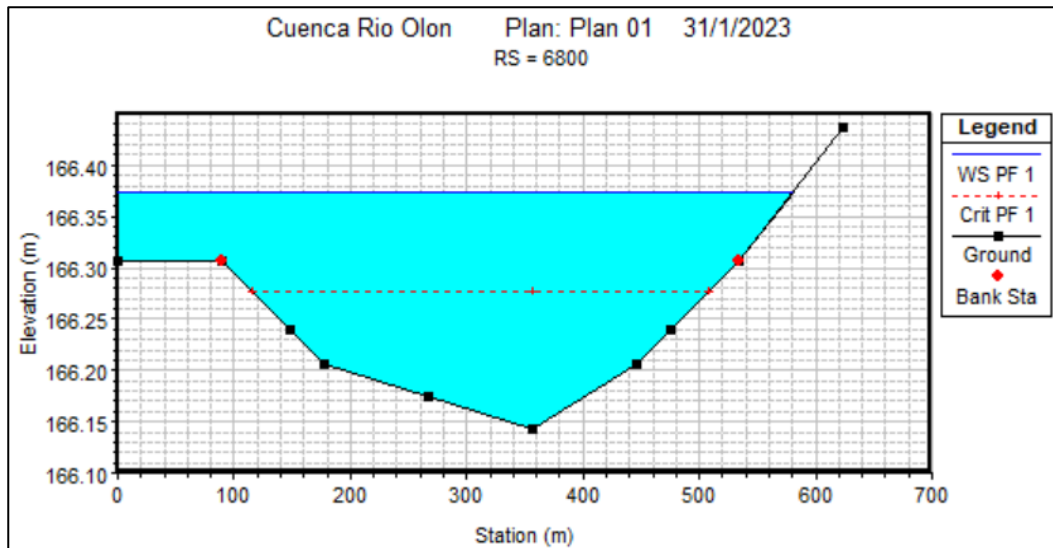


*Nota.* Realizado en *Hec-Ras*.

A continuación, la simulación muestra que la sección transversal “XS 6800” (Fig. 139), muestra una columna máxima de agua sobre la cota natural, desbordándose y consiguiendo una inundación de 0.06m con respecto al eje del río. La Fig. 140 muestra la velocidad de la sección transversal donde el caudal máximo tiene una velocidad de 0.36 m/s.

**Figura 139**

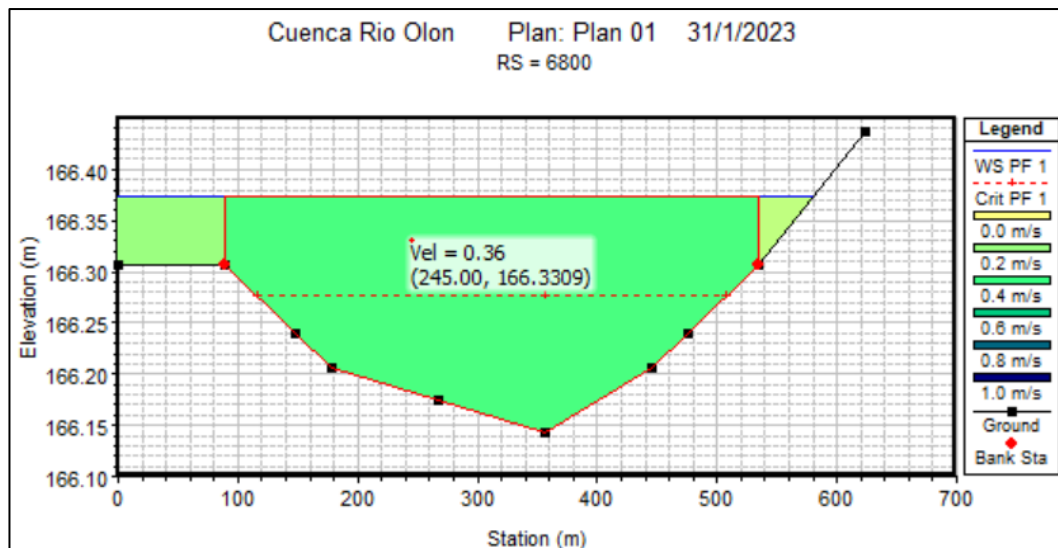
*Sección transversal de Dique XS 6800*



*Nota. Realizado en Hec-Ras.*

**Figura 140**

*Velocidad de la sección XS 6800*

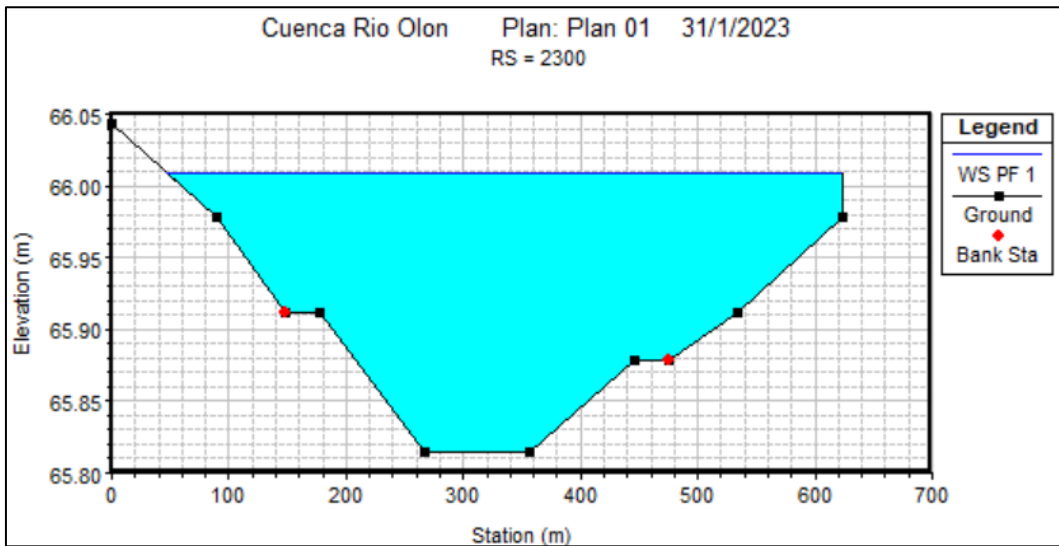


*Nota. Realizado en Hec-Ras.*

Sección transversal “XS 2300” (Fig. 141), muestra una columna máxima de agua sobre la cota natural, desbordándose y consiguiendo una inundación de 0.03m con respecto al eje del río. La Fig. 142 muestra la velocidad de la sección transversal donde el caudal máximo tiene una velocidad de 0.45 m/s.

**Figura 141**

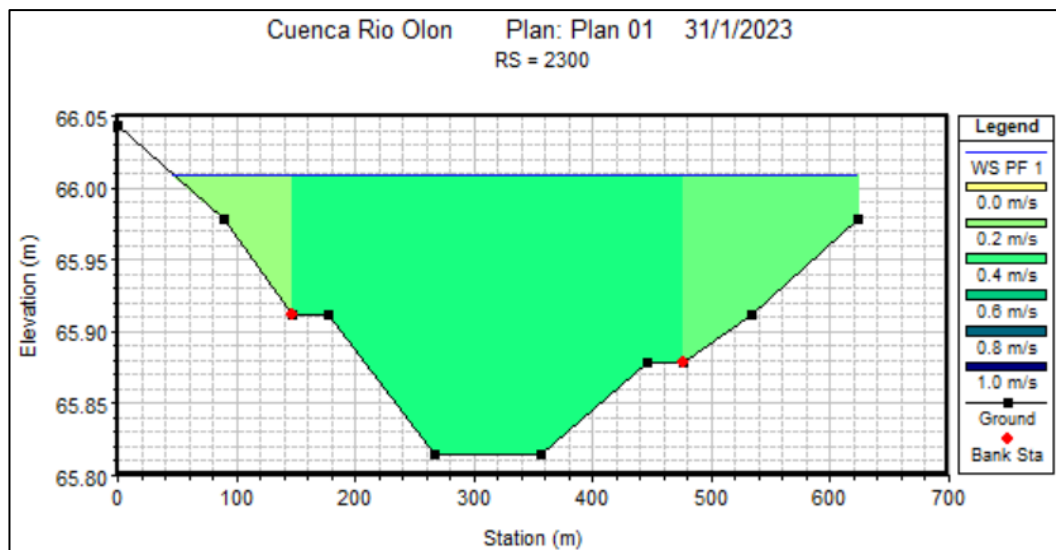
*Sección transversal de Dique XS 2300*



*Nota. Realizado en Hec-Ras.*

**Figura 142**

*Velocidad de la sección XS 2300*

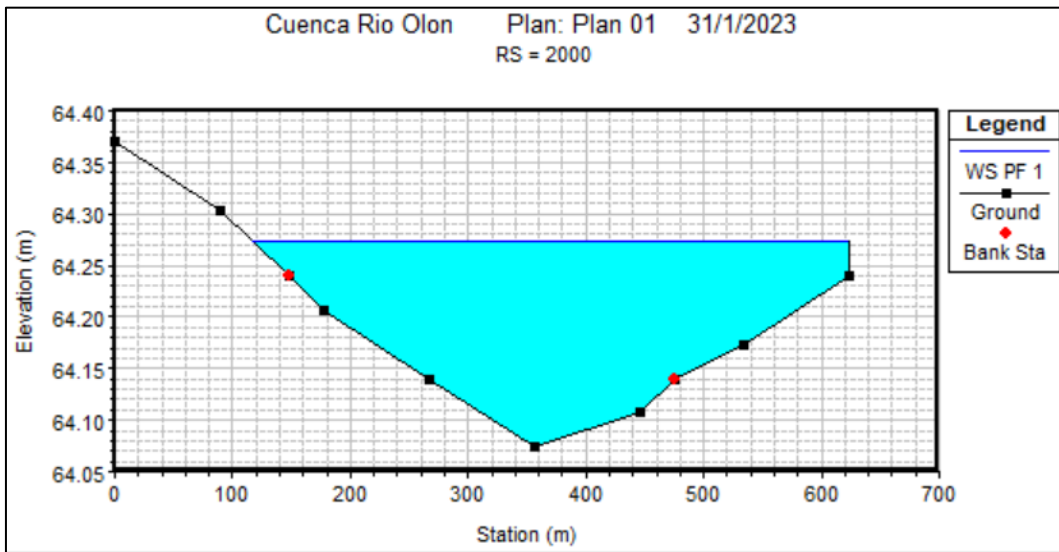


*Nota. Realizado en Hec-Ras.*

Sección transversal “XS 2000” (Fig. 143), muestra una columna máxima de agua sobre la cota natural del lado derecho, desbordándose y consiguiendo una inundación de 0.03m con respecto al eje del río. La Fig. 144 muestra la velocidad de la sección transversal donde el caudal máximo tiene una velocidad de 0.50 m/s.

