

**ESTUDIO DE AMENAZA POR INUNDACIÓN EN LA CABECERA  
MUNICIPAL DEL MUNICIPIO DE GARZÓN-HUILA, MEDIANTE EL SOFTWARE  
HEC-RAS EN 2D PARA TR 10, 20 Y 100 AÑOS**

**KATHERINE DANIELA FIGUEROA SILVA**

**SANDRA YAMILE VELASQUEZ HERRERA**

**UNIVERSIDAD CATÓLICA DE COLOMBIA**

**FACULTAD DE INGENIERÍA**

**PROGRAMA DE ESPECIALIZACIÓN EN RECURSOS HÍDRICOS**

**BOGOTÁ D.C – 2019**

**ESTUDIO DE AMENAZA POR INUNDACIÓN EN LA CABECERA  
MUNICIPAL DEL MUNICIPIO DE GARZÓN-HUILA, MEDIANTE EL SOFTWARE  
HEC-RAS EN 2D PARA TR 10, 20 Y 100 AÑOS**

**KATHERINE DANIELA FIGUEROA SILVA**

**SANDRA YAMILE VELASQUEZ HERRERA**

**Trabajo de grado para obtener el título de especialista en Recursos Hídricos.**

**ASESOR: JESÚS ERNESTO TORRES**

**INGENIERO CIVIL, MSC.**

**UNIVERSIDAD CATÓLICA DE COLOMBIA**

**FACULTAD DE INGENIERÍA**

**PROGRAMA DE ESPECIALIZACIÓN EN RECURSOS HÍDRICOS**

**BOGOTÁ D.C – 2019**



## Atribución-NoComercial 2.5 Colombia (CC BY-NC 2.5)

La presente obra está bajo una licencia:  
**Atribución-NoComercial 2.5 Colombia (CC BY-NC 2.5)**

Para leer el texto completo de la licencia, visita:  
<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/2.5/co/>

### Usted es libre de:



Compartir - copiar, distribuir, ejecutar y comunicar públicamente la obra

hacer obras derivadas

### Bajo las condiciones siguientes:



**Atribución** — Debe reconocer los créditos de la obra de la manera especificada por el autor o el licenciante (pero no de una manera que sugiera que tiene su apoyo o que apoyan el uso que hace de su obra).



**No Comercial** — No puede utilizar esta obra para fines comerciales.

## TABLA DE CONTENIDO

<b>INTRODUCCIÓN</b> .....	<b>8</b>
<b>1 GENERALIDADES DEL TRABAJO DE GRADO</b> .....	<b>10</b>
1.1 LÍNEA DE INVESTIGACIÓN.....	10
1.2 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	10
1.2.1 Antecedentes del problema.....	10
1.2.2 Pregunta de investigación.....	11
1.3 JUSTIFICACIÓN.....	11
1.4 OBJETIVOS.....	12
1.4.1 Objetivo general.....	12
1.4.2 Objetivos específicos.....	13
<b>2 MARCOS DE REFERENCIA</b> .....	<b>14</b>
2.1 MARCO TEÓRICO .....	14
2.1.1 Software HEC-RAS (2D) versión 5.3 .....	15
2.1.2 Software HEC-HMS.....	17
2.2 MARCO JURÍDICO.....	17
2.3 MARCO GEOGRÁFICO .....	18
2.3.1 Área de estudio	19
2.4 ESTADO DEL ARTE.....	20
<b>3 METODOLOGÍA</b> .....	<b>23</b>
3.1 RECOPIACIÓN, REVISIÓN Y ANÁLISIS DE INFORMACIÓN.....	23
3.2 MODELACIÓN HIDROLÓGICA .....	23
3.3 MODELACIÓN HIDRÁULICA .....	24
3.4 CATEGORIZACIÓN DE LA AMENAZA.....	24
3.5 ANÁLISIS DE RESULTADOS.....	24
<b>4 DESARROLLO METODOLÓGICO</b> .....	<b>25</b>
4.1 ESTUDIO HIDROLÓGICO.....	25
4.1.1 Área de estudio	25

4.1.2	<i>Análisis de precipitación</i> .....	26
4.2	MODELACIÓN HIDROLÓGICA .....	27
4.2.1	<i>Modelo hidrológico-Lluvia Escorrentía</i> .....	27
4.2.2	<i>Datos de entrada al Modelo HEC-HMS (SMA)</i> .....	28
4.3	MODELACIÓN HIDRÁULICA .....	33
4.3.1	<i>Datos de entrada al Modelo</i> .....	33
4.4	CATEGORIZACIÓN DE LA AMENAZA .....	39
<b>5</b>	<b>ANÁLISIS DE RESULTADOS</b> .....	<b>41</b>
5.1	ANÁLISIS DE CRECIENTE PARA EL PERÍODO DE RETORNO DE 10 AÑOS .....	41
5.1.1	<i>Periodo de retorno 10 años</i> .....	42
5.2	ANÁLISIS DE LA AMENAZA POR INUNDACIÓN .....	44
<b>6</b>	<b>CONCLUSIONES</b> .....	<b>45</b>
<b>7</b>	<b>RECOMENDACIONES</b> .....	<b>46</b>
	<b>BIBLIOGRAFÍA</b> .....	<b>47</b>

## LISTA DE ILUSTRACIONES

ILUSTRACIÓN 1: LOCALIZACIÓN MUNICIPIO DE GARZÓN .....	19
ILUSTRACIÓN 2: ÁREA DE ESTUDIO.....	¡ERROR! MARCADOR NO DEFINIDO.
ILUSTRACIÓN 3 LOCALIZACIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO Y ESTACIONES DE REFERENCIA.....	25
ILUSTRACIÓN 4 CURVA IDF PERIODO DE RETORNO DE 10 AÑOS CUENCA 1 .....	34
ILUSTRACIÓN 5 HIETOGRAMAS DE PRECIPITACION E INTENSIDADES CUENCA 1 PERIODO DE RETORNO DE 10 AÑOS .....	36
ILUSTRACIÓN 6 CURVA IDF CUENCA 1 PERIODO DE RETORNO 10 AÑOS .....	37
ILUSTRACIÓN 7 CATEGORIZACION DE COEFICIENTES Y COBERTURA .....	42
ILUSTRACIÓN 8 MODELO DIGITAL DE ELEVACIO MUNICIPIO DE GARZON .....	19
ILUSTRACIÓN 9 2D FLOW AREA DEL MUNICIPIO DE GARZON VISTA GENERAL EN EL HEC-RAS.....	¡ERROR! MARCADOR NO DEFINIDO.
ILUSTRACIÓN 10 2D FLOW AREA DEL MUNICIPIO DE GARZON EN EL HEC-RAS .....	25
ILUSTRACIÓN 11 VALORES DE N DE MANNING.....	34
ILUSTRACIÓN 12 INGRESO DE DATOS DE LAS CUENCAS AL HEC-RAS.....	36
ILUSTRACIÓN 13 INGRESO DE DATOS DEL MUNICIPIO DE GARZON AL HEC RAS .....	37
ILUSTRACIÓN 14 MODELO HEC-RAS 2D DE LAS QUEBRADAS EN A ZONA DE ESTUDIO TR 10 AÑOS .....	19
ILUSTRACIÓN 15 PUNTOS DE INTERES Y AFECTACION CABECERA MUNICIPAL DE GARZON .....	19
ILUSTRACIÓN 16 AMENAZA POR INUNDACION MUNICIPIO DE GARZON .....	19

## LISTA DE TABLAS

TABLA 1 REVISIÓN DE ESTUDIOS RELACIONADOS CON MODELACIÓN EN HEC-RAS PARA ESTUDIOS DE AMENAZA POR INUNDACIÓN .....	20
TABLA 2 ESTACIONES DE MONITOREO AMBIENTAL DE REFERENCIA.....	26
TABLA 3 RESUMEN DE CARACTERÍSTICAS DE LA CUENCA.....	26
TABLA 4 TIEMPOS DE CONCENTRACIÓN CALCULADOS .....	27
TABLA 5 CALCULO DE DATOS MENSUALES DE RECIPITACIONES DE 24HRS DE 1990AL 2018.....	20
TABLA 6 DE CALCULO DE DATOS PARA HIETOGRAMA PERIODO DE RETORNO DE 10 AÑOS CUENCA 1.....	26
TABLA 7 VALORES COEFICIENTES C Y NII.....	26
TABLA 8 DE PRECIPITACIONMAXIMA HORARIAS .....	32
TABLA 9 CAUDALES DE LAS CRECIENTES DE PICO ESPERADAS ENLAQUEBRADA GARZON .....	37
TABLA 10 CATEGORIZACION DE LA AMENAZA .....	26

## LISTA DE ANEXOS

ANEXOS A REGISTROS DE ESTACIONES DE CAUDAL Y PRECIPITACION .....	20
ANEXOS B DATOS MENSUALES DE PRECIPOTACION MAXIMA EN 24 HRS.....	26
ANEXOS C CURVAS IDF.....	26
ANEXOS D HIETOGRAMAS .....	27
ANEXOS E CALCULOS DE LOS TIEMPOS DE CONCENTRACION .....	20
ANEXOS F CALCULO DE INTENSIDADES .....	26

## INTRODUCCIÓN

El presente informe tiene como finalidad presentar el análisis de amenaza por inundación mediante el software HEC-RAS para períodos de retorno de **10 20 y 100 años** y su categorización mediante la metodología propuesta por el MINAMBIENTE (Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales de Colombia y la UNAL,) en la cabecera municipal de Garzón Huila.

En primera instancia, se debe entender por análisis de la amenaza como un elemento primordial en el ordenamiento territorial de los municipios y las cuencas hidrográficas, dado que permite identificar y desarrollar un diagnóstico de los diferentes fenómenos naturales que se presentan en los territorios, los cuales generan afectaciones importantes en la comunidad.

La amenaza por fenómenos como movimientos en masa, inundaciones y avenidas torrenciales, entre otros, son la principal causa de desastres naturales, los cuáles están ligados especialmente a alteraciones del clima, que se presentan principalmente por: la deforestación, emisión de gases de efecto invernadero y/u otras partículas contaminantes en la atmosfera, la construcción de grandes barreras artificiales (ejemplo presas) que han llevado a alteraciones en la circulación atmosférica, con un consecuente cambio del régimen climático en gran parte del planeta (Capacci & Mangano, 2015).

El municipio de Garzón, se encuentra ubicado en el departamento del Huila y se ha visto afectado por eventos de orden natural, como movimientos en masa, inundaciones y avenidas torrenciales. Estos eventos se encuentran asociados al sistema de Fallas Garzón - Algeciras, ubicado entre el límite del valle de Magdalena y la Cordillera Oriental, mostrando fallas que se entrecruzan dando origen a bloques levantados y sumergidos que forman fuertes desniveles topográficos.

Por otra parte, a este municipio lo atraviesa de oriente a occidente la quebrada Garzón la cual nace en la parte alta de la cordillera oriental y desemboca en el río Magdalena. Esta quebrada (Garzón) a lo largo de su recorrido recibe los caudales de los afluentes de las quebradas San

Benito, La Muralla, Chochuna, Paramillo, Careperro, Las Vueltas o Galeano, La Chorrera, Las Perlas, Agua Blanca, Lozada, La Oria, La Cascajosa, Cabeza de Negro entre otros pequeños arroyos.

Finalmente, en la cabecera municipal de Garzón las inundaciones han ocurrido principalmente por el desbordamiento de la quebrada Garzón ya que en épocas de lluvia aumenta considerablemente su caudal afectando varios barrios del municipio.

# **1 GENERALIDADES DEL TRABAJO DE GRADO**

## **1.1 LÍNEA DE INVESTIGACIÓN**

Saneamiento de comunidades

## **1.2 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA**

La amenaza por inundación se entiende como la probabilidad de ocurrencia de desbordamientos de ríos como resultado de lluvias fuertes o continuas que aumentan el nivel de las aguas, a tal punto que el río se sale del cauce natural en un período determinado que puede causar impactos negativos en una población, en el sector agropecuario y la infraestructura (Campos, 2009).

El casco urbano del municipio de Garzón ubicado en el departamento del Huila, presenta inundaciones principalmente por la quebrada Garzón la cual recorre el casco urbano de oriente a occidente y recibe aguas de las quebradas Care Perro, Garzoncito, La Cascajosa y otras quebradas pequeñas. Según los estudios de amenaza, vulnerabilidad y riesgo realizados para el municipio, el incremento de las lluvias en temporada invernal genera aumento de caudal de la quebrada, por lo cual se generan desbordamientos que afectan los barrios Provivienda, Comuneros, 20 de Julio, El Jardín, Julio Bahamón, entre otros, aledaños al cuerpo de agua. Teniendo en cuenta lo mencionado anteriormente, se considera necesario determinar las zonas de amenaza por inundación por la quebrada Garzón en el casco urbano del municipio para que se tomen medidas de prevención y/o mitigación del riesgo.

### **1.2.1 Antecedentes del problema**

En el municipio de Garzón, ubicado en el departamento del Huila, las áreas de inundación que se presentan en la zona urbana en época de inviernos intensos corresponden a los sectores de los barrios que circundan los cauces de las Quebradas Garzón, La Cascajosa y Aguazul (Alcaldía municipal Garzón, 2018).

Por cuenta del fuerte invierno del año 2017 se evidenciaron algunos reportes de inundaciones en el municipio de Garzón: “Torrenciales aguaceros no paran en el departamento del Huila; a las afectaciones en la zona rural del municipio de Garzón se sumaron ayer las inundaciones en los barrios del sector de Los Comuneros, parte baja del municipio, en donde varias viviendas fueron anegadas por las aguas de la quebrada Garzón. Las lluvias, que se prolongaron por toda la noche, arrasaron con electrodomésticos y enseres de las viviendas afectadas, cuyos propietarios desde la madrugada luchan contra el agua para poder salvar algunas pertenencias. (La Nación, 2017) Como se evidencia en la noticia, varios predios ubicados en la zona norte del casco urbano del municipio que se encuentran muy cerca de la quebrada Garzón e incluso algunos que fueron construidos sobre la ronda hidráulica, se encuentran en inminente amenaza por inundación, **puesto ya que la quebrada en temporadas de lluvia presenta aumento de su caudal y tiene como afluentes las quebradas Garzoncito, La Cascajosa, Care perro y otras quebradas pequeñas.**

### **1.2.2 Pregunta de investigación**

¿Cómo se categorizaría la amenaza por inundación en el casco urbano del municipio de Garzón según los resultados de la modelación en HEC RAS 2D para los caudales asociados a los periodos de retorno de **10, 20 y 100 años** en la quebrada Garzón?

## **1.3 JUSTIFICACIÓN**

Para la justificación del presente proyecto se tendrá en cuenta el enfoque de problemática, puesto que los eventos de inundación cada vez son más frecuentes en el país, en épocas de invierno fuertes, lo cual provoca problemáticas a nivel ambiental, económico y social. El aumento en las precipitaciones se encuentra asociado al fenómeno de la Niña que se presenta en nuestro País. El efecto de “La Niña” en nuestro país se caracteriza por un aumento considerable de las precipitaciones (anomalías positivas) y una disminución de las temperaturas (anomalías negativas) en las regiones Andina, Caribe y Pacífica, así como en áreas del piedemonte de los Llanos orientales, mientras que en la zona oriental (Orinoquía y Amazonía), dichas variables tienden a un comportamiento cercano a lo normal, sin ser muy claro el patrón climatológico ante la presencia de un evento frío (SIAC, 2019).

Las principales causas de inundación por desbordamiento de los cuerpos de agua son las lluvias fuertes y de gran duración, que generan volúmenes de agua que los ríos, quebradas no tienen la capacidad de recolectar y transportar. En segundo lugar se encuentra la mala disposición de residuos sólidos y escombros en los cauces y por el último el rompimiento de los jarillones que se construyen a lo largo de los ríos.

En cuanto a la amenaza que se presenta en el municipio de Garzón por eventos de inundación los factores que aumentan son los eventos fuertes de precipitación debido a la variabilidad climática, el manejo no regulado de los ríos y el trasvase de cuencas lo cual consiste en incrementar la disponibilidad de agua en una población adicionando agua desde una cuenca vecina.

La cabecera del municipio de Garzón presenta amenaza por inundación por la quebrada Garzón la cual atraviesa al municipio de oriente a occidente además de recibir las aguas de las quebradas Careperro y Garzoncito, por lo tanto en temporada de lluvias el caudal de la quebrada aumenta de manera significativa, por lo cual se presentan varios sitios críticos por inundación en la cabecera municipal.

Teniendo en cuenta el panorama presentado, se considera importante identificar las zonas de amenaza por inundación en la cabecera municipal del municipio de Garzón con el fin de suministrar un insumo para la planificación del ordenamiento territorial del municipio (POT) y se lleven a cabo las respectivas acciones de prevención y mitigación de la amenaza por inundación en el municipio.

## **1.4 OBJETIVOS**

### **1.4.1 Objetivo general**

Categorizar la amenaza por inundación por caudales máximos en el municipio de Garzón mediante el software HEC-RAS 2D, para los periodos de retorno de **10, 20 y 100** años en la quebrada Garzón.

#### **1.4.2 Objetivos específicos**

- Elaborar el análisis hidrológico y climatológico como información base que permita examinar la amenaza por inundación para el municipio de Garzón Huila.
- Generar las manchas de inundación mediante el software HEC-RAS en 2D para periodos de retorno de **10, 20 y 100** años para el municipio de Garzón Huila.
- Categorizar la amenaza por inundación mediante la metodología propuesta por el de y la UNALMINAMBIENTE.

## 2 MARCOS DE REFERENCIA

### 2.1 MARCO TEÓRICO

Las inundaciones son fenómenos hidrológicos recurrentes potencialmente destructivos, que hacen parte de la dinámica de evolución de una corriente. Se producen por lluvias persistentes y generalizadas que generan un aumento progresivo del nivel de las aguas contenidas dentro de un cauce superando la altura de las orillas naturales o artificiales, ocasionando un desbordamiento y dispersión de las aguas sobre las llanuras de inundación y zonas aledañas a los cursos de agua normalmente no sumergidas. (IDEAM, 2019)

En la clasificación más sencilla se pueden identificar dos tipos: Inundaciones lentas, que son las que ocurren en las zonas planas de los ríos y con valles aluviales extensos, los incrementos de nivel diario son de apenas del orden de centímetros, reporta afectaciones de grandes extensiones, pero usualmente pocas pérdidas de vidas humanas, el tiempo de afectación puede fácilmente llegar a ser del orden de meses, en Colombia el ejemplo más claro es la región de la Mojana.

El otro tipo de inundación son las llamadas crecientes súbitas, que aunque las áreas de afectación son menores, el poder destructivo es potencialmente mayor y cobra el mayor número de vidas cuando se presentan, responden rápidamente a la ocurrencia de fuertes precipitaciones en las partes altas de las cuencas, los incrementos de nivel son del orden de metros en pocas horas, y el tiempo de permanencia de estas inundaciones en las zonas afectadas son igualmente de horas o pocos días, estas se presentan en todas las cuencas de alta pendiente de la región Andina principalmente.

La amenaza de inundación causada por el río Atrato en Quibdó, al noroeste de Colombia, se evaluó utilizando técnicas de modelado estadístico (Gumbel y GRADEX), modelado hidráulico con HEC-RAS y los Sistemas de información geográfica (GIS). Se generaron tres mapas de riesgo de inundación para períodos de retorno de 10, 20 y 50 años. El modelo de riesgo de inundación revela que la zona inundada es más significativa fuera de la

orilla izquierda (oeste) que de la orilla derecha (este) del río Atrato. Para los tres períodos de retorno se estimó la profundidad máxima del agua alcanzada por el río y la extensión de las inundaciones. Además, se realizó un análisis de sensibilidad sobre el coeficiente de rugosidad y la descarga máxima. Esta información es útil para definir la altura mínima de las estructuras de protección contra inundaciones, como diques, para proteger el área y para la planificación de la evacuación, la estimación de daños y los esfuerzos de recuperación posteriores a las inundaciones (Mosquera-Machado & Ahmad, 2007).

En la revisión y actualización al plan básico de ordenamiento territorial (PBOT) del municipio de Garzón se especifica que en el caso urbano del municipio de Garzón las inundaciones ocurren cuando los aguaceros intensos o de larga duración, sobrepasan la capacidad de retención de humedad del suelo y los cauces se presentan en las vegas de los ríos y terrazas bajas cuando se destinan a propósitos diferentes a los de protección. En la zona rural se han presentado inundaciones en predios cercanos a la quebrada Garzón, Las Damas, Caguancito, entre otras y en la zona urbana las inundaciones han ocurrido por desbordamientos de la quebrada Garzón afectando los barrios Provivienda, Comuneros, 20 de Julio, El Jardín, Julio Bahamón, Las Américas; La Quebrada la Cascajosa en época de lluvia intensa ha inundado sectores de los Barrios Santa Lucia, Minuto de Dios, Canadá, Termitas (Alcaldía municipal de Garzón, 2007).

### **2.1.1 Software HEC-RAS (2D) versión 5.3**

El software HEC-RAS calcula los perfiles superficiales del agua para las condiciones de un flujo permanente o no permanente y gradualmente variado en canales naturales o artificiales. Este procedimiento está basado en solucionar la ecuación unidimensional de energía con las pérdidas por fricción evaluadas por medio de la ecuación de Manning. (Nanía & Molero, 20017)

Este último (el análisis 2D) basa su aplicación en las ecuaciones de Onda Difusiva y Sant Venant (a criterio del usuario) las cuales resuelve mediante el algoritmo de Volúmenes Finitos Implícitos. Una de las novedades de esta nueva versión, es que incorpora la ventana de Interface

RAS Mapper en la cual el usuario Integra el modelo digital del terreno, como paso inicial para la modelización del flujo.

Previo a la ejecución del modelo 2D, se requiere de una serie de configuraciones previas que involucran establecer tolerancias de cálculo que permitan obtener resultados coherentes. Dos de los más importantes parámetros que hay que configurar son: el tamaño de malla y el paso de tiempo de cómputo. (Fernández Cacho, 2017).

Actualmente, la mayoría de los pronósticos de inundación de ríos se realizan mediante un método de dos pasos. Primero, se realiza un cálculo de la propagación de la inundación, normalmente utilizando modelos hidrológicos y los flujos de pico de inundación resultantes se convierten luego en pronósticos de nivel de agua utilizando un modelo hidráulico de flujo permanente, como HEC-RAS.

Recientemente, el modelo HEC-RAS se ha ampliado para facilitar el análisis de flujo no permanente, incluso si el sistema digital no es lo suficientemente robusto para hacer frente a eventos dinámicos (por ejemplo, inundaciones causadas por atascos de hielo) o flujos supercríticos, además tiene la capacidad de calcular la propagación de inundaciones simples (aguas abiertas) y producir pronósticos de nivel de agua al mismo tiempo. Dado que muchas agencias ya tienen modelos HEC-RAS para la delimitación de zonas de inundación, sería bastante sencillo extenderlos a la aplicación de pronóstico de inundaciones (Hicks & Peacock, 2013).

Un estudio realizado en Llanos de Moxos, planicies de inundación ubicadas en la Amazonia Boliviana, presentan inundaciones por el río Mamoré; las cuales se prolongan durante varios días afectando cultivos, animales y dejando a su paso varios damnificados en ciudades importantes como Trinidad; aplicó el software HEC-RAS versión 5 para simular la inundación de febrero de 2014 en la Amazonia Boliviana. La inundación simulada presentó buen desempeño comparado con imagen satelital del evento.

Además, la simulación suministró información adicional como puede ser profundidad de agua, velocidad del flujo y la variación de la inundación en el tiempo y se identificaron lugares específicos donde el agua comienza a inundar la planicie. Por lo tanto, la profundidad de la inundación permitió identificar las zonas expuestas a distintos niveles de amenaza (Quiroga, Kurea, Udoa, & Manoa, 2016).

### **2.1.2 Software HEC-HMS**

El sistema de modelación hidrológica HEC-HMS fue desarrollado por El Cuerpo de Ingenieros del Ejército de los Estados Unidos, y es una evolución del modelo HEC-1 desarrollado por el mismo ente. Es un modelo de simulación de evento único de Lluvia-Escorrentía. Tiene la capacidad de simular eventos históricos, eventos en tiempo real o tormentas generadas en forma sintética (Gómez & Castillo, 2005).

Algunos parámetros hidrológicos como los datos de precipitación pueden ser ingresados al programa manualmente o importándolos de un archivo .DSS del programa HEC-DSS. Para ingresar los datos de caracterización de la cuenca hidrográfica, el HEC-HMS tiene una interfaz gráfica que permite visualizar un esquema de la cuenca con todos sus componentes, a saber: subcuencas, canales de flujo, divisiones, uniones, punto de salida del flujo y embalses. Una de las ventajas que ofrece el software, es permitir la división de la cuenca en varias subcuencas con características diferentes y conectar el flujo mediante un método de tránsito. Esto conlleva a una mejor aproximación en la estimación de caudales. A continuación se mencionan los componentes de un modelo hidrológico en HEC-HMS (U.S. Army Corps of Engineers, 2000).

## **2.2 MARCO JURÍDICO**

A continuación, se presenta la normatividad que está relacionada con proyecto y con manejo y conservación de los recursos hídricos en el país.

- **Constitución política de Colombia**

Art 8. Es obligación del Estado y de las personas proteger las riquezas culturales y naturales de la Nación.

Art 79. Es deber del Estado proteger la diversidad e integridad del ambiente, conservar las áreas de especial importancia ecológica y fomentar la educación para el logro de estos fines.

Art. 80. El Estado planificará el manejo y aprovechamiento de los recursos naturales, para garantizar su desarrollo sostenible, su conservación, restauración o sustitución. Además, deberá prevenir y controlar los factores de deterioro ambiental, imponer las sanciones legales y exigir la reparación de los daños causados.

- **Ley 1523 de 2012** "Por el cual se adopta la Política Nacional de Gestión del Riesgo de desastres y se establece el Sistema Nacional de Gestión del Riesgo de Desastres y se dictan otras disposiciones".
- **Decreto 1807 de 2014** "Por el cual se reglamenta el artículo 189 del Decreto Ley 019 de 2012 en lo relativo a la incorporación de la gestión del riesgo en los planes de ordenamiento territorial y se dictan otras disposiciones."
- **Decreto 1974 de 2013** "Por el cual se establece el procedimiento para la expedición y actualización del Plan Nacional de Gestión del Riesgo."