**Figura 143**

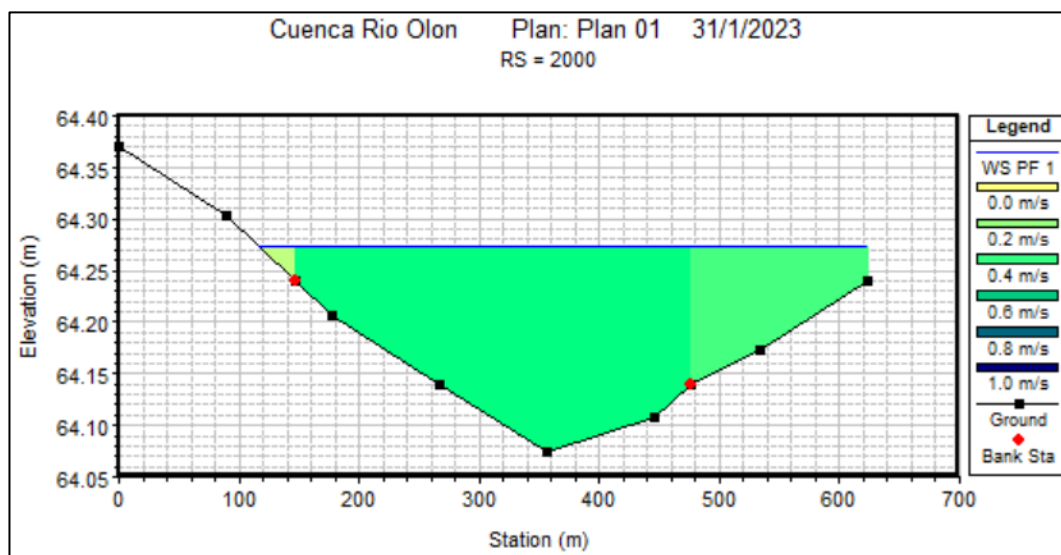
*Sección transversal de Dique XS 2000*



*Nota. Realizado en Hec-Ras.*

**Figura 144**

*Velocidad de la sección XS 2000*

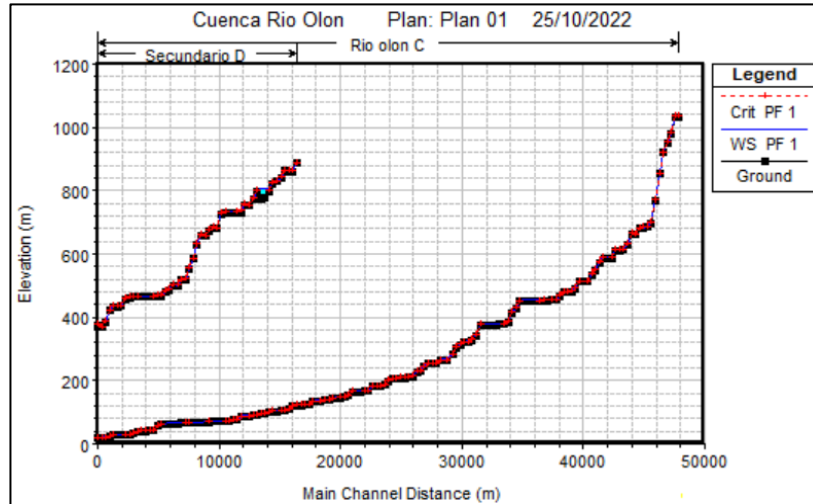


*Nota. Realizado en Hec-Ras.*

El perfil longitudinal en el que se representa la lámina de agua del río con un período de retorno de 10 años, se observa las zonas de inundación representadas de este caudal de diseño (Fig. 145).

**Figura 145**

*Lámina de agua Situación Futura 10 años*



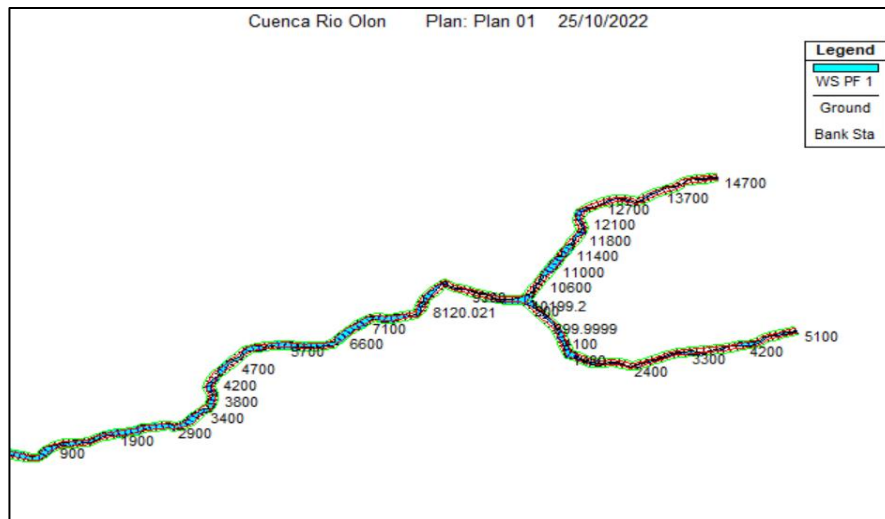
*Nota.* Realizado en *Hec-Ras*.

**4.4.7.9 Simulación escenario 3 - Método SCS.**

Los resultados de este escenario correspondiente a un período de retorno de 25 años, indican que el cauce fluye con normalidad, dando relevancia en el tramo donde se presenta la zona de inundación, consiguiendo como resultado que las inundaciones se da en los sectores donde la pendiente es menor. En la Fig. 146 se puede observar el perfil longitudinal del río Olón donde se visualiza la pendiente del cauce y los sectores que presentan inundación.

**Figura 146**

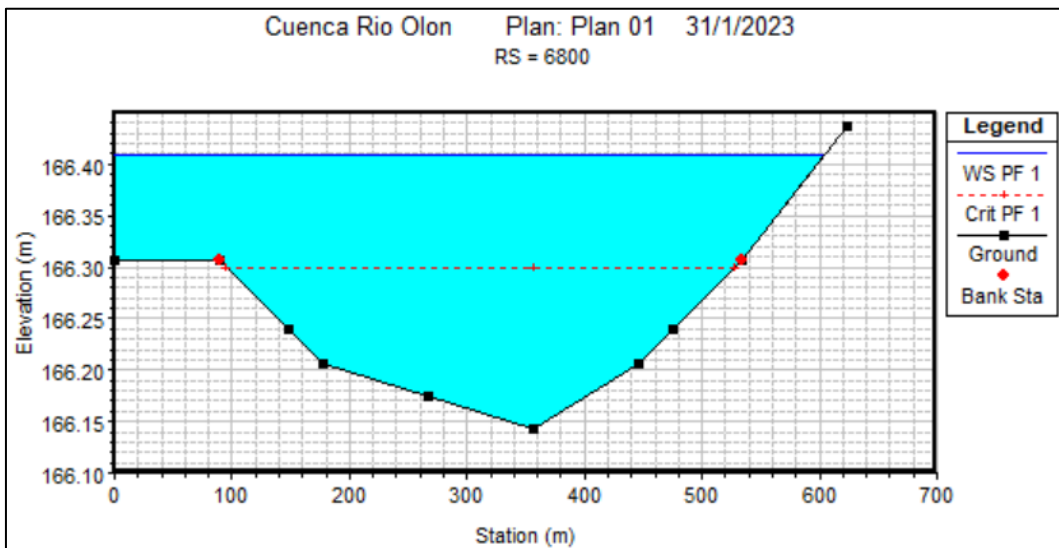
*Perfil Longitudinal de la Llanura de Inundación*



A continuación, la simulación muestra que la sección transversal “XS 6800” (Fig. 147), muestra una columna máxima de agua sobre la cota natural, desbordándose y consiguiendo una inundación de 0.10m con respecto al eje del río. La Fig. 148 muestra la velocidad de la sección transversal donde el caudal máximo tiene una velocidad de 0.41 m/s.

**Figura 147**

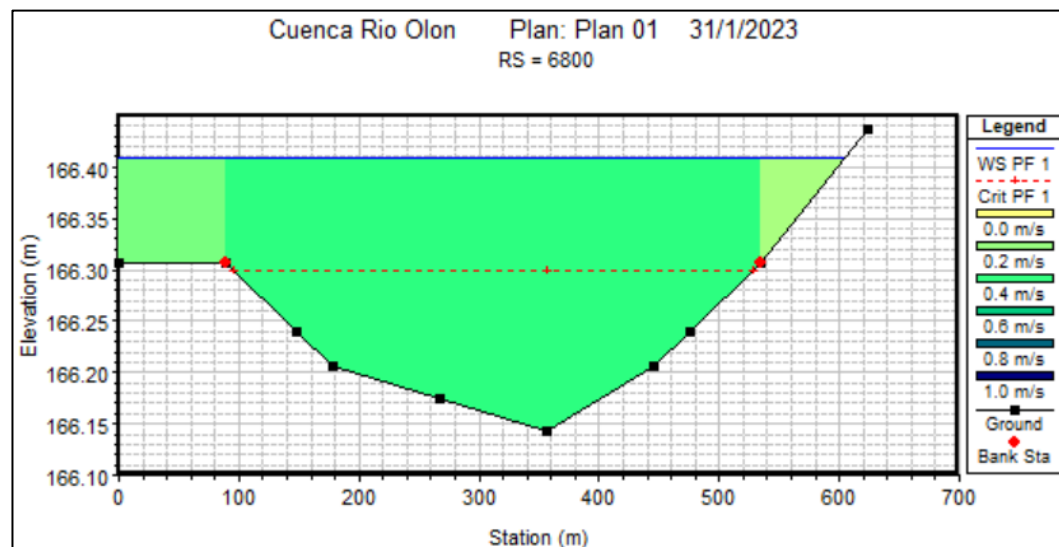
*Sección transversal de Dique XS 6800*



*Nota. Realizado en Hec-Ras.*

**Figura 148**

*Velocidad de la sección XS 6800*

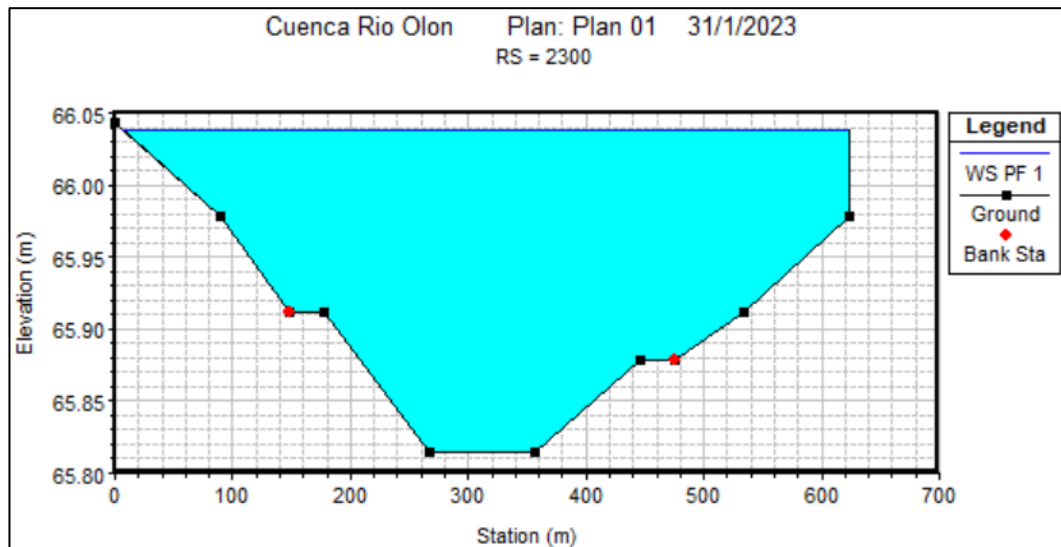


*Nota. Realizado en Hec-Ras.*

Sección transversal “XS 2300” (Fig. 149), muestra una columna máxima de agua sobre la cota natural del lado derecho, desbordándose y consiguiendo una inundación de 0.06 con respecto al eje del río. La Fig. 150 muestra la velocidad de la sección transversal donde el caudal máximo tiene una velocidad de 0.52 m/s.