### 2.3 MARCO GEOGRÁFICO

El municipio de Garzón está situado en la zona sur-Oriente del departamento del Huila, entre los 2°11'57" de latitud Norte y 75° 38'59" de longitud Oeste limita por el norte con el municipio de Gigante, por el Sur con el Municipio de Guadalupe, al Sur - Oeste con los Municipios de Altamira; por el Oriente con el departamento del Caquetá y por el Occidente con el Municipio de Agrado. Está localizado en el suroriente del departamento del Huila a una distancia de 112 kilómetros de la capital, Neiva, y a 73 kilómetros del municipio de Pitalito, tiene una extensión 692 kilómetros cuadrados y se encuentra a una altitud desde 790 msnm hasta 900 msnm (en el área urbana) y tiene una temperatura promedio de 24 °C. Su topografía es llana, semi -montañosa y boscosa, por lo cual se encuentran dentro de su territorio varios pisos térmicos. La zona urbana cuenta con un área total de 565.5243 Has (Alcaldía municipal de Garzón, 2007).



## 2.4 ESTADO DEL ARTE

Se realizó la revisión de documentación a nivel estudios, artículos y trabajos de grado, tanto a nivel de Colombia como de otros países, entre los que se encuentran 2 artículos correspondientes a Brasil y Cuba; en los cuales se empleó el software HEC-RAS para realizar modelaciones para eventos de inundación (Ver Tabla 1).

**Tabla 1 Revisión de estudios relacionados con modelación en HEC-RAS para estudios de amenaza por inundación.**

NOMBRE	AUTOR	LUGAR	DESCRIPCIÓN
<b>ESTUDIOS DETALLADOS DE AMENAZA, VULNERABILIDAD Y RIESGO POR FENÓMENOS DE REMOCIÓN EN MASA, INUNDACIONES Y AVENIDAS TORRENCIALES EN EL ÁREA URBANA DE LOS MUNICIPIOS DE ACEVEDO, GUADALUPE, NÁTAGA, SAN AGUSTÍN Y TERUEL EN EL DEPARTAMENTO DEL HUILA, TENIENDO EN CUENTA LOS LINEAMIENTOS DEL DECRETO 1077 DE 2015.</b>	Geocing SAS	Municipios de Acevedo, Guadalupe, Nátaga, San Agustín y Teruel.	Se realizó el estudio de amenaza vulnerabilidad y riesgo para los municipios mencionados. Para definir la amenaza por inundación, se empleó el programa HEC-RAS con el fin de generar las manchas de inundación y determinar la categoría de amenaza.
<b>MODELACIÓN HIDROLÓGICA PARA EL ESTUDIO DE INUNDACIÓN, EN EL DEPARTAMENTO DE CUNDINAMARCA, DEL RÍO FRÍO A LA ALTURA DEL MUNICIPIO DE CHÍA.</b>	María Fernanda Torres Quintana (Torres Quintana, 2017) (2017)	Río Frío , Chía , Cundinamarca	En este trabajo se realizó modelación hidrológica utilizando el software HEC-RAS para el estudio de inundación, en el río frío en el municipio de Chía, ubicado en el departamento de Cundinamarca; con el fin de localizar las áreas propensas a inundaciones.
<b>MODELAMIENTO DE ZONAS DE INUNDACIÓN POR MEDIO DE LAS HERRAMIENTAS HEC-RAS, GEO-RAS Y ARCGIS, PARA EL SECTOR COMPRENDIDO ENTRE LOS MUNICIPIOS DE CORRALES- PAZ DE RIO A LO LARGO DEL RIO CHICAMOCHA, EN EL DEPARTAMENTO DE BOYACÁ</b>	Wilfredy Mora Mariño & Rene Gilberto Ochoa (Mora Mariño & Ochoa, 2016)	Municipios de Paz del Río, Tasco y Corrales , departamento de Boyacá	En este trabajo se realizó el modelamiento de zonas de inundación por medio de las herramientas HEC-RAS, GEO-RAS y ArcGIS, para el sector comprendido entre los municipios de Corrales y Paz de Rio, a lo largo del río Chicamocha, en el departamento de Boyacá, los cuales se han visto afectados en diferentes ocasiones por desbordamientos de los ríos que han cobrado vidas humanas y causado pérdidas económicas

NOMBRE	AUTOR	LUGAR	DESCRIPCIÓN
<b>APLICACIÓN DEL MODELO DE SIMULACIÓN HIDRÁULICA HEC-RAS PARA LA EMISIÓN DE PRONÓSTICOS HIDROLÓGICOS DE INUNDACIONES EN TIEMPO REAL, EN LA CUENCA MEDIA DEL RÍO BOGOTÁ - SECTOR ALICACHIN</b>	Ernesto Torres Quintero & Eulises González Naranjo (Torres Quintero & González Naranjo, 2009)	Río Bogotá-Sector Alicachin	En este trabajo se presenta la importancia de aplicar el modelo de simulación hidráulica Hec-Ras para la emisión de pronósticos hidrológicos de inundaciones en tiempo real, en el río Bogotá (Cuenca media y alta) permitiendo determinar cada una de las etapas que ha originado la presencia de una onda de caudal en un canal natural, así como la respuesta del cauce del río ante el aumento del volumen de agua en la parte media sector Alicachin.
<b>HYDROLOGICAL AND HYDRAULIC MODELLING APPLIED TO THE MAPPING OF FLOOD-PRONE AREAS</b>	Benício Emanoel Omena Monte, Denis Duda Costa, Mahelvson Bazilio Chaves, Louis de Oliveira Magalhães and Cintia B. Uvo (2015) (Omena Monte, Duda Costa, Bazilio Chaves, Magalhães, & Uvo, 2016)	Municipio de Río Largo (Alagoas) en la cuenca del Río Mundaú, Brasil	El propósito de este trabajo fue proponer un mapeo de áreas susceptibles de inundación en el Municipio de Río Largo (Alagoas) en la cuenca del Río Mundaú, mediante un acoplamiento "fuera de línea" de los modelos hidrológicos / hidráulicos (MGB-IPH /HEC-RAS), a través de la consideración de inundaciones extremas con diferentes períodos de retorno para la descarga.
<b>MODELACIÓN DE TRÁNSITO DE CRECIENTES EN EL RÍO ABURRÁ-MEDELLÍN PARA UNA PROPUESTA DE SU RESTAURACIÓN</b>	(Marín Muñoz & Barros Martínez, 2016)	Río Aburra, Medellín	El proyecto tiene como objetivo formular alternativas de restauración para algunos tramos del río Medellín que presentan un alto grado de afectación antrópica. Para el análisis hidrológico e hidráulico se utilizaron los programas HEC-MHZ, HEC-RAS e Iber como soporte técnico para establecer las medidas de restauración. Se espera que los resultados de este proyecto sirvan como apoyo para otros de mayor alcance como el POMCA, el proyecto Bio 2030 y los Parques del Río Medellín.
<b>PROCEDIMIENTO PARA LA SIMULACIÓN HIDRÁULICA A PARTIR DE LOS SOFTWARE ARCGIS Y HEC-RAS PARA EVENTOS EXTREMOS MÁXIMOS.</b>	Lianet López Rodríguez	Cuenca del río Sagua la Chica, Provincia Villa Clara, Cuba (López Rodríguez,	En este trabajo mediante los programas ArcGIS y HEC-RAS se propone un procedimiento para la simulación hidráulica a partir de los mismos para eventos extremos máximos tomando como caso de estudio la cuenca del río Sagua la

<b>NOMBRE</b>	<b>AUTOR</b>	<b>LUGAR</b>	<b>DESCRIPCIÓN</b>
		2017)	Chica, en Cuba, permitiendo obtener gráficamente la zona de inundación en un área determinada para un caudal dado.

### **3 METODOLOGÍA**

#### **3.1 RECOPIACIÓN, REVISIÓN Y ANÁLISIS DE INFORMACIÓN**

En esta fase se realizará la recopilación, revisión y análisis de información primaria y secundaria disponible de la cuenca de la quebrada Garzón y la zona de estudio que abarca parte de la cabecera municipal del municipio de Garzón; con el fin de dar cumplimiento a los objetivos propuestos. La información corresponde a:

- Cartografía básica del IGAC.
- Modelo de elevación digital (DEM).
- Información hidroclimatológica (series climáticas e hidrológicas).
- Mapas de cobertura vegetal.
- Plan de ordenamiento territorial municipio de Garzón
- Estudios de Amenaza, vulnerabilidad y riesgo para el municipio de Garzón.
- Levantamiento topo-batimétrico de la quebrada Garzón, Care Perro y Garzoncito.

#### **3.2 MODELACIÓN HIDROLÓGICA**

Durante esta etapa se llevara a cabo la modelación hidrológica de la cuenca de la quebrada Garzón mediante el modelo computacional HEC-HMS. Se realizará la simulación de la escorrentía superficial en la quebrada Garzón en respuesta a un evento de precipitación como un sistema interconectado de componentes hidrológicas e hidráulicas. Cada componente (Climatológico, hidrológico, hidrográfico, topográfico, etc) modela como un aspecto del proceso precipitación - escorrentía dentro de una porción de la cuenca hidrográfica, comúnmente referida como una sub-cuenca. La representación de estos componentes requiere de un conjunto de parámetros que especifican las características particulares de tal componente y las relaciones matemáticas que describen los procesos físicos que ocurren y la involucran.

El resultado del proceso de modelación es la determinación de los hidrogramas de creciente en puntos determinados de la cuenca hidrográfica.

### **3.3 MODELACIÓN HIDRÁULICA**

En esta fase se llevará a cabo la modelación hidráulica de las quebradas Garzón, Careperro y Garzoncito, mediante el software estadounidense HEC-RAS 5.3 flujo bidimensional (2D) el cual permite realizar simulaciones bidimensionales con el fin de analizar y comprender con mayor certeza el comportamiento hidráulico del flujo.

### **3.4 CATEGORIZACIÓN DE LA AMENAZA**

Teniendo en cuenta las machas de inundación obtenidas en la modelación hidráulica mediante el software HEC-RAS y aplicando la metodología empleada en el estudio de “Zonificación de amenazas por inundaciones a escala 1:2.000 y 1:5.000 en áreas urbanas para diez municipios del territorio colombiano” (IDEAM & UNAL , 2013) desarrollado por el **IDEAM** y la **UNAL**, se categorizan las zonas de amenaza por inundación en la quebrada Garzón entre los rangos baja, media y alta.

### **3.5 ANÁLISIS DE RESULTADOS**

Identificar y analizar las zonas o puntos críticos de inundación en la zona de estudio de la quebrada Garzón.

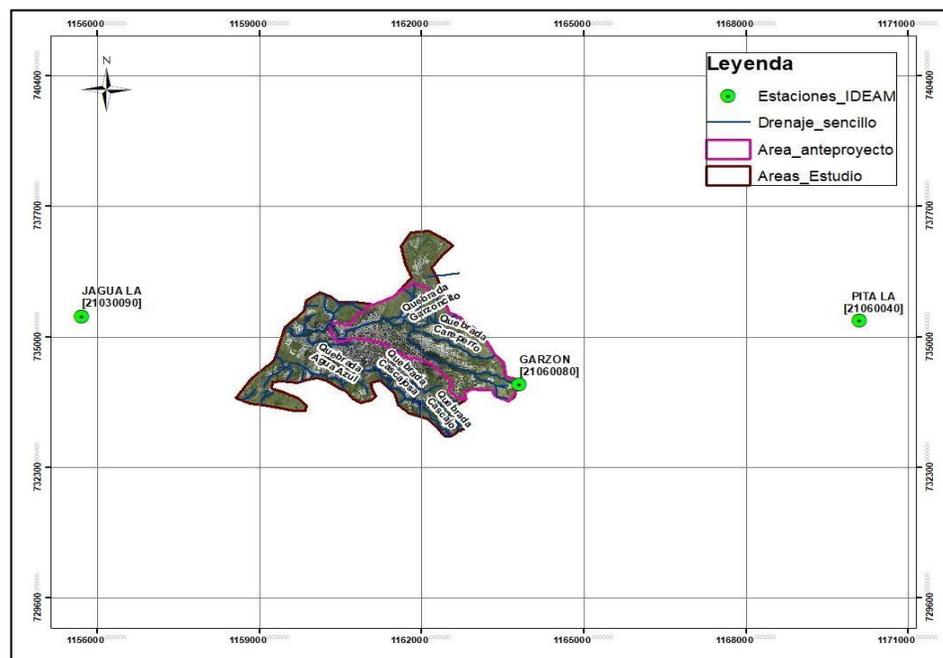
## 4 DESARROLLO METODOLÓGICO

### 4.1 ESTUDIO HIDROLÓGICO

En este campo fueron consideradas las variables ambientales, características de los suelos y morfometría de la cuenca para la estimación de los caudales para cargar el modelo HEC-RAS 2D.

#### 4.1.1 Área de estudio

En primer lugar, es fundamental determinar el área de estudio, y junto a esta las estaciones de monitoreo ambiental con cobertura del sector, de esta manera determinar cuál información resulta útil para el estudio. En la Ilustración 3 se presenta la relación del área de estudio con las estaciones meteorológicas.



**Ilustración 3 Localización del área de estudio y estaciones de referencia**  
Fuente: Elaboración propia

Dado lo anterior, se encuentran disponibles las siguientes estaciones de monitoreo ambiental, descritas en la Tabla 2 pertenecientes a la red Hidrometeorológica del IDEAM, como estación de referencia para la realización de los cálculos.

**Tabla 2 Estaciones de monitoreo ambiental de referencia**

ESTACIONES IDEAM			
NOMBRE	CODIGO	CATEGORIA	ESTADO
PITALA	21060040	Pluviometrica	Activa
GARZON	21060080	Pluviometrica	Activa
LA JAGUA	21030090	Pluviometrica	Activa

**Fuente:** IDEAM

De las anteriores estaciones, se decide trabajar con la información meteorológica Lourdes al ser la estación más cercana al área del proyecto y cuya información se encuentra más consistente.

#### 4.1.2 Análisis de precipitación

##### 4.1.2.1 Características de la Cuenca

Realizando los cálculos correspondientes se obtienen los resultados presentados en la tabla 3. Se tienen en consideración, únicamente aquellas características requeridas para la alimentación del modelo, o para otros cálculos dependientes.

OBJECTIVO	CUENCA	Área (Km <sup>2</sup> )	Perímetro (Km)	Pendiente	Factor de forma	Índice de compacidad	Factor Forma
		A (Km <sup>2</sup> )	P (Km)	%	Kf	Según Kc	Según Kf
1	1	19,40	19,59	0,25	0,43	Redonda a Oval redonda	Ni Alargada ni ensanchada
2	2	16,04	23,99	0,19	1,09	De Oval oblonga a Rectangular Oblonga	Muy Ensanchada
3	3	13,07	16,32	0,18	0,48	De Oval redonda a Oval Oblonga	Ligeramente Ensanchada
4	4	6,80	6,80	0,22	0,42	Redonda a Oval redonda	Ni Alargada ni ensanchada
5	5	3,65	3,65	0,16	0,18	Redonda a Oval redonda	Muy alargada
6	6	5,54	11,84	0,11	0,26	De Oval redonda a Oval Oblonga	Alargada
7	7	6,13	14,50	0,10	0,26	De Oval oblonga a Rectangular Oblonga	Alargada
8	8	7,84	7,84	0,07	0,49	Redonda a Oval redonda	Ligeramente Ensanchada

**Tabla 3 Resumen de características de la cuenca**

**Fuente:** Elaboración propia

#### 4.1.2.2 *Tiempos de concentración*

Empleados los resultados del numeral anterior, se calculan los tiempos de concentración, mediante distintos métodos para los puntos de interés cuyos resultados se presentan en la Tabla 4. El valor final, corresponde al ponderado de todos los métodos.

**Tabla 4 Tiempos de concentración calculados**

Tiempos de concentracion (horas)									
Kirpich (h)	Témez (h)	Williams (h)	Johnstone y Cross (h)	Giandotti (h)	SCS-Ranser (h)	Ventura - Heras (h)	V.T. Chow (h)	Cuerpo de Ingenieros del Ejército de los Estados Unidos (h)	MEDIA
0,55	0,83	1,71	3,53	0,10	0,63	1,37	0,40	0,77	0,77
0,79	1,11	2,58	4,45	0,11	0,89	1,98	0,54	1,04	1,04
0,50	0,67	1,35	3,09	0,09	0,51	1,04	0,34	0,63	0,63
0,51	0,86	1,99	4,01	0,11	0,76	1,36	0,48	0,80	0,80
0,43	0,59	1,31	2,98	0,08	0,48	0,86	0,33	0,55	0,55
0,49	0,59	1,25	2,97	0,09	0,48	0,86	0,32	0,55	0,55
0,69	0,85	1,98	3,91	0,10	0,73	1,35	0,46	0,79	0,79
0,58	0,68	1,45	3,60	0,14	0,64	0,98	0,41	0,63	0,64

**Fuente:** Elaboración propia

## 4.2 MODELACIÓN HIDROLÓGICA

### 4.2.1 Modelo hidrológico-Lluvia Escorrentía

Los modelos lluvia escorrentía son empleados para modelar el ciclo hidrológico y obtener diferentes elementos de este a partir de los datos conocidos. En estos modelos se representan los fenómenos que van ocurriendo durante el ciclo. Estos modelos lluvia escorrentía se deben hacer preferentemente para largos periodos de tiempo y que incluyan temporadas secas y húmedas, en los casos que se quieran conocer los caudales para largos periodos.

En este caso para la realización del balance hídrico se empleó el software HEC-HMS, la metodología a emplear para realizar el método de pérdidas será la metodología conocida como “Continuos Soil Moisture Accounting (SMA)”. Esta metodología será descrita a continuación.

Se aclara que este tipo de modelos deberían ser calibrados a partir de mediciones en campo para buenos periodos de registro, sin embargo, en caso de no poder tener datos disponibles se deben tener las mejores consideraciones posibles para obtener resultados más apegados a la realidad.

#### 4.2.2 Datos de entrada al Modelo HEC-HMS (SMA)

Los datos básicos para la modelación hidrológica son las características físicas de la cuenca hidrográfica, tales como el área y el tiempo de concentración, estos datos se presentan más adelante para cada cuenca.

##### 4.2.2.1 Datos de precipitación

Se realiza el cálculo de los datos mensuales de precipitación para cada cuenca (ver anexos):

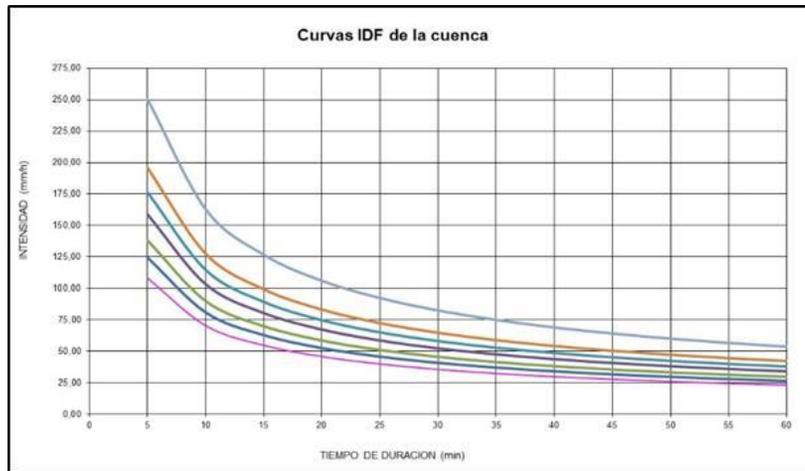
DATOS MENSUALES DE PRECIPITACIÓN MÁXIMA EN 24 Hrs. (mm)													
Año	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	Máximo
1990	84,63	130,00	217,04	66,92	182,04	82,00	170,08	82,92	72,00	72,00	151,92	116,08	217,04
1991	272,42	35,58	54,00	148,00	119,00	82,00	96,00	79,50	52,50	75,62	36,38	180,00	272,42
1992	370,00	109,71	26,29	62,00	107,42	54,29	64,29	44,42	101,58	47,00	44,00	280,67	370,00
1993	212,04	97,83	171,46	131,00	173,00	153,42	87,58	136,00	60,00	61,12	234,54	181,50	234,54
1994	57,83	262,12	245,88	179,04	117,37	128,58	111,42	105,58	60,00	76,00	238,00	159,00	262,12
1995	42,00	50,00	95,50	124,50	119,00	90,00	174,00	139,00	51,00	54,00	182,00	146,00	182,00
1996	47,00	106,25	174,17	186,58	129,00	97,42	158,58	88,00	72,00	47,00	220,00	79,83	220,00
1997	64,67	205,67	39,58	68,96	108,04	150,00	182,83	47,17	22,00	44,00	32,00	58,67	205,67
1998	36,33	49,00	89,00	225,87	70,54	213,58	158,00	160,00	128,00	71,42	160,71	237,88	237,88
1999	46,25	182,75	412,62	118,33	235,17	166,88	133,00	153,00	40,54	120,29	100,17	133,71	412,62
2000	181,29	131,00	161,71	184,29	99,71	282,54	90,75	112,00	80,00	116,00	170,08	73,92	282,54
2001	143,00	95,00	104,54	183,46	167,42	140,42	108,17	76,00	43,00	111,00	108,83	114,29	183,46
2002	92,88	97,00	107,00	236,71	142,00	206,71	126,58	97,00	30,71	61,29	140,54	63,46	236,71
2003	31,00	118,71	21,71	117,42	153,17	82,71	64,29	56,00	34,00	68,08	226,92	87,08	226,92
2004	69,92	183,00	134,71	150,00	200,29	115,12	117,88	101,71	35,29	62,71	96,29	195,00	200,29
2005	95,00	25,00	134,00	125,00	261,00	178,71	95,83	33,17	45,00	65,29	166,00	76,00	261,00
2006	246,00	127,00	48,00	334,71	271,00	88,54	173,75	143,08	46,00	92,92	174,42	148,58	334,71
2007	235,00	29,00	55,00	88,00	236,00	258,54	124,46	49,00	39,00	82,00	198,54	104,17	258,54
2008	96,29	159,00	155,00	269,00	183,17	229,54	219,29	107,00	46,00	64,00	155,12	261,79	269,00
2009	154,08	120,00	106,42	264,67	122,04	99,88	135,12	86,88	111,00	35,00	232,42	217,58	264,67
2010	46,00	6,00	54,00	63,00	225,37	213,71	143,04	131,62	35,83	61,21	98,00	155,71	225,37
2011	98,29	43,00	127,83	166,17	400,71	173,29	172,00	119,12	36,58	58,00	230,29	233,00	400,71
2012	237,00	311,12	108,88	136,00	115,33	66,62	61,46	103,71	76,58	70,29	74,00	104,12	311,12
2013	213,88	84,71	279,29	71,00	49,00	132,08	73,62	62,29	62,12	49,42	54,46	161,83	279,29
2014	58,17	147,00	135,67	70,04	144,29	141,12	111,58	47,29	110,00	30,00	225,08	180,92	225,08
2015	101,00	80,42	148,54	221,04	106,00	91,42	138,58	58,71	20,42	14,00	34,58	149,29	221,04
2016	40,00	76,00	24,00	128,83	174,17	136,71	125,29	69,42	28,71	144,54	210,37	166,29	210,37
2017	173,00	187,00	147,58	300,54	101,00	166,58	78,00	46,29	95,00	53,00	116,67	309,46	309,46
2018	128,25	78,63	117,96	150,12	106,62	135,54	168,17	64,71	33,88	62,00	197,00	123,42	197,00
MAX	370,00	311,12	412,62	334,71	400,71	282,54	219,29	160,00	128,00	144,54	238,00	309,46	412,62

Ilustración 5 Cálculo de datos mensuales de precipitaciones en 24 hrs de 1990 al 2018

Fuente: Elaboración propia

#### 4.2.2.2 *Curvas IDF*

Se continua con la elaboración de curvas IDF para cada una de las cuencas (ver anexos):



**Ilustración 4 curva IDF de la cuenca1**

Fuente: Elaboración propia

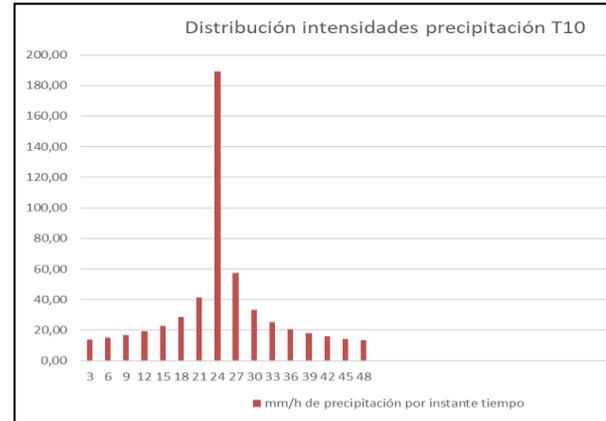
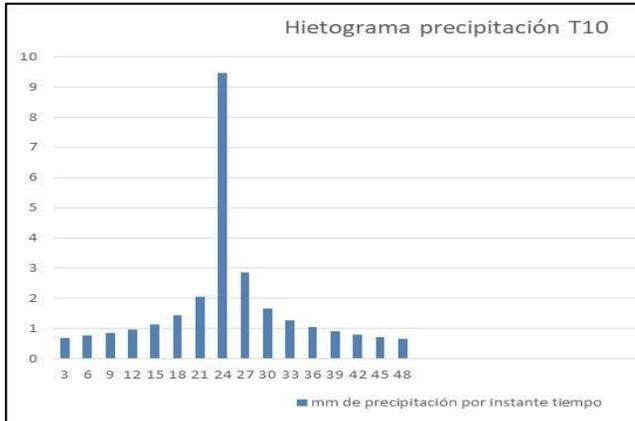
#### 4.2.2.3 *Hietogramas*

Se realizó un Hietograma para cada periodo de retorno, 10, 20 y 100 años para cada una de las cuencas.