**Figura 149**

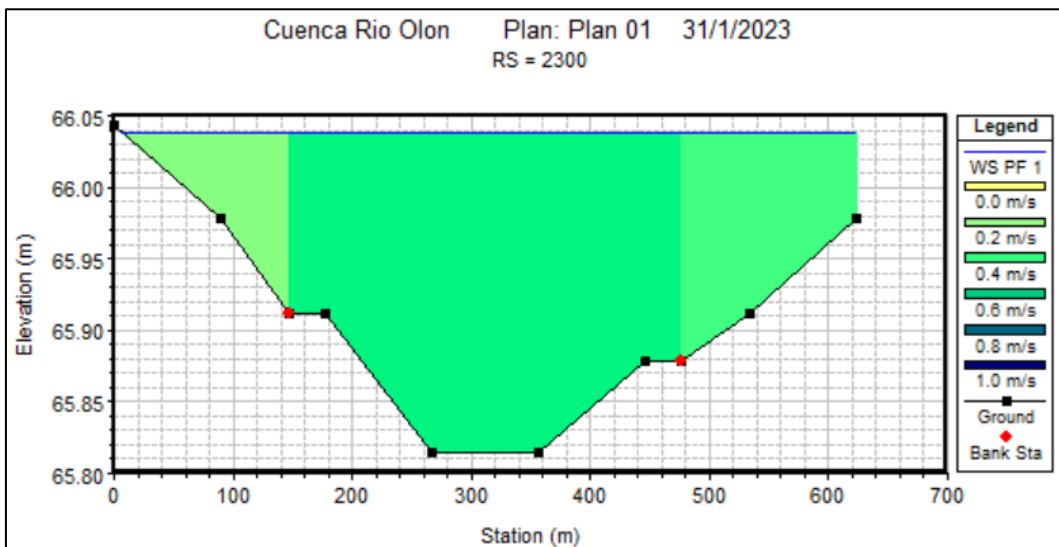
*Sección transversal de Dique XS 2300*



Nota. Realizado en Hec-Ras.

**Figura 150**

*Velocidad de la sección XS 2300*

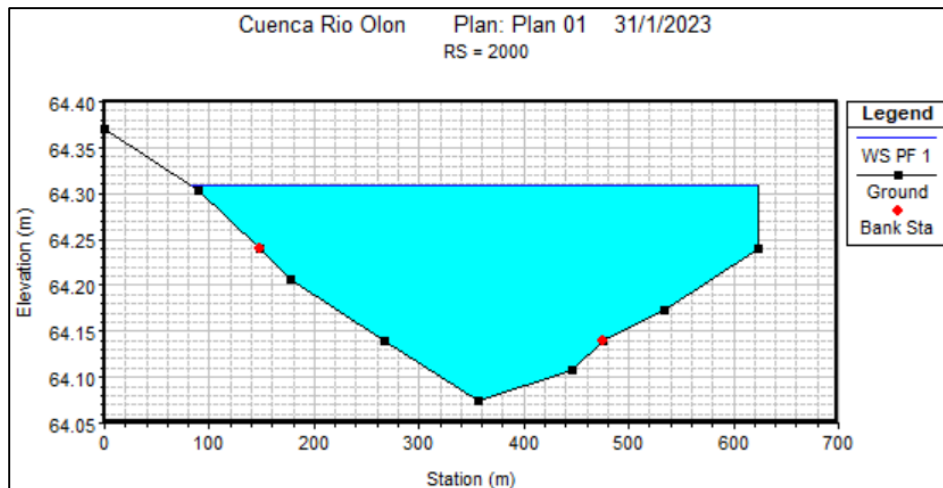


Nota. Realizado en Hec-Ras.

Sección transversal “XS 2000” (Fig. 151), muestra una columna máxima de agua sobre la cota natural del lado derecho, desbordándose y consiguiendo una inundación de 0.07m con respecto al eje del río. La Fig. 152 muestra la velocidad de la sección transversal donde el caudal máximo tiene una velocidad de 0.55 m/s.

**Figura 151**

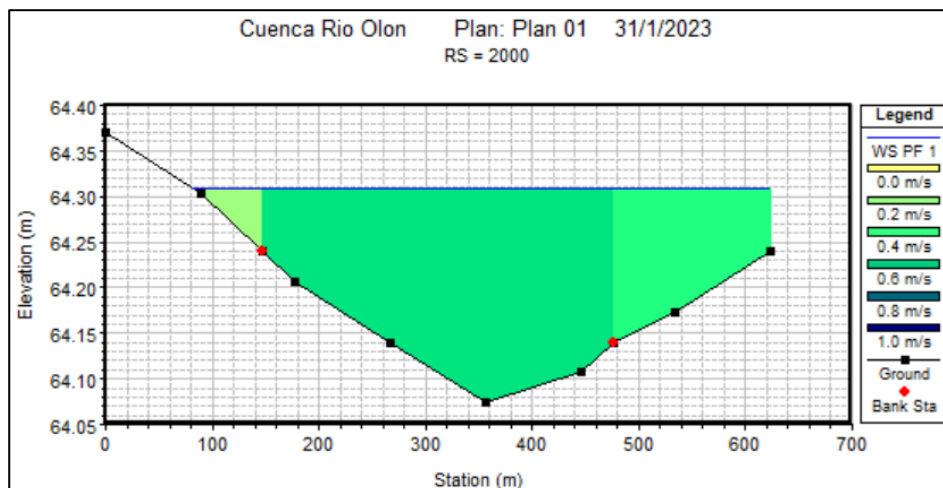
*Sección transversal de Dique XS 2000*



*Nota.* Realizado en *Hec-Ras*.

**Figura 152**

*Velocidad de la sección XS 2000*

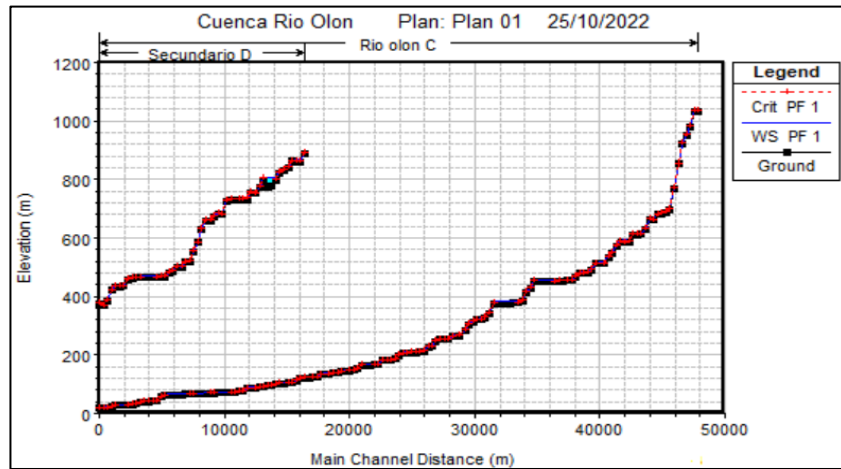


*Nota.* Realizado en *Hec-Ras*.

El perfil longitudinal en el que se representa la lámina de agua del río con un período de retorno de 25 años, se observa las zonas de inundación representadas de este caudal de diseño (Fig. 153).

**Figura 153**

*Lámina de agua Situación Futura 25 años*



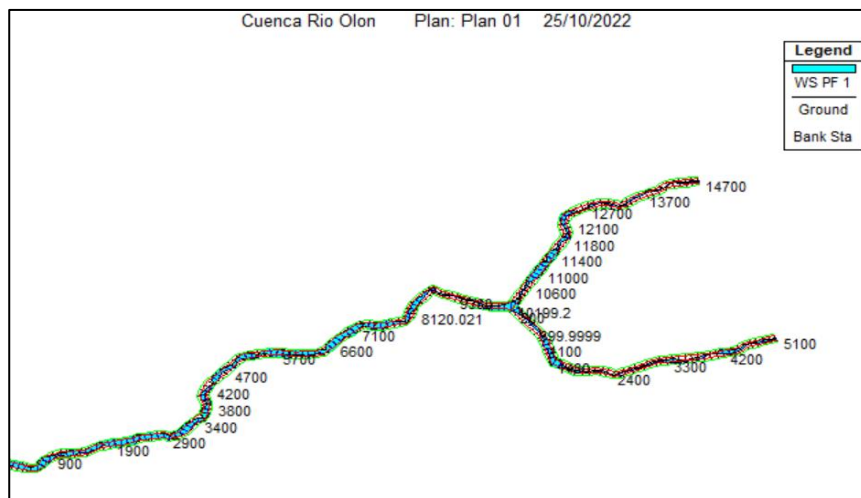
*Nota.* Realizado en *Hec-Ras*.

**4.4.7.10 Simulación escenario 4 - Método SCS.**

Los resultados de este escenario correspondiente a un período de retorno de 50 años, indican que el cauce fluye con normalidad, dando relevancia en el tramo donde se presenta la zona de inundación, consiguiendo como resultado que las inundaciones se da en los sectores donde la pendiente es menor. En la Fig. 154 se puede observar el perfil longitudinal del río Olón donde se visualiza la pendiente del cauce y los sectores que presentan inundación.

**Figura 154**

*Perfil Longitudinal de la Llanura de Inundación*

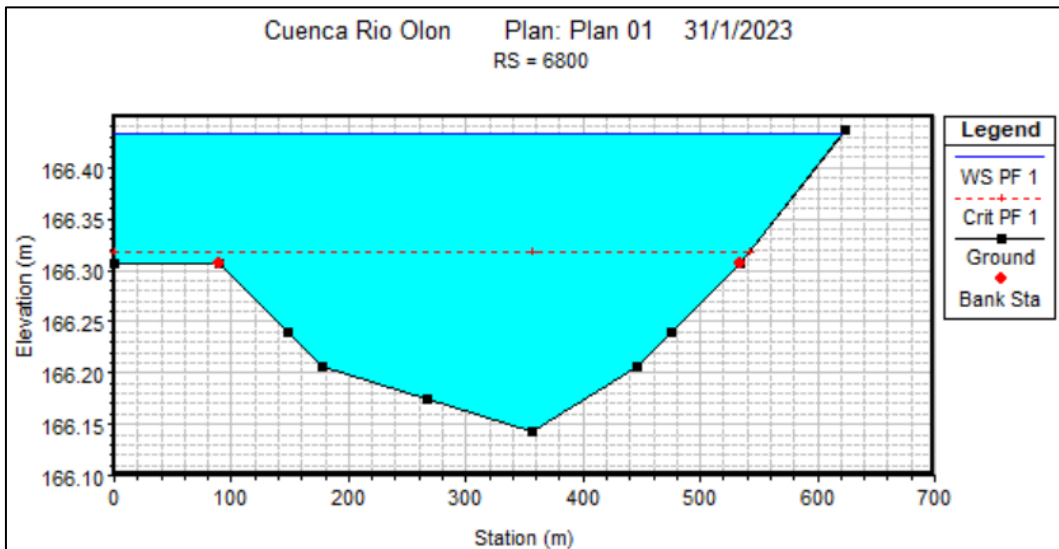


*Nota.* Realizado en *Hec-Ras*.