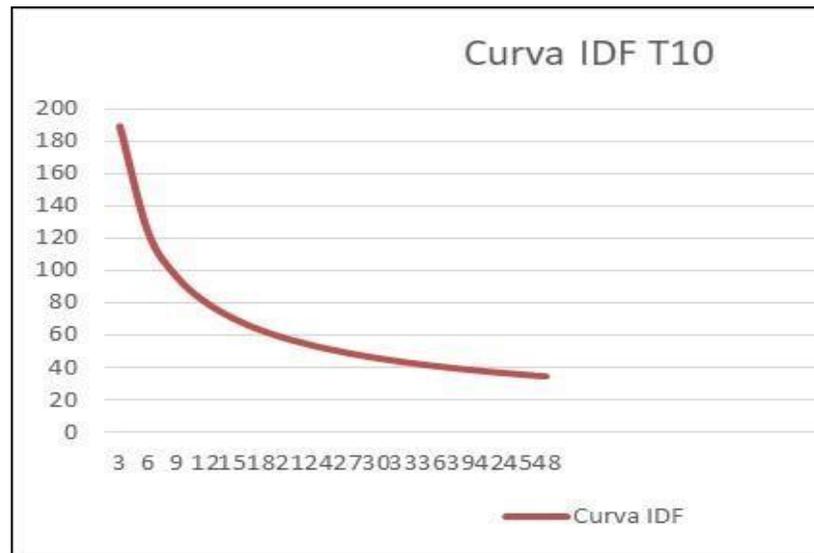
HIETOGRAMA PARA PERIODO RETORNO 10 AÑOS						
Duración de la tormenta (h)	0,8		48 min			
Intensidad de lluvia (mm/h)	34,04					
Precipitación en 24 horas (mm)	27,23					
Intervalos de tiempo (min)	3					
Instante (min)	Intensidad (mm/h)	Precipitación acumulada (mm)	Precipitación (mm)	Intensidad parcial (mm/h)	Precipitación Alternada (mm)	Int. Parcial Alternada (mm)
3	189,30	9,46	9,46	189,30	0,69	13,79
6	123,27	12,33	2,86	57,24	0,76	15,12
9	95,91	14,39	2,06	41,20	0,84	16,84
12	80,27	16,05	1,67	33,35	0,96	19,20
15	69,92	17,48	1,43	28,50	1,13	22,68
18	62,46	18,74	1,26	25,16	1,43	28,50
21	56,78	19,87	1,13	22,68	2,06	41,20
24	52,27	20,91	1,04	20,75	9,46	189,30
27	48,60	21,87	0,96	19,20	2,86	57,24
30	45,53	22,77	0,90	17,92	1,67	33,35
33	42,92	23,61	0,84	16,84	1,26	25,16
36	40,67	24,40	0,80	15,92	1,04	20,75
39	38,71	25,16	0,76	15,12	0,90	17,92
42	36,97	25,88	0,72	14,42	0,80	15,92
45	35,43	26,57	0,69	13,79	0,72	14,42
48	34,04	27,23	0,66	13,23	0,66	13,23

**Tabla 6 Cálculos de datos para hietograma del periodo de retorno 10 años cuenca 1**

Fuente: Elaboración propia



**Ilustración 5 Hietogramas de precipitación e intensidades cuenca 1 periodo de retorno 10 años**  
**Fuente:** Elaboración propia



**Ilustración 6 Curva IDF cuenca 1 periodo de retorno 10 años**  
**Fuente:** Elaboración propia

#### 4.2.2.4 *Datos de caracterización de coberturas y suelos*

Para este capítulo la caracterización de las coberturas de suelos se analizó teniendo en cuenta el estado actual de la zona.

El número de curva N depende del tipo y uso del suelo; sin embargo, su valor puede incrementarse o disminuir dependiendo de la humedad existente en la cuenca antes de

presentarse la tormenta de diseño; por esta razón se diferencian tres estados básicos de humedad antecedente:

NI: humedad antecedente seca; es decir los suelos de la cuenca se encuentran secos y por lo tanto presentan bajo potencial de escurrimiento.

NII: humedad antecedente promedio.

NIII: humedad antecedente saturado; los suelos de la cuenca se encuentran prácticamente saturados y por lo tanto presentan alto potencial de escurrimiento.

Las cuencas con áreas menores o iguales a 2.5 Km<sup>2</sup>, se saturan con facilidad por su pequeño tamaño y por lo tanto se analizan asumiendo una humedad antecedente tipo NIII; es decir saturada. Por otra parte, en las cuencas con área mayor a 2.5 Km<sup>2</sup>, la distribución espacial de la lluvia es menos uniforme en la medida en que crece la cuenca y por lo tanto es más difícil de saturar la cuenca en la medida en que crece el área de la misma. Por lo tanto, es necesario asumir condiciones de humedad antecedente más bajas en la medida en que crece su área.

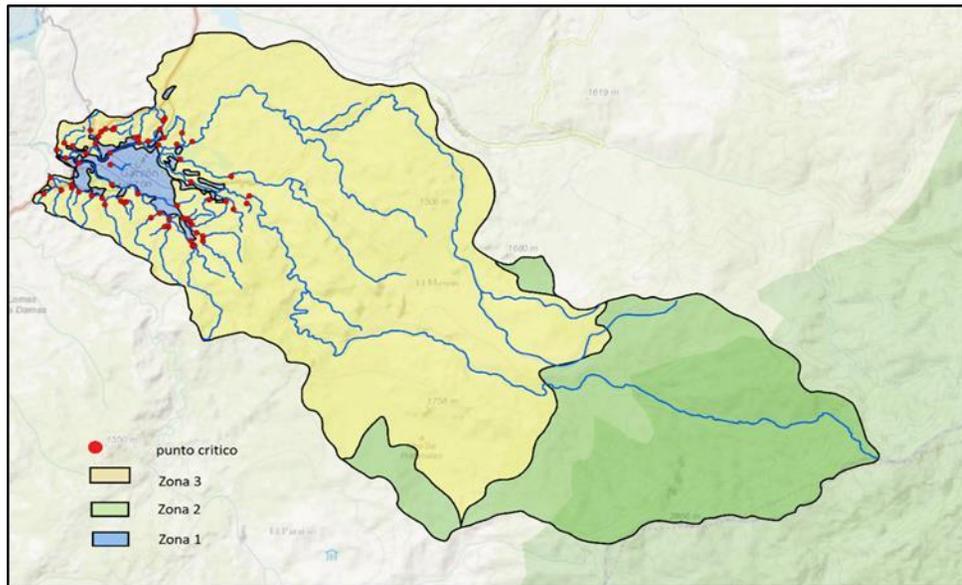
Para efectos del presente estudio, se asumió que se pueden encontrar condiciones de humedad antecedente tipo NII, para cuencas con área de 250 Km<sup>2</sup>. Por lo tanto, para las cuencas con áreas entre 2.5 Km<sup>2</sup> y 250 Km<sup>2</sup>, se obtuvo el número de curva interpolando en función del área entre los valores NIII y NII (GCC Ingeniería SAS, 2018)

Como ya se indicó anteriormente el valor de los coeficientes C (Método racional) y el número de curva N (Hidrograma Unitario), se obtuvieron de la observación de la cobertura y uso del suelo general de cada cuenca, en el visualizador geográfico Google Earth de uso libre; En la Ilustración 118 Se presenta las tres zonas generales identificadas en la zona de estudio, como se muestra en la Tabla 45. La primera zona corresponde al casco urbano donde se presentan altas velocidades de flujo superficial y muy poca o nada permeabilidad del suelo, la segunda zona corresponde a un suelo de uso mixto con pastales cultivos y arborización poco densa, y la tercera corresponde a arborización más densa y suelo poco alterado (GCC Ingeniería SAS, 2018).

**Tabla 7 Valores coeficientes C y NII**

	N	C
Zona 1	95	0.8
Zona 2	74	0.35
Zona 3	64.5	0.3

**Fuente: GCC Ingeniería SAS**



**Ilustración 7 Caracterización Coeficientes C y cobertura N.**

**Fuente: GCC Ingeniería SAS**

#### **4.2.2.5 Precipitaciones máximas a periodos de retorno considerados**

Teniendo en cuenta las curvas IDF generadas, mediante la evaluación de los tiempos de concentración calculados, se procede a realizar el cálculo de las precipitaciones máximas 24 horas para los periodos de retorno contemplados para el estudio **10, 20 y 100** años. Estos resultados se presentan en la 8.

Tiempo de Duración	Cociente	Precipitación máxima Pd (mm) por tiempos de duración						
		2 años	5 años	10 años	25 años	50 años	100 años	500 años
24 hr	X24	70,5321	89,1641	101,5001	117,0867	128,6497	140,1274	166,6504
18 hr	X18 = 91%	64,1842	81,1393	92,3651	93,6694	117,0712	127,5159	151,6519
12 hr	X12 = 80%	56,4257	71,3313	81,2001	93,6694	102,9198	112,1019	133,3203
8 hr	X8 = 68%	47,9618	60,6316	69,0201	79,6190	87,4818	95,2866	113,3223
6 hr	X6 = 61%	43,0246	54,3901	61,9151	71,4229	78,4763	85,4777	101,6568
5 hr	X5 = 57%	40,2033	50,8235	57,8551	66,7394	73,3303	79,8726	94,9907
4 hr	X4 = 52%	36,6767	46,3653	52,7801	60,8851	66,8979	72,8662	86,6582
3 hr	X3 = 46%	32,4448	41,0155	46,6901	53,8599	59,1789	64,4586	76,6592
2 hr	X2 = 39%	27,5075	34,7740	39,5850	45,6638	50,1734	54,6497	64,9937
1 hr	X1 = 30%	21,1596	26,7492	30,4500	35,1260	38,5949	42,0382	49,9951

**Tabla 8 Precipitación máximas horarios**  
Fuente: Elaboración propia

#### 4.2.2.6 *Precipitación efectiva*

Considerando que se trata de un modelo de lluvia escorrentía, se realiza el cálculo la precipitación efectiva, la cual depende básicamente del número de curva, general, para el área aferente al tramo de la quebrada evaluada.

### 4.3 MODELACIÓN HIDRÁULICA

La modelación para la amenaza por inundación en el municipio de Garzón se realizó por medio del software HEC-RAS 2D. A continuación, se presenta la metodología empleada.

#### 4.3.1 Datos de entrada al Modelo

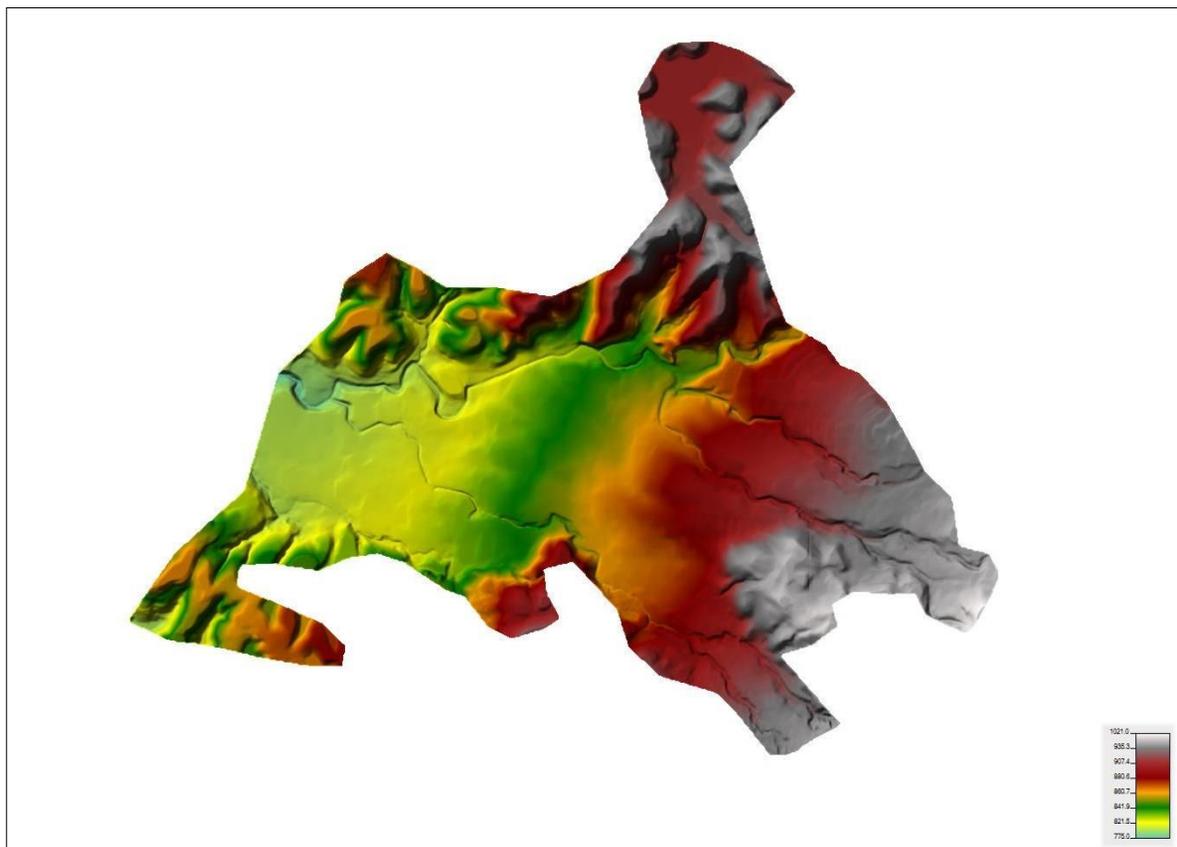
##### 4.3.1.1 *Modelo de elevación DEM*

- **Levantamiento Topo-batimétrico**

El levantamiento de la información de campo, se fundamentó en la obtención de una nube de puntos, tanto en ríos, quebradas, drenajes existentes dentro del municipio, por medio de secciones batimétricas las cual incluían zonas aledañas a los cauces llamadas zonas probablemente inundables y estructuras hidráulicas; con el fin de conseguir un modelo de

elevación digital del terreno. Para la realización de la topografía se utilizó Drone y receptores GPS Topcon hipper II de doble frecuencia en tiempo real y equipo complementario de topografía.

Una vez realizada la integración de la información del ortofotomosaico y del levantamiento topo-batimétrico, el producto final es la generación del modelo de elevación digital (MDT) (ver ilustración 8).



**Ilustración 8 Modelo Digital de elevación municipio de Garzón**

**Fuente:** Elaboración propia

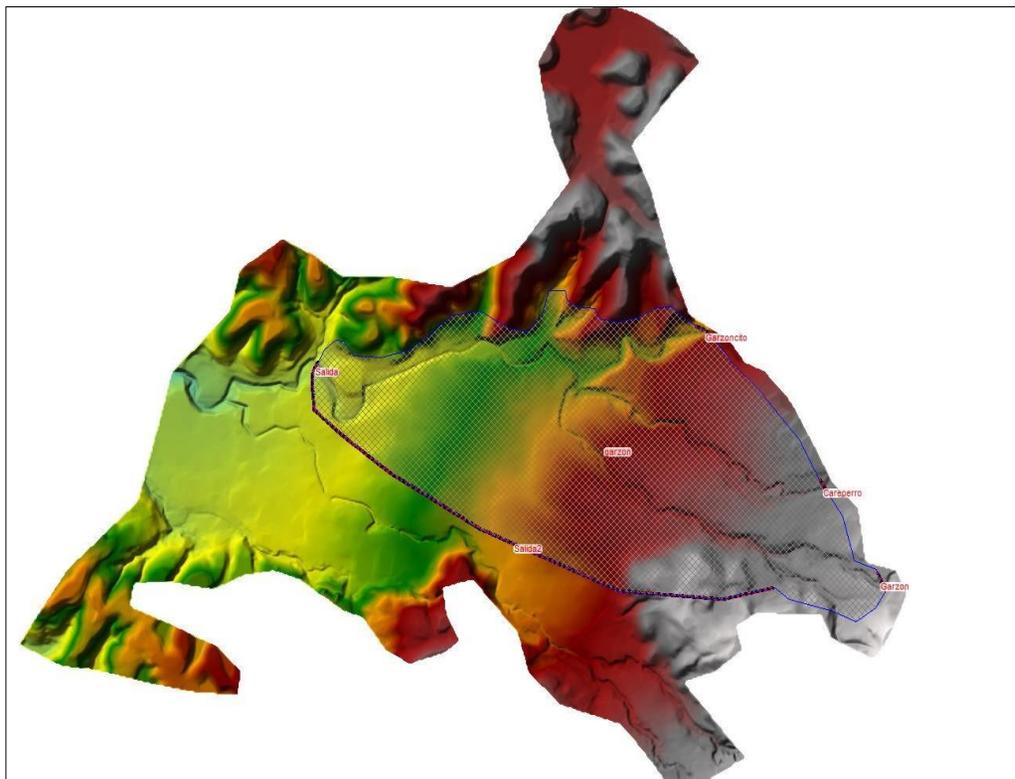
#### **4.3.1.2 Definición de la geometría**

Para realizar la modelación del área de estudio del municipio de Garzón por medio del software HEC-RAS, se realizó la definición 2D Flow Area que corresponde al límite del área a ser modelada. Se le asignó un mallado de tamaño n, que corresponde al nivel de detalle de los

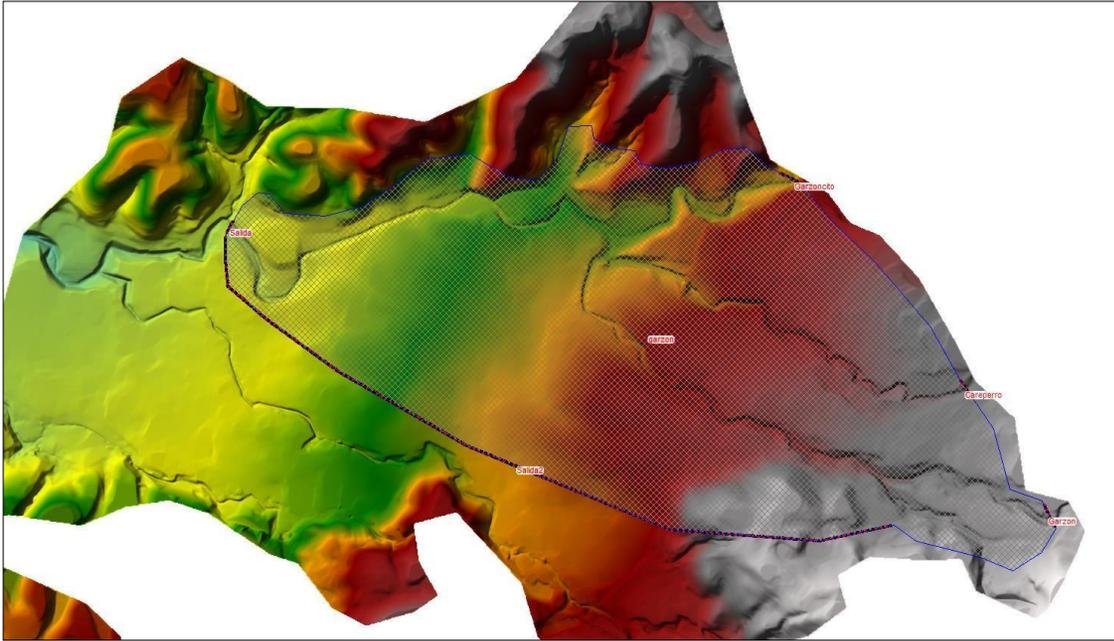
datos ingresados al modelo. Para el municipio de Garzón se seleccionó un tamaño de celda de 2 m<sup>2</sup>; este tamaño de celda se asocia a los intervalos de modelación ya que este tiempo no puede ser superior al que tomaría una partícula en circular entre celdas.

A partir del 2D Flow Área generada para el municipio de Garzón (malla), se estableció la ubicación y condiciones de entrada y salida en el modelo. El área de la malla se generó a partir de la ubicación de los puntos críticos establecidos y las salidas de las quebradas que transitan por el casco urbano del municipio de Garzón (Ver Ilustración ).

Las entradas de caudal al modelo corresponden a la quebrada Garzón, Careperro y Garzoncito y se encuentran 2 salidas, la primera se encuentra en la quebrada Garzón en el límite nororiental de la zona de estudio y la segunda en la zona sur del área de estudio.



**Ilustracion 9 2D Flow Area del municipio de Garzon en HEC-RAS 5.03 Vista general**  
**Fuente:** Elaboracion propia



**Ilustración 10 2D Flow Área del municipio de Garzón en HEC-RAS 5.03**  
**Fuente:** Elaboración propia

- **Rugosidad (Manning's value)**

La rugosidad se define como la resistencia que genera una superficie a las fuerzas gravitatorias que generan el movimiento de un fluido, y por lo tanto alterando la velocidad de flujo. Los coeficientes de rugosidad de Manning son valores adimensionales los cuales varían por los siguientes factores (VEN TE CHOW, 1994):

- **Rugosidad Superficial:** Se define por el tamaño y forma de los granos de los materiales del perímetro mojado.
- **Vegetación:** Es considerada como un tipo de rugosidad superficial, ya que altera el flujo normal del agua, esta depende de la altura, densidad, distribución y tipo de vegetación.
- **Obstrucción:** La presencia de obstrucciones que alteren el flujo natural como lo pueden ser troncos, obras hidráulicas, rocas y cualquier tipo de elemento que evite el curso natural del fluido.

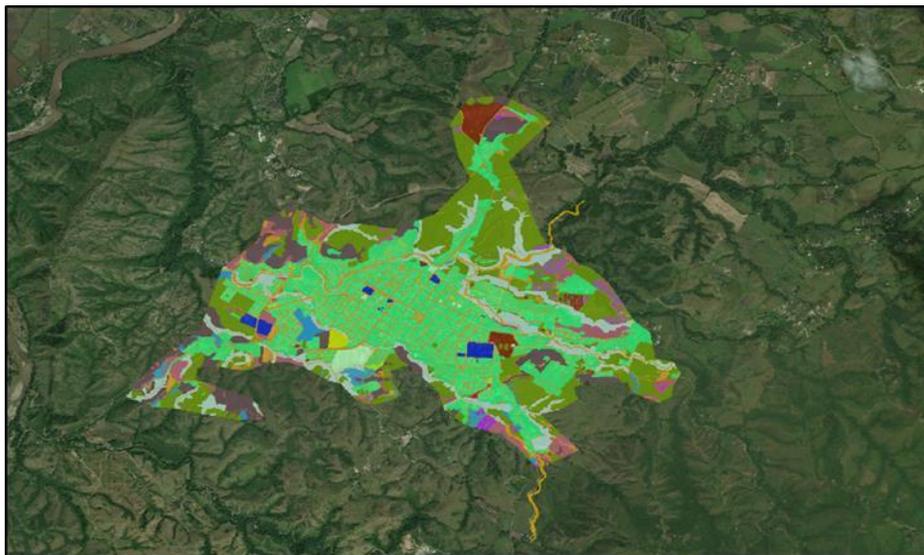
- Nivel: En medida que la altura de la lámina de agua aumenta se presenta una reducción en el valor de la rugosidad, debido a que las irregularidades del fondo del canal quedan expuestas y los efectos son más pronunciados. Sin embargo, el  $n$  de manning puede mantenerse alto en niveles altos debido a la vegetación de las bancas.

Adicionalmente, para canales abiertos se consideran las siguientes variables VEN TE CHOW (1994):

- Irregularidad del canal: Hace referencia a cambios considerables en el perímetro mojado, y en el área y forma de la sección transversal.
- Alineamiento del canal: Debido a la curvatura puede presentarse la acumulación de materiales flotantes que aumenten la rugosidad, por lo tanto, aquellas curvas bruscas presentaran un mayor  $n$  de manning.
- Sedimentación y socavación: La sedimentación tiende a modificar la forma del canal, convirtiéndolo de un canal irregular a uno relativamente uniforme, disminuyendo el  $n$  de manning, a diferencia de la socavación que genera un efecto opuesto.

A partir de la revisión de la cobertura y en consideración con las anteriores variables se establecieron los  $n$  de Manning para el municipio de Garzón, los cuales se presentan en la ilustración

11.



**Ilustración 11 Valores de  $n$  de manning para el municipio de Garzón**  
Fuente: Elaboración propia

Teniendo en cuenta las coberturas que se identificaron en la cabecera municipal, se realizó la relación entre la cobertura y el coeficiente de rugosidad de Manning de los cauces presentes en el casco urbano, con el fin de estimar los Manning del lecho de las quebradas en la zona de estudio.

En las demás áreas aledañas a las quebradas, se adoptaron valores teóricos de rugosidad de Manning, acorde con las características de la zona, respecto de sus coberturas, dado que no existe información de aforos de crecientes en las quebradas.

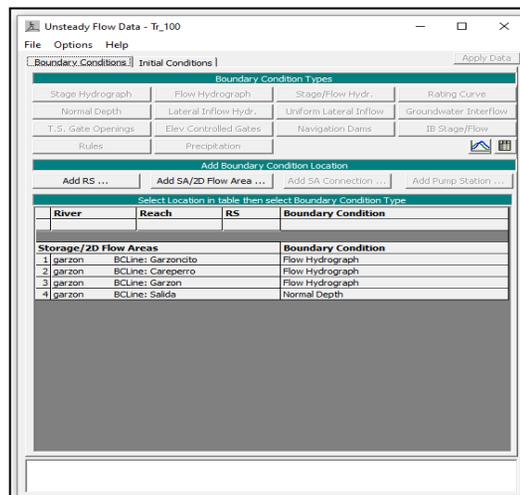
- **Caudales para los períodos de retorno**

Se determinaron los caudales pico para cada uno de los puntos críticos de entrada y las salidas del modelo hidráulico, para los períodos de retorno 10, 20 y 100 años (Ver Tabla 8).