A continuación, la simulación muestra que la sección transversal “XS 6800” (Fig. 155), muestra una columna máxima de agua sobre la cota natural, desbordándose y consiguiendo una inundación de 0.12m con respecto al eje del río. La Fig. 156 muestra la velocidad de la sección transversal donde el caudal máximo tiene una velocidad 0.45 m/s.

**Figura 155**

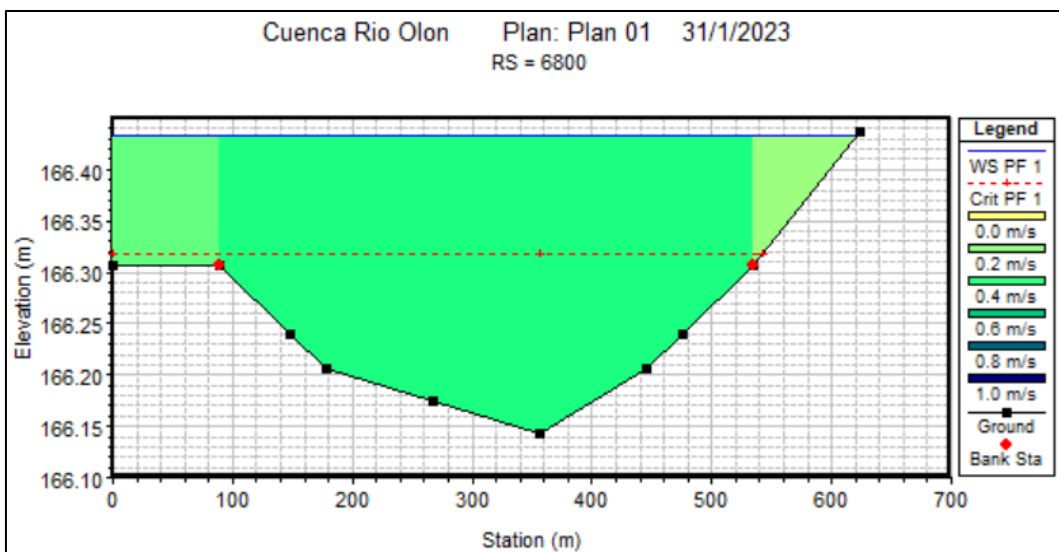
*Sección transversal de Dique XS 6800*



*Nota. Realizado en Hec-Ras.*

**Figura 156**

*Velocidad de la sección XS 6800*

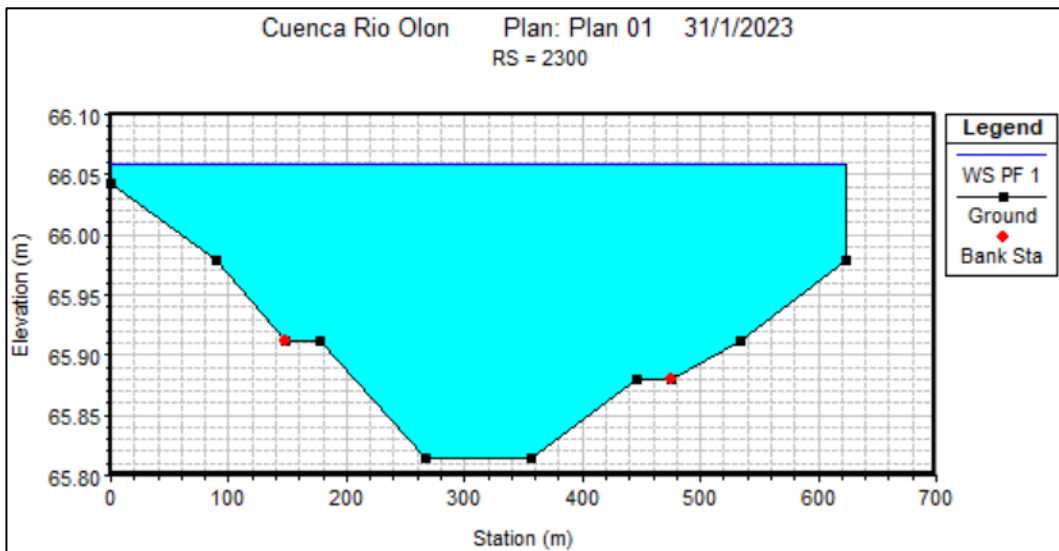


*Nota. Realizado en Hec-Ras.*

Sección transversal “XS 2300” (Fig. 157), muestra una columna máxima de agua sobre la cota natural, desbordándose y consiguiendo una inundación de 0.08 con respecto al eje del río. La Fig. 158 muestra la velocidad de la sección transversal donde el caudal máximo tiene una velocidad de 0.57 m/s.

**Figura 157**

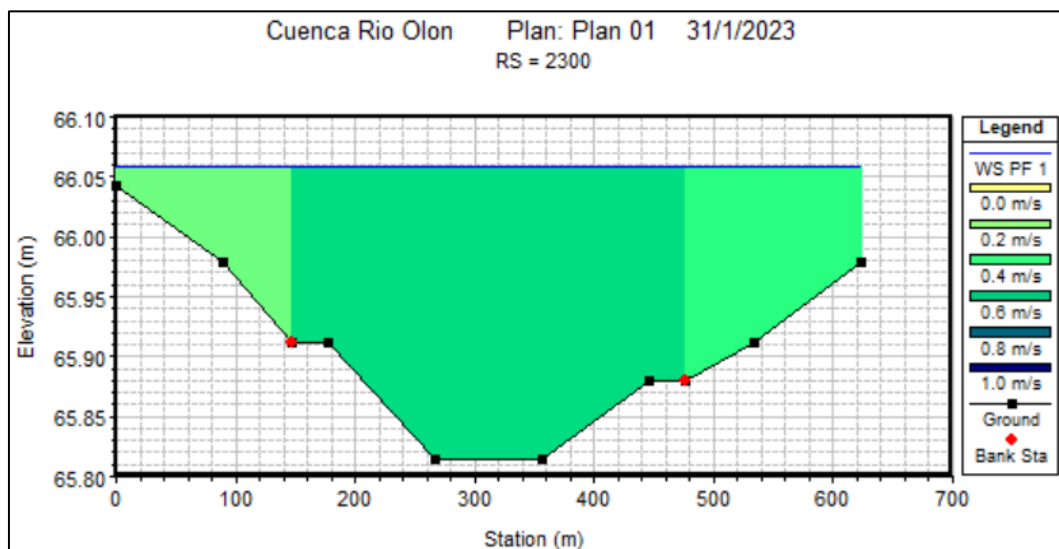
*Sección transversal de Dique XS 2300*



*Nota. Realizado en Hec-Ras.*

**Figura 158**

*Velocidad de la sección XS 2300*

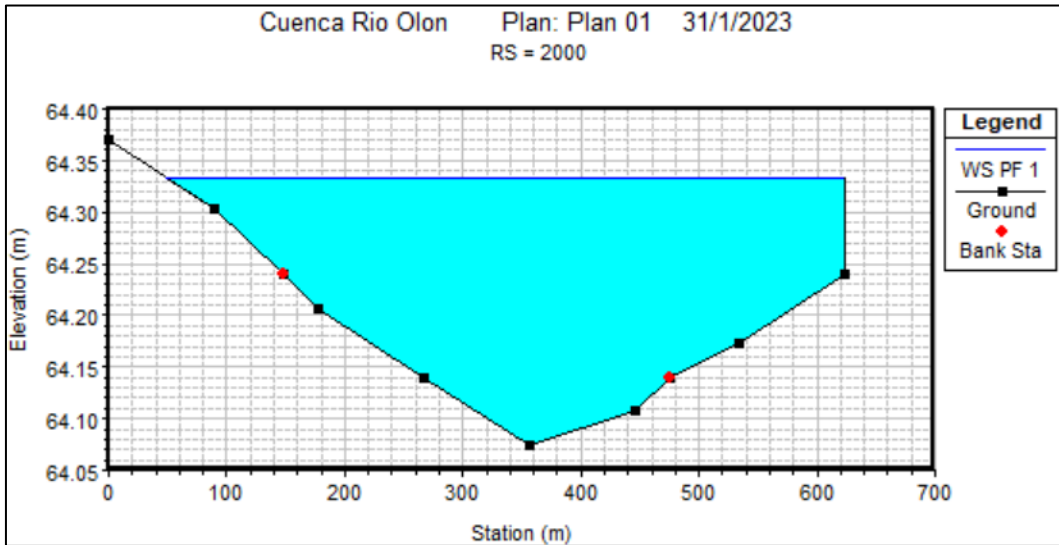


*Nota. Realizado en Hec-Ras.*

Sección transversal “XS 2000” (Fig. 159), muestra una columna máxima de agua sobre la cota natural del lado derecho, desbordándose y consiguiendo una inundación de 0.09m con respecto al eje del río. La Fig. 160 muestra la velocidad de la sección transversal donde el caudal máximo tiene una velocidad de 0.59 m/s.

**Figura 159**

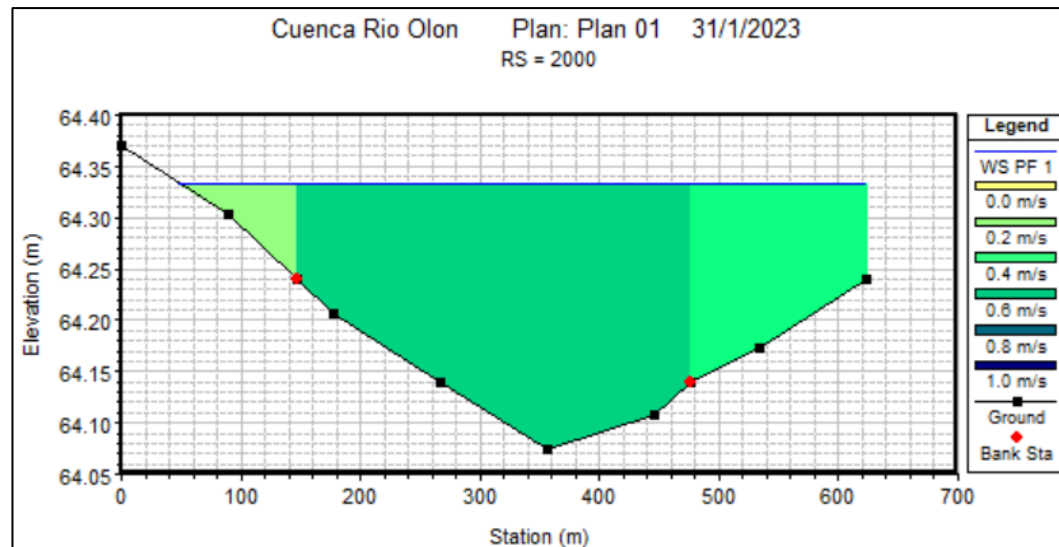
*Sección transversal de Dique XS 2000*



Nota. Realizado en Hec-Ras.