**Tabla 9 Caudales de las crecientes pico esperadas en la quebrada Garzón y sus afluentes, en el casco urbano del municipio de Garzón**

Corriente	Q Tr 10 (m3/s)	Q Tr 20 (m3/s)	Q Tr 100 (m3/s)
Q Garzón	6.7	12.7	38.6
Q Garzoncito	4.4	6.3	14.2
Q Careperro	0.4	0.9	2.9

**Fuente:** Elaboración propia



**Ilustración 12 Ingreso de datos las cuencas al HEC-RAS**

**Fuente:** Elaboración propia

Flow Hydrograph

SA: garzon BCLine: Garzon

Read from DSS before simulation Select DSS file and Path

File: \_\_\_\_\_  
Path: \_\_\_\_\_

Enter Table Data time interval: 5 Minute

Select/Enter the Data's Starting Time Reference

Use Simulation Time: Date: 01SEP2008 Time: 01:00  
 Fixed Start Time: Date: \_\_\_\_\_ Time: \_\_\_\_\_

No. Ordinates | Interpolate Missing Values | Del Row | Ins Row

Hydrograph Data			
	Date	Simulation Time (hours)	Flow (m <sup>3</sup> /s)
1	01sept2008 0100	00:00	0.
2	01sept2008 0105	00:05	0.
3	01sept2008 0110	00:10	0.
4	01sept2008 0115	00:15	0.
5	01sept2008 0120	00:20	0.
6	01sept2008 0125	00:25	0.5
7	01sept2008 0130	00:30	2.3
8	01sept2008 0135	00:35	6.2
9	01sept2008 0140	00:40	12.9
10	01sept2008 0145	00:45	21.2
11	01sept2008 0150	00:50	29.
12	01sept2008 0155	00:55	35.
13	01sept2008 0200	01:00	38.3
14	01sept2008 0205	01:05	38.6
15	01sept2008 0210	01:10	36.5
16	01sept2008 0215	01:15	33.
17	01sept2008 0220	01:20	29.1
18	01sept2008 0225	01:25	25.1
19	01sept2008 0230	01:30	21.3
20	01sept2008 0235	01:35	17.8
21	01sept2008 0240	01:40	14.7
22	01sept2008 0245	01:45	11.9
23	01sept2008 0250	01:50	9.6
24	01sept2008 0255	01:55	7.6
25	01sept2008 0300	02:00	6.1
26	01sept2008 0305	02:05	4.8
27	01sept2008 0310	02:10	3.9
28	01sept2008 0315	02:15	3.1
29	01sept2008 0320	02:20	2.5
30	01sept2008 0325	02:25	2.
31	01sept2008 0330	02:30	1.6
32	01sept2008 0335	02:35	1.3
33	01sept2008 0340	02:40	1.
34	01sept2008 0345	02:45	0.8
35	01sept2008 0350	02:50	0.6
36	01sept2008 0355	02:55	0.5
37	01sept2008 0400	03:00	0.4
38	01sept2008 0405	03:05	0.3
39	01sept2008 0410	03:10	0.2

Time Step Adjustment Options ("Critical" boundary conditions)

Monitor this hydrograph for adjustments to computational time step

Max Change in Flow (without changing time step): \_\_\_\_\_

Min Flow: \_\_\_\_\_ Multiplier: \_\_\_\_\_ EG Slope for distributing flow along BC Line: 0.21

Plot Data OK Cancel

**Ilustración 13 Ingreso de datos de Hidrológicos al HEC –RAS municipio de Garzón**  
**Fuente: Elaboración propia**

#### 4.4 CATEGORIZACIÓN DE LA AMENAZA

El nivel de amenaza se evaluó según la metodología empleada en el estudio de “Zonificación de amenazas por inundaciones a escala 1:2.000 y 1:5.000 en áreas urbanas para diez municipios del territorio colombiano” (IDEAM & UNAL , 2013) desarrollado por el IDEAM y la UNAL, la amenaza se clasificó en tres niveles; Nivel de amenaza Baja, Media y Alta.

El nivel de amenaza está en función de la intensidad y la probabilidad de la inundación. La intensidad de la inundación está definida por la profundidad y por la velocidad del flujo. La probabilidad es inversamente proporcional a la magnitud de la inundación. Por eso, los grandes

eventos ocurren con menor frecuencia, pero poseen alta intensidad relativa a la profundidad y a la velocidad del flujo, mientras que los eventos pequeños son más frecuentes, pero menos dañinos. El nivel de la amenaza se define, entonces, como una función discreta que combina la intensidad (magnitud del evento) y el período de retorno (frecuencia) (IDIGER, 2018). Teniendo en cuenta los criterios encontrados en la literatura acerca de los períodos de retorno y su intensidad, se propone categorizar la amenaza por inundación con la Tabla 10.

**Tabla 10 Categorización de la amenaza por inundación**

CATEGORÍA		PERÍODO DE RETORNO (años)	DESCRIPCIÓN
<b>I</b>	<b>Bajo</b>	<b>100</b>	Niveles máximos obtenidos para el rango entre el evento con caudal máximo de periodo de retorno mayor a 20 años y el de menor o igual a 100 años.
<b>II</b>	<b>Medio</b>	<b>20</b>	Niveles máximos obtenidos para el rango entre el evento con caudal máximo de periodo de retorno mayor a 10 años y el de menor o igual a 20 años.
<b>III</b>	<b>Alto</b>	<b>10</b>	Niveles máximos obtenidos para el evento con caudal máximo de periodo de retorno menor o igual a 10 años.

**Fuente:** GCC Ingeniería SAS.

## 5 ANÁLISIS DE RESULTADOS

### 5.1 ANÁLISIS DE CRECIENTE PARA EL PERÍODO DE RETORNO DE 10 AÑOS

Corresponde a la creciete esperada con período de retorno de 10 años en la quebrada Garzón. Teniendo en cuenta los datos de entrada de los caudales pico (ver Tabla 8), el modelo hidráulico Hec-Ras 2D permitió definir las crecientes de la quebrada, con el fin de calcular los perfiles hidráulicos de las láminas de agua para un periodo de retorno de 10 años el cual corresponde a la amenaza alta por inundación (Ver Ilustración 14).



**Ilustración 14** Modelo HEC-RAS 2D de las quebradas en la zona de estudio Tr 10 años.  
Fuente: Elaboración propia



metros y la lámina de agua en este punto alcanza los 7 metros, por lo tanto, se presenta el desbordamiento del cauce como se observa en la ilustración.

En el punto crítico 2 el talud de la margen izquierda de la quebrada tiene una altura de 1,1 metros y la lámina de agua alcanza 2 metros de altura, por lo tanto, se presenta rebose lateral; es este punto la quebrada Garzoncito es afluente de la quebrada Garzón, por lo tanto se presenta un aumento significativo del caudal

Los barrios Nazareth, La Floresta, Riveras de Garzón, El Monasterio, Los Canelos, El Rosario y El centro son los barrios afectados por el desbordamiento de la quebrada Garzón en los dos primeros puntos críticos que se encuentran en la cabecera municipal; los cuales se encuentran ubicados en las zonas inundables de la quebrada Garzón.

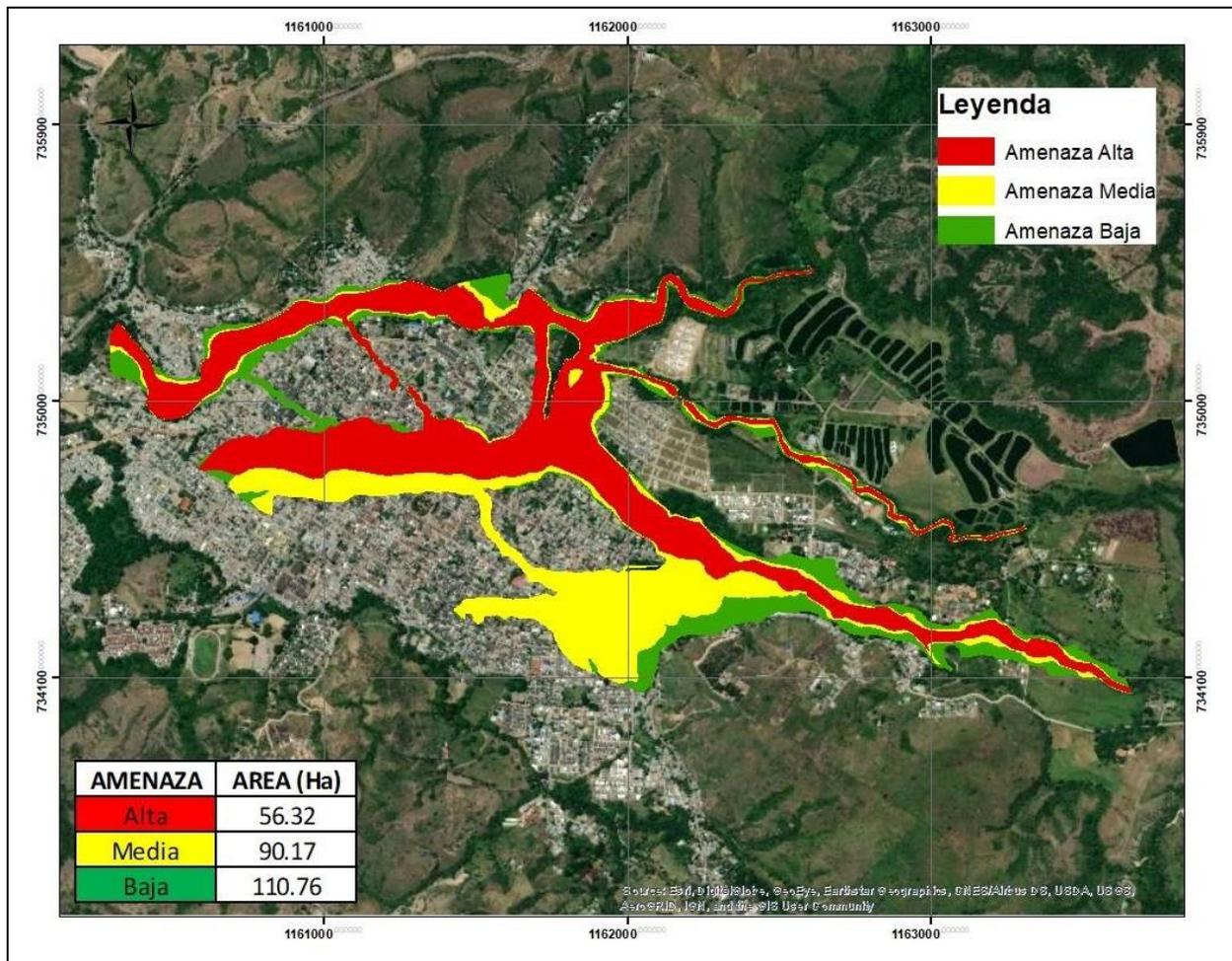
En la zona noroccidental de la cabecera municipal se encuentra el punto crítico 3, en el cual la lámina de agua alcanza 2,7 metros de altura y el terreno en ambos costados de la quebrada Garzón tiene talud de 2,83 metros por lo cual los barrios que se encuentran en ambos costados de la quebrada se ven afectados por eventos de inundación.

En el punto crítico número 4 se encuentra el barrio Julio Bahamón, se presenta afectación de la totalidad de la zona ya que la lámina de agua en este punto aumenta 5 metros y la zona de urbanización se encuentra al mismo nivel de la quebrada; por lo tanto, se presenta inundación de esta zona.

Finalmente, se considera que la caracterización y la elevación de la lámina de agua de la creciente con período de retorno de 10 años que alcanza los 10 metros de altura; permite determinar de manera espacial y local, las alturas mínimas requeridas para las obras a proyectar y/o implementar en la zona de estudio en el municipio de Garzón, con el fin de reducir y/o mitigar la condición de riesgo de inundación de la infraestructura y/o viviendas presentes en dichas zonas inundables, siempre y cuando se tome dicha creciente como criterio de diseño o escenario de amenaza.

## 5.2 ANÁLISIS DE LA AMENAZA POR INUNDACIÓN

Según la categorización de la amenaza presentada en el capítulo 4.4 CATEGORIZACIÓN DE LA AMENAZA se integraron las áreas correspondientes a las categorías de amenaza baja, media y alta para el municipio de Garzón, a partir de la cual se generó la **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.**, donde se identifica que las amenazas alta y media se ubican en los primeros 10 metros de ronda de los drenajes, mientras que el área restante se categoriza con amenaza baja.



**Ilustración 16 Amenaza por inundación municipio de Garzón**

**Fuente:** Elaboración propia

La amenaza alta por inundación para la zona de estudio en el municipio de Garzón corresponde 56,32 has cual corresponde al periodo de retorno de 10 años para las quebradas Garzoncito, Careperro y Garzón, la amenaza media con periodo de retorno de 20 años representa 90,17 has y la amenaza baja, 110,76 has para un periodo de retorno de 100 años.

## 6 CONCLUSIONES

- Se elaboró el análisis de la amenaza de inundación de las quebradas Garzón, Careperro, y Garzoncito; las cuales atraviesan el casco urbano del municipio, jerarquizadas en virtud de la posibilidad de ocurrencia de una inundación a partir de sus características hidrológicas e hidráulicas.
- De acuerdo con los resultados se evidencia que la amenaza alta por inundación para un periodo de retorno de 10 años corresponde a 56,32 has de la zona de estudio, seguido de la categoría de amenaza media con 90,17 has y la amenaza baja 110,76 has.
- Por otra parte, se encuentran categorizados con amenaza alta los barrios Julio Bahamon, Veinte de Julio, Los comuneros, San Vicente de Paula, El Jardín, La Gaitana, San Isidro, Providencia, Los Canelos, ubicados sobre la quebrada Garzón en la zona norte de la cabecera municipal, los cuales presentan registros históricos de inundaciones, donde la lámina de agua alcanza los dos metros de altura según las modelaciones realizadas con el software HEC-RAS 2D.