**Figura 160**

*Velocidad de la sección XS 2000*



Nota. Realizado en Hec-Ras.

El perfil longitudinal en el que se representa la lámina de agua del río con un período de retorno de 50 años, se observa las zonas de inundación representadas de este caudal de diseño (Fig. 161).

**Figura 161**

*Lámina de agua Situación Futura 50 años*



*Nota.* Realizado en *Hec-Ras*.

## 4.5 DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS

En la realización del estudio hidráulico de la cuenca del río Olón, en la elaboración de los mapas de inundación para los cuatro escenarios existentes con periodos de retornos de 5, 10, 25 y 50 años, se utilizaron dos métodos para su ejecución. El Método Racional donde hacemos uso de la expresión matemática de interagua, apoyada por los datos de la intensidad de lluvia para la realización del caudal de diseño, y el método SCS mediante el uso de la herramienta informática HEC-HMS 4.9 donde se requiere datos de la precipitación del sector el cual se va a simular para adquirir el caudal de la cuenca.

Según (Asaad et al., 2022) el uso de la herramienta informática HEC-HMS es recomendable para la determinación del caudal de estudio por medio de datos

climatológicos proporcionados por el sitio de la NASA y en la estimación de los riesgos de inundación y en la prevención de futuros desbordamientos en la zona de estudio.

En respuesta al análisis e interpretación de los resultados obtenidos con los dos métodos expuestos anteriormente, se constató que la diferencia obtenida es mínima, es decir, no existe mucha variación entre los caudales obtenidos; de tal modo que, el procedimiento más adecuado en la elaboración de un mapa de inundación es el método SCS ejecutando el uso del software HEC-HMS 4.9 por medio del uso de datos exactos de precipitaciones proporcionadas por una estación meteorológica, y el procedimiento recomendado ante la ausencia de datos meteorológicos, es el Método Racional, considerando que no se emplean datos de precipitaciones en su expresión matemática.

**Tabla 35**

*Cuadro comparativo de Caudales de Diseño - Método Racional y Método SCS*

CAUDAL									
Método Racional					Método SCS				
SUBCUENCAS	Area de la cuenca (ha)	Caudal de diseño (PT=5 años) (m3/s)	Caudal de diseño (PT=10 años) (m3/s)	Caudal de diseño (PT=25 años) (m3/s)	Caudal de diseño (PT=50 años) (m3/s)	Caudal de diseño (PT=5 años) (m3/s)	Caudal de diseño (PT=10 años) (m3/s)	Caudal de diseño (PT=25 años) (m3/s)	Caudal de diseño (PT=50 años) (m3/s)
1	439.0	33.0	38.5	45.9	51.7	28.4	41.7	60.1	74.5
2	87.4	8.0	9.3	11.0	12.4	5.6	8.3	11.9	14.8
3	410.3	26.3	30.8	36.9	41.8	26.5	38.9	56.1	69.6
4	719.2	46.7	54.7	65.6	74.1	46.4	68.3	98.4	122
5	276.0	21.9	25.6	30.4	34.2	17.8	26.2	37.8	46.8
6	752.9	42.1	49.7	60.1	68.2	46.3	68.4	99	123
7	219.2	20.0	23.3	27.7	31.2	14.1	20.8	30	37.2
8	111.2	10.6	12.4	14.7	16.5	7.2	10.5	15.2	18.8
9	234.0	19.7	23.0	27.4	30.9	15.1	22.2	32	39.7
10	131.8	11.9	13.9	16.5	18.6	8.5	12.5	18.1	22.4
11	637.7	43.2	50.8	61.2	69.4	41.2	60.6	87.3	108.2
12	157.1	16.2	18.9	22.5	25.2	10.1	14.9	21.5	26.6
13	123.5	8.6	10.1	12.1	13.7	8.0	11.8	17	21
14	259.8	20.7	24.2	28.9	32.6	16.8	24.7	35.6	44.1
15	154.4	11.4	13.4	16.1	18.2	9.9	14.6	21.1	26.1
16	174.7	14.1	16.5	19.7	22.2	11.3	16.6	24	29.7
17	154.2	12.3	14.4	17.2	19.4	9.9	14.6	21.1	26.1
18	480.5	36.9	43.2	51.7	58.4	31.1	45.7	65.9	81.6
19	91.7	7.8	9.1	10.9	12.2	5.9	8.7	12.6	15.6

*Nota.* Realizado en Excel.

# **CAPITULO V: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

## **5.1 CONCLUSIONES**

Del objetivo general planteado, se concluye que el estudio realizado permitió la estimación de los caudales de diseño con diferentes periodos de retorno de 5, 10, 25 y 50 años, así como la determinación del caudal directo de las subcuencas de la cuenca del río Olón, lo que llevó a establecer las zonas de inundación a lo largo del cauce con las herramientas HEC-RAS y QGIS.

Del primer objetivo específico se concluye que las herramientas satelitales junto con los sistemas de información geográfica, llevaron a la definición de los límites de la cuenca y las subcuencas presentes, la red hídrica y la topografía de esta zona. Esta información es importante y relevante, dado que es la base de todo estudio hídrico.

Del segundo objetivo específico se estimaron diferentes caudales de diseño de la cuenca del río Olón, calculados con el Método Racional, consiguiendo  $Q_1=21.65 \text{ m}^3/\text{s}$ ,  $Q_2=25.36 \text{ m}^3/\text{s}$ ,  $Q_3=30.34 \text{ m}^3/\text{s}$  y  $Q_4=34.25 \text{ m}^3/\text{s}$ , para periodos de retorno de 5, 10, 25 y 50 años respectivamente.

Del tercer objetivo específico se concluye que las simulaciones hidráulicas realizadas con el Método Racional, consiguieron para los cuatro escenarios que las posibles zonas de inundación a lo largo del cauce se dieran en determinados sitios de la cuenca media y baja, destacando que el mayor desbordamiento se da en la sección de la cuenca media “XS 6800” de los cuatro escenarios propuestos, detallando las variaciones de la altura de inundación, en el escenario 1 - presenta un desbordamiento de 0.04m, en el escenario 2 – exhibe un crecimiento de 0.055m, en el escenario 3 – manifiesta un rebosamiento de 0.07m y en el escenario 4 – expone una crecida de 0.08m.

En contraste, las simulaciones realizadas con el Método SCS, se alcanzaron para los cuatro escenarios desbordes considerables en diferentes sectores del cauce, principalmente en algunos sectores de la cuenca media y baja, destacando que el mayor desbordamiento también se da en la sección de la cuenca baja “XS 6800” de los cuatro escenarios propuestos, detallando las variaciones de la altura de inundación, en el escenario 1 - presenta un desbordamiento de 0.04m, en el escenario 2 – exhibe un crecimiento de 0.06m, en el escenario 3 – manifiesta un rebosamiento de 0.10m y en el escenario 4 – expone una crecida de 0.12m.

Concluyendo, con el Método Racional, para el análisis del caudal de la cuenca del río Olón, se obtuvo su mayor desbordamiento de 0.08m de altura en la cuenca media, derivado del escenario 4 con un periodo de retorno de 50 años. Con el Método SCS, usado para la simulación las precipitaciones ocurridas en la cuenca del río Olón, obteniendo su mayor rebosamiento de 0.12m de altura en la cuenca media, derivado del escenario 4 con un periodo de retorno de 50 años. Deduciendo de los dos métodos realizados el caudal de la cuenca del río Olón en los periodos de retorno de 5, 10, 25 y 50 años no presenta riesgos de inundación altos en los sectores poblados.

## **5.2 RECOMENDACIONES**

Se sugiere realizar una topografía con mayor detalle, a menor escala, sobre la cuenca del río Olón, para obtener mejores resultados al momento de hacer un análisis sobre su terreno y su caudal.

Se recomienda la implementación de una estación meteorológica para obtener datos exactos de precipitaciones de la cuenca de estudio, para alcanzar resultados con mayor precisión para la prevención de inundaciones.

Actualizar el presente modelo, para los dos métodos, considerando los efectos del cambio climático, principalmente en precipitación y evapotranspiración.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Agudelo, V. L., & Aigner, A. J. (2008). Diseños de Investigación Experimental y No-Experimental. (18), 1–46. <https://hdl.handle.net/10495/2622>
- Aguirre, N. M. (Agosto de 2007). Manual para el Manejo Sustentable de Cuenca Hidrográficas. Universidad Nacional de Loja. [https://d1wqtxts1xzle7.cloudfront.net/52205935/Manual\\_Manejo\\_Cuencas\\_2007a-with-cover-page-v2.pdf?Expires=1648461363&Signature=hFsHHehY2fmUI4ULmy8dsC0bMeqLiFXlyGDfDiF110xxInlAS7FiRBUioTAgJXNdyed1UIIqEyfvRmgzr7dXKnlYRDPnXp8DmTUmrN1FIB9Rf8TFxadl7kJVej2Du9N](https://d1wqtxts1xzle7.cloudfront.net/52205935/Manual_Manejo_Cuencas_2007a-with-cover-page-v2.pdf?Expires=1648461363&Signature=hFsHHehY2fmUI4ULmy8dsC0bMeqLiFXlyGDfDiF110xxInlAS7FiRBUioTAgJXNdyed1UIIqEyfvRmgzr7dXKnlYRDPnXp8DmTUmrN1FIB9Rf8TFxadl7kJVej2Du9N)
- Andrade, E. E. (2011). Conceptos Básicos del Hidrograma Unitario. civilweeks.com: <https://civilgeeks.com/2011/09/23/conceptos-basicos-del-hidrograma-unitario/>
- Aparicio, F. J. (1989). Fundamentos de Hidrología de Superficie (Primera Edición ed.). México: Grupo Noriega Editores. <https://www.academia.edu/8254237>
- Arias, M., Quijano, D., Rodríguez, M., Obando, V., Homero, R., Quirumbay, D., Serrano, z., & Orrala, W. (2015). Plan De Desarrollo Y Ordenamiento Territorial De La Parroquia Rural Manglaralto 2014-2019. Santa Elena: Gobierno Autónomo Descentralizado De La Parroquia Rural Manglaralto. [https://app.sni.gob.ec/sni-link/sni/PORTAL\\_SNI/data\\_sigad\\_plus/sigadplusdocumentofinal/0968538230001\\_Actualizaci%C3%B3n%20PDYOT%202014-2019%20Parroquia%20Manglaralto\\_26-10-2015\\_06-41-43.pdf](https://app.sni.gob.ec/sni-link/sni/PORTAL_SNI/data_sigad_plus/sigadplusdocumentofinal/0968538230001_Actualizaci%C3%B3n%20PDYOT%202014-2019%20Parroquia%20Manglaralto_26-10-2015_06-41-43.pdf)
- Asaad, A. M.-H., & Shuhab Khan, K. N. (2022). Flood Analysis Using HEC-RAS and HEC-HMS: A Case Study of Khazir River (Middle East—Northern Iraq). *Water*, 14(22). <https://doi.org/https://doi.org/10.3390/w14223779>
- Ayuso, J., Montesinos, P., & Peña, A. (1994). Estimación del Hidrograma Unitario. Estudio de Cuatro Metodos Lineales. *Ingeniería del Agua*. Vol. 1 Num. 2. Universidad de Córdoba, 1(2), 21-32. <https://doi.org/https://doi.org/10.4995/ia.1994.2635>
- Baque, J., & Barzola, L. (2021). Estudio de transporte de Sedimentos en el Cauce de un río cuenca Manglaralto En La Comuna Manglaralto, Cantón Santa Elena, Provincia De Santa Elena. <https://repositorio.upse.edu.ec/handle/46000/6501>
- Basile, P. A. (2018). Transporte de Sedimentos Y Morfodinámica de Ríos Fluviales. Argentina: Editorial de la Universidad Nacional de Rosario. <http://hdl.handle.net/2133/10738>

- Bateman, A. (2007). Hidrología Básica y Aplicada. Grupo de Investigación en Transporte de Sedimentos. <https://www.academia.edu/30406581>
- Bejár, M. ., (2004). Hidrología (Primera Edición ed.). Cartago - Costa Rica: Instituto Técnico de Costa Rica. <https://books.google.es/books?hl=es&lr=&id=-JjGDwAAQBAJ&oi=fnd&pg=PP1&dq=Hidrolog%C3%ADa.+Instituto+T%C3%A9cnico+de+Costa+Rica&ots=IiJluQkb63&sig=B7zY0EyPp4NShNdbpoiYS4OSRZ0#v=onepage&q=Hidrolog%C3%ADa.%20Instituto%20T%C3%A9cnico%20de%20Costa%20Rica&f=fal>
- Benítez, C., Arias, W., & Quiroz, J. (1980). Manual de Conservación de Suelos y Aguas. Lima - Perú: Ministerio de Agricultura y Alimentación.
- Brito, J. (2019). Comparación de las Predicciones de Dos Modelos Hidrológicos Distribuidos Simulando una Cuenca de Tamaño Medio. Cuenca: Universidad de Cuenca. <http://dspace.ucuenca.edu.ec/handle/123456789/32155>
- Cardoso, J., & Manzur, A. (2015). Velocidad de Evaporación del Agua. Revista Mexicana De Física 61, 61(1), 31-34. <https://www.scielo.org.mx/pdf/rmfe/v61n1/v61n1a7>
- Castillo, M. A., Córdova, S. J., Domínguez, B. E., García Diaz, A. L., Gutiérrez Martínez, I., Gutiérrez Romero, P., López Escobar, J. A., Marín Rodríguez, C., Márquez Jiménez, M. Á., & M. (2005). Hidrología Aplicada a Ingeniería de Ríos. Instituto Politecnico Nacional. <http://tesis.ipn.mx:8080/xmlui/handle/123456789/3448>
- Catuto, Q. M. (2020). Modelación Hidrológica del Río Manglaralto para la Generación de Mapas de Inundación de la Parroquia Manglaralto Provincia de Santa Elena. <https://repositorio.upse.edu.ec/handle/46000/5265>
- Cauas, D. (2015). Definición de las Variables, Enfoque y Tipo de Investigación. (2, Ed.) Universidad Nacional de Colombia.
- Chahín, R. E. (2017). Comparación de los Métodos: Bloques Alternos e Hietograma Histórico para la Selección de Tormentas de Diseño, Cuenca del río Chiquito, Tegucigalpa, Honduras. Agua, Saneamiento & Ambiente, Vol. 12, 12(1), 34-42. <https://revistas.usac.edu.gt/index.php/asa/article/view/1427>
- Chaithong, T. (2022). Flash Flood Susceptibility Assessment Based on Morphometric Aspects and Hydrological Approaches in the Pai River Basin, Mae Hong Son, Thailand. Water, 14(19). <https://doi.org/https://doi.org/10.3390/w14193174>
- Chow, V. T., Maidment, D. R., & Mays, L. W. (1994). Handbook of Applied Hydrology. New York: McGraw-Hill.

- Corporariño. (2010). Plan de Acción para la Atención de la Emergencia y la Mitigación de sus Efectos- PAAEME, Temporada Invernal. Corporación Autónoma Regional de Nariño.
- De Barrera, J. H. (2010). Metodología de la Investigación: Guía para la Comprensión Holística de la Ciencia. Quirón Ediciones.
- Duran, E. A. (2006). Marco Metodológico para la Modelación Hidráulica e Hidrológica de Crecientes en Ríos. Caso Bogotá, El Espino- Alicachin. Bogotá: Universidad De Los Andes.
- Encalada, J. J., & Richard, R. D. (2010). Implementacion Del Modelo Hidraulico Hec Georas En La Modelacion Hidraulica Del Sistema Para E Control De Inundaciones De Los Rios Cañar Y Bulubulu. Cuenca: Universidad de Cuenca.
- Espinoza, H. (1989). Estudio Hidrológico Preliminar De Las Cuencas Hidrográficas De La Provincia Vallegrande Santa Cruz, Bolivia. Vallegrande: Cordecruz.
- F. Montalvan, P. C.-S. (Octubre de 2008). Caracterización Geoeléctrica del Acuífero de la Cuenca del Río Olón para Propuesta de Plan Explotación. Revista Tecnológica - ESPOL, 21(1).: [www.rte.espol.edu.ec/index.php/tecnologica/article/view/135](http://www.rte.espol.edu.ec/index.php/tecnologica/article/view/135)
- F. Román, J. S. (2005). Apuntes de Hidrologia e Hidraulica. Dpto. Geología--Univ. Salamanca (España). <http://web.usal.es/javisan/hidro>
- Fernández, R. (2006). Mejora de los Parámetros de Cálculo del Modelo del Número de Curva y su Validación Mediante un Modelo Hidrológico Distribuido. Universidad de Huelva. Departamento de Ciencias Agroforestales: <http://rabida.uhu.es/dspace/handle/10272/2723?show=full>
- Gálvez, D. J. (2011). Contribuyendo al Desarrollo de una Cultura del Agua y la Gestión Integral de Recurso Hídrico. Cartilla Técnica - Ciclo Hidrológico. Lima – Perú: Foro Peruano para el Agua - GWP Perú.
- García, C. C. (1999). Cambio Ambiental y Equilibrio Dinámico de los Cauces. Revista Papeles de Geografía(30), 31-46. <https://revistas.um.es/geografia/article/view/47521>
- García, F. O. (2017). Determinación Experimental del Balance Hídrico y Análisis de las Relaciones Precipitación y Escorrentía de la Microcuenca del Río Blanco-Provincia de Santo Domingo de los Tsáchilas. Quito: Universidad Politécnica Salesiana. <https://dspace.ups.edu.ec/handle/123456789/14480>
- Gómez, A. J., Villasís-Keever, M. Á., & Novales, M. G. (2016). El protocolo de investigación III: la población de estudio. Colegio Mexicano de Inmunología Clínica y Alergia, A.C., 63(2), 201-206.
- Gómez, C., Girón, J. A., & Recalde, A. (2004). Manual de Manejo de Cuencas (Segunda Edición ed.). El Salvador: Visión Mundial El Salvador.

<https://www.actswithscience.com/Descargas/manual%20de%20manejo%20de%20cuencas.pdf>

- Gómez, H. (2022). Curso Virtual de Modelación Hidrológica con HEC HMS 4.9. Hydro Ingenieros: <https://rhydroingenieros.com/cursosdiplomado/curso-virtual-de-modelacin-hidrolgica-con-hec-hms-2022>
- Gutiérrez, C. C. (2014). Hidrología Básica y Aplicada. Quito - Ecuador: Universidad Politécnica Salesiana Abya-Yala. <https://dspace.ups.edu.ec/handle/123456789/6758>
- Hernández, S. R. (2017). Selección de la Muestra. (R. F.-C.-L. Hernández-Sampieri, Ed.) Metodología de la Investigación(8), 170-191.
- Hurtado, J. P., & Juan S. Acero Triana, E. E.-S.-P. (2020). Flood Hazard Assessment in Data-Scarce Watersheds Using Model Coupling, Event Sampling, and Survey Data. Water. <https://doi.org/https://doi.org/10.3390/w12102768>
- Ibañez Asensio, S., Moreno Ramón, H., & Gisbert Blanquer, J. M. (2011). Morfología de las cuencas. Escuela técnica Superior de Ingeniería. <http://hdl.handle.net/10251/10782>
- Ingeniería de Obras Públicas, C. G. (2018). Ciclo Hidrologico.
- Instituto de Hidrologia, Meteorologia y Estudios Ambientales. (2007). Medición del Caudal.
- Kobus, H., Plate, E., Wen Shen, H., & Szöllösi, A. (1994). Education of Hydraulic Engineers vol1, num3. Hydraulic Research for the International Association of Hydraulic Research -IAHR-.
- Latacunga, C. A., & Ushiña, P. V. (2014). Formas del Lecho y Resistencia al Movimiento en Cursos. Quito: Universidad Central Del Ecuador. <http://www.dspace.uce.edu.ec/handle/25000/2531>
- Lohman, S. W. (1972). Ground-Water Hydraulics. United States Government Printing Office Washington.
- Lombaida, Z. I. (2020). Caracterización Morfométrica y Estudio Hidrológico de La Microcuenca del Río San Francisco, Cantón Gualaceo. Universidad Politecnica Saleciana. <http://dspace.ups.edu.ec/handle/123456789/18364>
- López, C. N., Nova Gonzales, J. G., Guzman Zanabria, R., & Caro Vargas, F. M. (1997). Manual Técnico Para el Manejo Integral de Cuencas Hidrográficas (Segunda Edición ed.). Servicio Nacional de Aprendizaje, SENA. <https://repositorio.sena.edu.co/handle/11404/1559>
- López, P. L. (2004). Población, Muestra y Muestreo. Punto Cero, 9(08), 69-74.
- Lozano, A. R. (2017). Hidrología del Término Municipal de Tarifa.
- Mateus, M. A., & Vallejo, T. C. (2019). La Vulnerabilidad Física frente a Inundaciones del Río Puyo en el Sector la Isla: Cantón Pastaza-Provincia de

- Pastaza. Quito: Universidad Central del Ecuador.  
<http://www.dspace.uce.edu.ec/handle/25000/17879>
- Medina, G. A. (23 de Julio de 2003). Geocities.  
<http://www.geocities.ws/gsilvam/cauces.htm>
- Mira, J. R. (2011). Procesos hídricos superficiales.
- Miranda, J. P., Mosquera, J. A., & Céspedes, J. M. (2016). Índices de Calidad en Cuerpos de Agua Superficiales en la Planificación de los Recursos Hídricos. *Revista Logos, Ciencia & Tecnología*, 8(1), 12.  
<https://doi.org/https://doi.org/10.22335/rlct.v8i1.306>
- Mogollón, D., & Sánchez, E. (2018). Análisis de Estabilidad de Cauces en ríos de montaña empleando el método químico. *Revista Ciencias e Ingeniería*, 39(3), 15.  
<https://www.redalyc.org/journal/5075/507557607002/507557607002>
- Monsalve, S. G. (1999). *Hidrología en la Ingeniería (2(9°REIMP.) ed.)*. Alfaomega.  
<http://dspace.scz.ucb.edu.bo/dspace/handle/123456789/22855>
- Montalvan, & Yanqui, R. O. (2019). Incidencia Del Balance Hídrico De La Cuenca Del Río Olón En El Desarrollo De La Comunidad. Guayaquil.  
<http://repositorio.ulvr.edu.ec/handle/44000/3149>
- Murillo, J. (2011). *Métodos de Investigación de Enfoque Experimental*. 2.  
<https://www.postgradoune.edu.pe/pdf/documentos-academicos/ciencias-de-la-educacion/10.pdf>
- Nieto, E. N. (2018). *Tipos de Investigación*. Universidad Santo Domingo de Guzmán. <http://repositorio.usdg.edu.pe/handle/USDG/34>
- Pinto, E. (2016). El Niño, La Niña, ENSO, ENOS, El Niño Modoki, El Niño Canónico, El Niño Extraordinario, El Niño Godzilla, El Niño Costero, El Niño Oriental ¿En qué consisten realmente y cómo afectan al Ecuador? INOCAR: <https://www.inocar.mil.ec/web/index.php/articulos/770-el-nino-la-nina-enso-enos-el-nino-modoki-el-nino-canonical-el-nino-extraordinario-el-nino-godzilla-el-nino-costero-el-nino-oriental-en-que-consisten-realmente-y-como-afectan-al-ecuador>
- Polo, R. B. (19 de Agosto de 2016). Hec -Geo Ras. (GEASIG, Editor)  
<https://www.geasig.com/que-es-hec-ras-y-para-que-sirve/>
- Quevedo, T. J., Mobayed-Khodr, N., Fuentes-Ruiz, C., González-Sosa, E., & Chávez-García, C. A. (2016). Simulación del escurrimiento directo de eventos en cuencas pequeñas con el modelo HIDRAS. *Revista Agrociencia*, 50(7), 787 - 798. [https://www.scielo.org.mx/scielo.php?pid=S1405-31952016000700787&script=sci\\_arttext](https://www.scielo.org.mx/scielo.php?pid=S1405-31952016000700787&script=sci_arttext)
- Rodríguez, A., & Pérez, A. O. (2017). Métodos Científicos de Indagación y de Construcción del Conocimiento. *Revista EAN*, 82, .175-195.  
<https://doi.org/https://doi.org/10.21158/01208160.n82.2017.1647>

- Rojas, R. (Abril de 2009). Hidrología Aplicada al Manejo de Cuencas. Universidad de los Andes, Facultad Ciencias Forestales y Ambientales.
- Román, F. J. (2015). Evapotranspiración. Dpto. Geología Univ. Salamanca. <https://hidrologia.usal.es/temas/Evapotransp>
- Rovira, L., & Masramon, M. (2009). Hidrología e Hidráulica Aplicada. Universitat de Barcelona. [https://www.academia.edu/31666269/HIDROLOG%C3%8DA\\_E\\_HIDR%C3%81ULICA\\_APLICADA\\_1.\\_HIDROLOG%C3%8DA\\_CONCEPTO\\_S\\_GENERALES\\_FUNDADOR\\_DE\\_LA\\_INGENIER%C3%8DA\\_ENGI AUX](https://www.academia.edu/31666269/HIDROLOG%C3%8DA_E_HIDR%C3%81ULICA_APLICADA_1._HIDROLOG%C3%8DA_CONCEPTO_S_GENERALES_FUNDADOR_DE_LA_INGENIER%C3%8DA_ENGI AUX)
- Rubio, T. O. (2011). Hidráulica de Ríos y procesos Morfológicos (Primera Edición ed.). Bogotá - Colombia: ECOE Ediciones.
- S.A.S., F. Y. (2017). Cuenca: Definición, Partes, Tipos e Importancia. <https://blog.fibrasynormasdecolombia.com/cuenca-definicion-partes-tipos-e-importancia/>
- Sandoval, A. W., & Ramiro, P. E. (2014). Determinación de Caudales en Cuencas con poca Información Hidrológica. *Revista Ciencia UNEMI*, 7(12), 100-110. <https://doi.org/https://doi.org/10.29076/issn.2528-7737vol7iss12.2014pp100-110p>
- Senplades, S. N. (Agosto de 2012). Generación De Geoinformación para la Gestión Del Territorio A Nivel Nacional. [https://www.geoportaligm.gob.ec/geodescargas/santa\\_elena/mt\\_santa\\_elena\\_geomorfoлогия.pdf](https://www.geoportaligm.gob.ec/geodescargas/santa_elena/mt_santa_elena_geomorfoлогия.pdf)
- Sgca, P., Bm, U., Gef, U., Mae Praa, E., & Fonag, E. (2011). Sistema de Monitoreo para Evaluar la Disponibilidad de Agua y Evolución de los Impactos Asociados al Cambio Climático en la Parte Alta de la Cuenca del Río Guayllabamba y en las Microcuencas Papallacta y Antisana. *Estudio sobre Caudales Ecológicos.*, 70.
- Sivisaca, J., & Lenin, O. (2011). Estudio Hidrológico Y Balance Hídrico De La Cuenca Alta Del Río Catamayo Hasa La Estacion El Arenal En El Sitio El Boquerón, Provincia De Loja. Loja: Universidad Nacional De Loja. <https://dspace.unl.edu.ec/jspui/handle/123456789/4950>
- Soldevila, R. B. (2018). Análisis Comparativo de Cálculo de Tormentas de Diseño para su Aplicación en Hidrología Urbana. Máster en Ingeniería Hidráulica y Medio Ambiente. Universidad Politécnica de Valencia. <http://hdl.handle.net/10251/100090>
- Torres, M. Á. (2010). Modelo Conceptual del Acuífero del Río Olón. Guayaquil-Ecuador. <http://www.dspace.espol.edu.ec/handle/123456789/14644>
- Vargas, & Carrillo, G. y. (2019). Evaluación del Modelo de Hidrograma Unitario SCS en la Determinación de Caudales Máximos en Cuencas de Norte de Santander. *Respuesta* vol. 24, no. 1, doi:10.22463/0122820X.1323, 6-13.

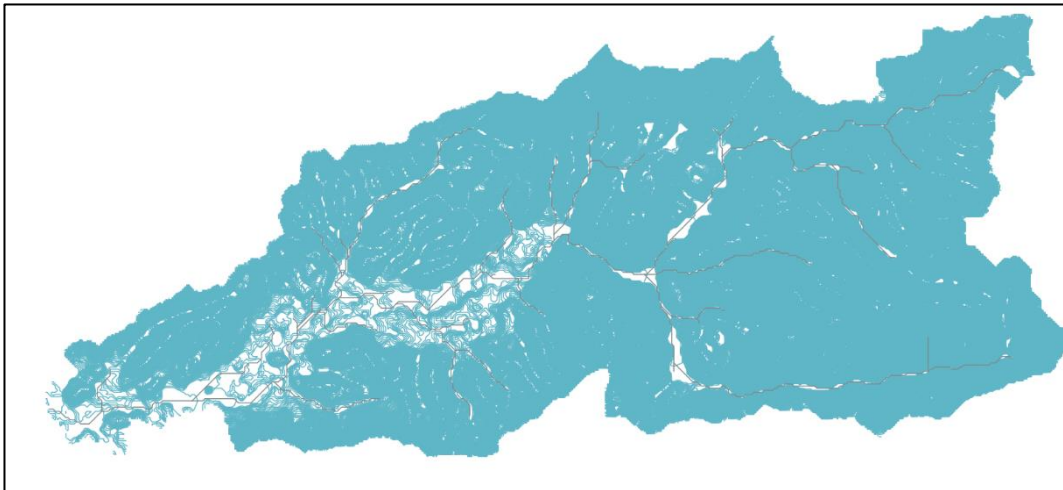
Vargas, E. (2001). Hidrología Ambiental.  
[http://www7.uc.cl/sw\\_educ/hidrologia/Capitulo\\_1/modulo1/hidro.pdf](http://www7.uc.cl/sw_educ/hidrologia/Capitulo_1/modulo1/hidro.pdf)

Vega-Malagón, G., Ávila-Morales, J., Vega-Malagón, A. J., Camacho-Calderón, N., Becerril-Santos, A., y Leo-Amador, G. E. (2014). Paradigmas en la Investigación. Enfoque Cuantitativo y Cualitativo. *European Scientific Journal*, 10(15).

# ANEXOS

## Anexo 1

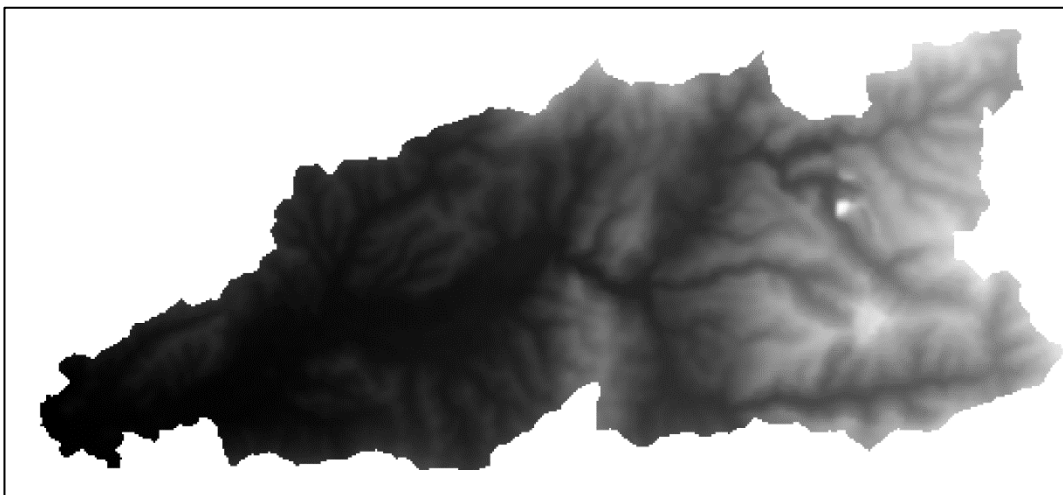
*Modelado de la Cuenca del río Olón con curvas de nivel a un metro metros*



*Nota.* Realizado en Q-Gis.

## Anexo 2

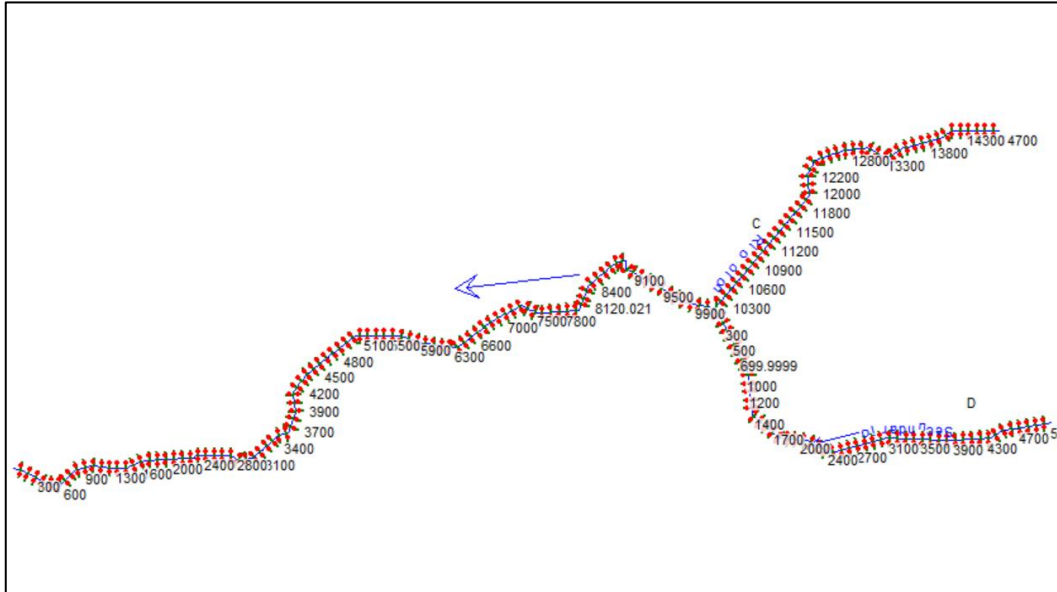
*Dem de la Cuenca del Río Olón*



*Nota.* Realizado en Q-Gis.

### Anexo 3

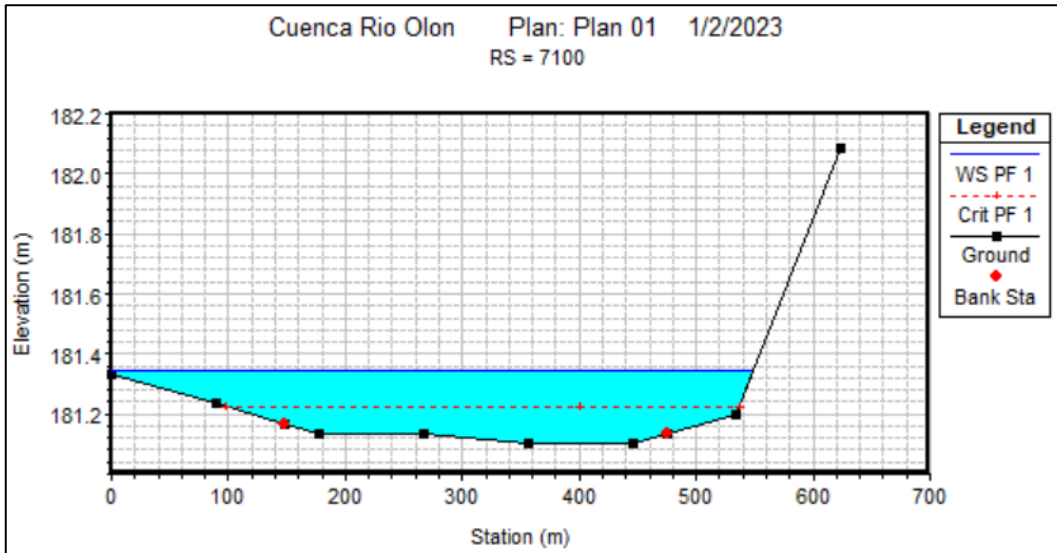
#### Geometría de la Cuenca del Río Olón



Nota. Realizado en Hec-Ras.

### Anexo 4

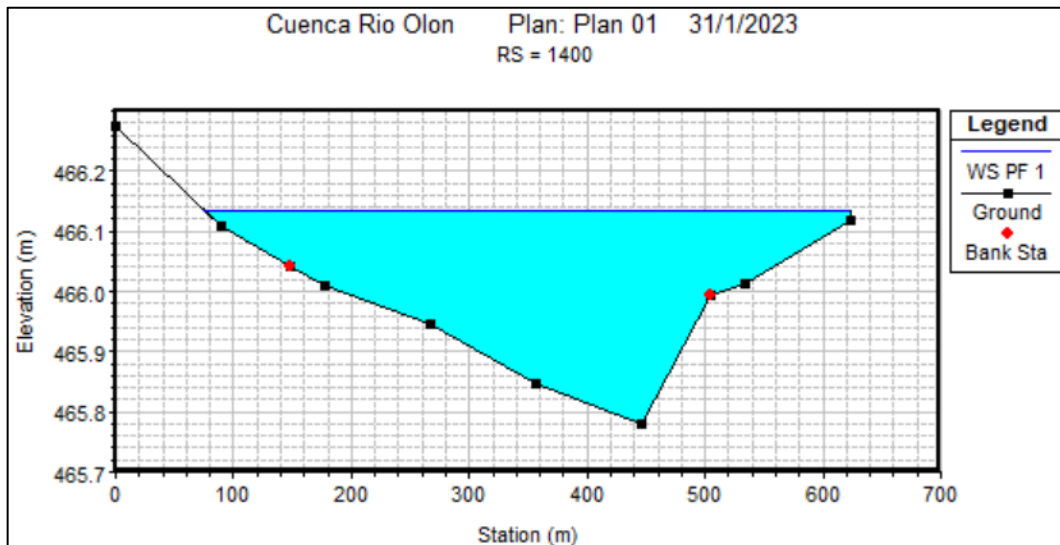
#### Sección transversal de Dique XS 7100 - Cuenca Media - Método Racional - Periodo de Retorno de 50 años



Nota. Realizado en Hec-Ras. Presenta un reducido desbordamiento del lado izquierdo de 0.02m.

## Anexo 5

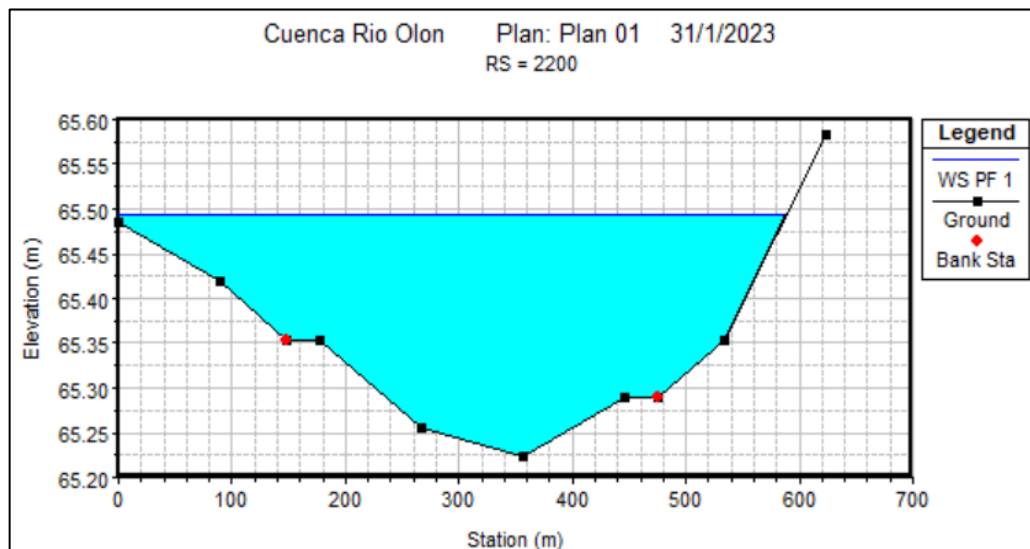
Sección transversal de Dique XS 1400 - Cuenca Alta - Método SCS - Periodo de Retorno de 50 años



Nota. Realizado en *Hec-Ras*. Presenta un reducido desbordamiento del lado derecho de 0.01m.

## Anexo 6

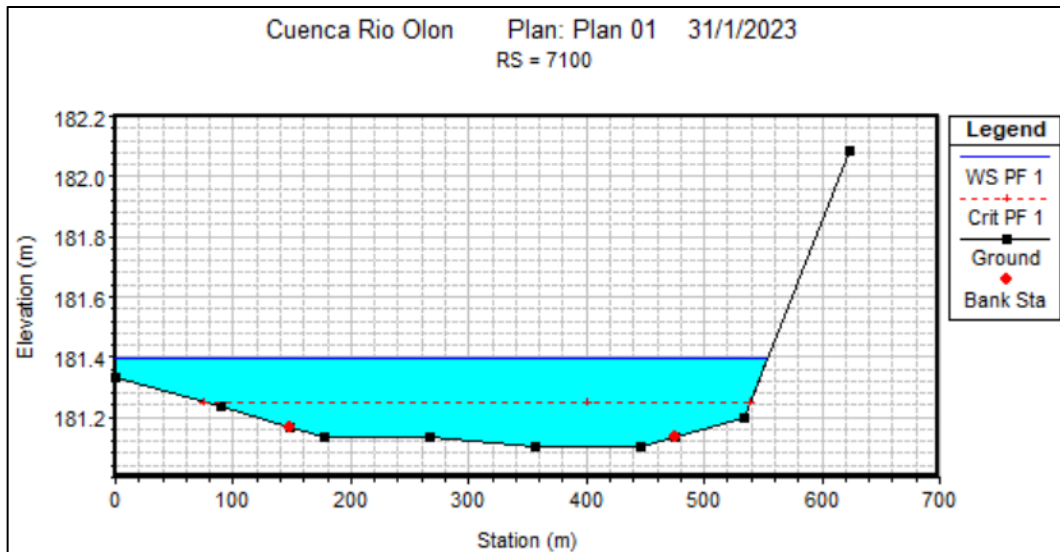
Sección transversal de Dique XS 2200 - Cuenca Baja - Método SCS - Periodo de Retorno de 50 años



Nota. Realizado en *Hec-Ras*. Presenta un reducido desbordamiento del lado izquierdo de 0.012m.

## Anexo 7

*Sección transversal de Dique XS 7100 - Cuenca Media - Método SCS - Periodo de Retorno de 50 años*



*Nota.* Realizado en *Hec-Ras*. Presenta un reducido desbordamiento del lado izquierdo de 0.065m.

## Anexo 8

*Desembocadura hacia el mar- Río Olón*



## **Anexo 9**

### *Cuenca Baja - Río Olón*



*Nota.* Presencia de viviendas a los costados del cauce principal del río Olón.

## **Anexo 10**

### *Cuenca Baja – Canal Principal - Río Olón*



*Nota.* Se presenta ausencia del líquido vital en el canal principal a pesar de las precipitaciones ocurridas en el sector.