## 7 RECOMENDACIONES

- Teniendo en cuenta el resultado de amenaza por inundación, se evidencian que los elementos expuestos (construcciones e infraestructura vial) que se encuentran en las zonas de amenaza, requieren de acciones inmediatas para la gestión del riesgo. Por lo anterior es necesario implementar medidas estructurales (obras) en los márgenes de las quebradas.
- Se recomienda implementar también medidas no estructurales como campañas para preservar los cauces y recursos hídricos, campañas de educación para evitar la construcción en zonas aledañas a los ríos y planes para evitar y mitigar el riesgo por inundaciones.

## BIBLIOGRAFÍA

Alcaldía municipal de Garzón. (2007). *Revisión y actualización del Plan básico de Ordenamiento Territorial (PBOT) municipio de Garzón*. Garzón.

Alcaldía municipal Garzón. (2018). *REFORMULACIÓN DEL PLAN BÁSICO DE ORDENAMIENTO TERRITORIAL DEL MUNICIPIO DE GARZÓN-HUILA 2018-2031*. Garzón: Alcaldía municipal Garzón.

Campos, A. (2009). *Articulando la gestión del riesgo y la adaptación al cambio climático en el sector agropecuario*. Lima: Secretaría General de la CAN-PREDECAN.

Fernández Cacho, L. (26 de Enero de 2017). *eadic formación y consultoría*. Recuperado el 10 de Abril de 2019, de eadic formación y consultoría: <https://www.eadic.com/ventajas-de-hec-ras-5-0-frente-hec-ras-4-3/>

Gómez, E. A., & Castillo, H. G. (2005). *APLICACIÓN DEL MODELO COMPUTACIONAL HEC-HMS EN LA ESTIMACIÓN DE CAUDALES MÁXIMOS EN LA CUENCA DEL RÍO FRÍO CUNDINAMARCA*. Bogotá: Universidad Católica de Colombia.

Hicks, F., & Peacock, T. (2013). Suitability of HEC-RAS for Flood Forecasting. *Canadian water Resources Journal*, 159-174.

IDEAM & UNAL . (2013). *Zonificación de amenazas por inundaciones a escala 1:2000 y 1:5000 en áreas urbanas para 10 municipios del territorio colombiano*. Bogotá: IDEAM.

IDEAM. (3 de Abril de 2019). *IDEAM-Instituto de Hidrología, Metereología y Estudios Ambientales*. Recuperado el 3 de Abril de 2019, de IDEAM: <http://www.ideam.gov.co/web/agua/amenazas-inundacion>

IDIGER. (2018). *Amenaza por inundación en perspectiva del cambio climático*. Bogotá.

La Nación. (1 de Abril de 2017). *Estragos por lluvias en Garzón*. Obtenido de <http://www.lanacion.com.co/2017/04/01/estragos-por-lluvias-en-garzón/>

López Rodríguez, L. (2017). *Procedimiento para la simulación hidráulica a partir de los software ArcGis y HEC-RAS para eventos extremos máximos*. Santa Clara.

Marín Muñoz, A. F., & Barros Martínez, J. F. (2016). Modelación tránsito de crecientes en el río Aburrá-Medellín para una propuesta de restauración . *Scielo*.

Mora Mariño, W., & Ochoa, R. G. (2016). *Modelamiento de zonas de inundación por medio de las herramientas HEC-RAS, GEO-RAS Y ARCGIS, para el sector comprendido entre los municipios de Corrales-paz del Río a lo largo del río Chicamocha, en el departamento de Boyacá*. Sogamoso.

Mosquera-Machado, S., & Ahmad, S. (2007). Flood hazard assessment of Atrato River in Colombia. *S. Water Reosur Manage*, 591-609.

Nanía, L., & Molero, E. (20017). *Manual Básico de HEC-RAS 3.1.3 y HEC-GeoRAS 3.1.1*. Granada: Universidad de Granada.

Omena Monte, B. E., Duda Costa, D., Bazilio Chaves, M., Magalhães, L. d., & Uvo, C. (2016). Hydrological and hydraulic modelling applied to the mapping of flood-prone areas . *Revista Brasileira de Recursos Hídricos* , 152-167.

Quirogaa, V. M., Kurea, S., Udoa, K., & Manoa, A. (2016). pplication of 2D numerical simulation for the analysis of the February 2014 Bolivian Amazonia flood: Application of the new HEC-RAS version 5,. *Ribagua*, 25-33.

SIAC. (2019). *Sistema de información Ambiental de Colombia*. Recuperado el 22 de Abril de 2019, de SIAC: <http://www.siac.gov.co/ninoynina>

Torres Quintana, M. F. (2017). *Modelación hidrológica para el estudio de inundación, en el departamento de Cundinamarca, del río frío a la altura del municipio de Chía*. Bogotá.

Torres Quintero, E., & González Naranjo, E. (2009). *Aplicación del modelo de simulación hidráulica HEC-RAS para la emisión de pronósticos hidrológicos de inundaciones en tiempo real, en la cuenca media del río Bogotá-sector Alicachin*. Bogotá.

U.S. Army Corps of Engineers. (2000). *Hydrologic Modeling System HEC-HMS Technical Reference Manual*. Davis CA.

**ANEXOS A**  
**REGISTROS DE ESTACIONES DE CAUDAL Y**  
**PRECIPITACION**

## Datos de precipitación Estaciones

1971								46,83333333	100,58333333	22,58333333	67	160,125	176,375
1972	62	132	118	186	128,5	136	71	68,5	35,25	17,72916667	60,14583333	203	
1973	97	15	7	99,70833333	61,29166667	137,85416667	75,3125	75	111,58333333	159,5	88	140,16666667	
1974	254,33333333	178,95833333	104,04166667	229	124,04166667	26,91666667	84,54166667	21,45833333	26	25	132	142	
1975	96	79,70833333	209,625	110,66666667	28	42,25	145,75	56	56,5	47,5	126,375	145,375	
1976	120,625	65	195	174,125	145,79166667	105,08333333	82,95833333	77,54166667	80,625	26,875	180,66666667	153,41666667	
1977	120,91666667	6,7083333333	37,29166667	171,91666667	106,20833333	116,875	92,54166667	37,58333333	49,875	112,54166667	118,45833333	186	
1978	29	4	100	159,75	220,20833333	122,29166667	100,625	43,125	35	73	144	120,66666667	
1979	79,33333333	34	83,70833333	218,125	140,16666667	109	52	87	48	82	77	480	
1980	72	208,08333333	98,91666667	182,95833333	194,04166667	77,66666667	118,33333333	78	59,41666667	24,58333333	46	174	
1981	78	45	179,70833333	59,29166667	134	178	41	31,41666667	24,58333333	76	155	197	
1982	76,66666667	242,33333333	183	245,08333333	196,91666667	171	57,41666667	59,58333333	27	99	163	124	
1983	121,41666667	96,58333333	108	63	350	88	81,54166667	70,45833333	26	69	120	92	
1984	89,75	107,33333333	91,29166667	84,375	139,625	267	119	50	97	166	168	402	
1985	104	54	42	138,375	177,625	141,91666667	89,08333333	66	95	37	151	208,54166667	
1986	62,45833333	80	182	126	94	256,29166667	51,70833333	43,125	40,875	83	218	93	
1987	36	61	58	92,66666667	228,33333333	165	44	156	30	46	163	217,95833333	
1988	38,08333333	54	44	48	73	73,70833333	142,29166667	75	30	87,33333333	229,95833333	127,875	
1989	85,33333333	53,875	119,45833333	239	99	142,25	133,75	88	69	106,70833333	105,29166667	78,66666667	
1990	358,33333333	98	178,54166667	243,45833333	143	70	110,66666667	67,33333333	36	75	143	191	
1991	194	35	9	273	65	83	86	90,08333333	51,95833333	40	44	144	
1992	290	67	30	110	35	39,83333333	34,16666667	32	48	42	39	271,29166667	
1993	155,875	96,83333333	124	283	77	154	85	90	56	24	274,58333333	212,66666667	
1994	78,04166667	103	137	322,83333333	134,125	137,04166667	124,41666667	76,58333333	45	98	75	125	
1995	51	30	102	116	256	63	105	135	28	41	208	164	
1996	91	120	208	144	89	86	112	60	70,83333333	45,16666667	195	89	
1997	65	184,41666667	25,58333333	81	82	133	109	35	41	50	67	58,25	
1998	67,75	16	149	195	123	82,83333333	111,16666667	87,125	46,875	49,125	224,875	284	
1999	60,95833333	296,04166667	281	160	208,125	146,83333333	65	68,45833333	51,70833333	164,875	199,41666667	159,58333333	
2000	249	97	160	184	122,45833333	245,25	65,29166667	48,70833333	55,29166667	94	120,70833333	78,29166667	
2001	118	7	118	189	84	96,125	68,58333333	62,29166667	25	54	166,41666667	125,125	
2002	69,45833333	55	84	186	230,83333333	153,875	161,29166667	62,70833333	33,41666667	56,875	83	27	
2003	33	86,41666667	65,58333333	118,70833333	136,29166667	81,70833333	52,29166667	32	20	81	179,41666667	80,25	
2004	69,33333333	132	62	113,125	153,875	89,83333333	88,16666667	91	40	44,41666667	79,58333333	463	
2005	107	30	138	127,70833333	161,29166667	151,75	69,375	27,29166667	37,58333333	68	205	82	
2006	146	145	99	276,70833333	201	94,25	221,04166667	87,95833333	42,04166667	101	238,08333333	139,91666667	
2007	211	112	9	115	194	152,125	120,875	33	33	63	215,70833333	150,70833333	
2008	125,58333333	133	238	180	149,79166667	116,20833333	59	77	47	33	266	224,58333333	
2009	101,41666667	138	131,41666667	266,70833333	78,58333333	167,29166667	35	68	214	13	124	171	
2010	76	2	50	42	183	137,125	119,875	122,75	21,58333333	71,33333333	113	194,20833333	
2011	63,79166667	57	96	182	217	267	163	119	96	77,04166667	100,95833333	249	
2012	404	231,83333333	72,58333333	101,58333333	124,375	50,16666667	50,875	77,58333333	43	43	101	60,25	
2013	112,75	14	322	28	84	131,66666667	56,58333333	62,75	35	25	38	152,125	
2014	77,875	138	200,875	173,125	114	124	100,125	58,875	133,70833333	34,29166667	158,04166667	162,95833333	
2015	153	71	77,41666667	155,58333333	90	47,83333333	128,70833333	72,45833333	24	8	112,125	108,875	
2016	19	40	42,125	61,29166667	141,58333333	185,83333333	57,16666667	123	41,70833333	88,875	65,20833333	132	
2017	78	140	110,08333333	237,04166667	97,875	130	76	42	127	48	104,875	159,83333333	
2018	206,25	103,04166667	138	236,75	168,25	115,125	157,875	41	62	57	166	142,125	
2019	40,875	105,83333333	93,16666667	146,70833333	89,29166667	146							

**ANEXOS B**  
**DATOS MENSUALES DE PRECIPITACION**  
**MAXIMA EN 24 HORAS**

## Datos mensuales de precipitación máxima en 24 Hrs. Cuenca 1

DATOS MENSUALES DE PRECIPITACIÓN MÁXIMA EN 24 Hrs. (mm)													
Año	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	Máximo
1990	23,00	31,00	48,00	12,00	40,00	12,00	45,00	18,00	20,00	21,00	28,00	47,00	48,00
1991	78,00	12,00	20,00	29,00	29,00	12,00	19,00	10,00	9,00	14,00	7,00	51,00	78,00
1992	84,00	37,00	9,00	14,00	19,00	9,00	22,00	7,00	18,00	16,00	8,00	73,00	84,00
1993	57,00	25,00	44,00	19,00	42,00	20,00	23,00	34,00	11,00	12,00	54,00	26,00	57,00
1994	17,00	63,00	60,00	41,00	22,00	18,00	25,00	23,00	11,00	13,00	55,00	51,00	63,00
1995	13,00	20,00	20,00	28,00	21,00	21,00	39,00	22,00	19,00	16,00	35,00	31,00	39,00
1996	13,00	21,00	39,00	72,00	25,00	14,00	25,00	15,00	14,00	14,00	60,00	15,00	72,00
1997	12,75	20,00	5,00	14,00	24,00	16,00	39,00	8,00	6,00	18,00	9,00	11,00	39,00
1998	10,00	21,00	37,00	88,00	11,00	59,00	30,00	21,00	20,00	16,00	33,00	44,00	88,00
1999	14,00	45,00	66,00	15,00	45,00	35,00	15,00	44,00	13,00	12,00	17,00	26,00	66,00
2000	21,00	29,00	29,00	56,00	20,00	55,00	25,00	38,00	10,00	17,00	40,00	17,00	56,00
2001	56,00	42,00	24,00	35,00	45,00	24,00	23,00	15,00	10,00	30,00	21,00	18,00	56,00
2002	20,00	40,00	45,00	58,00	42,00	55,00	19,00	22,00	6,00	20,00	33,00	12,00	58,00
2003	8,00	34,00	5,00	30,00	34,00	12,00	10,00	14,00	12,00	11,00	60,00	15,00	60,00
2004	20,00	75,00	45,00	31,00	48,00	30,00	24,00	10,00	7,00	12,00	22,00	55,00	75,00
2005	12,00	6,00	35,00	21,00	46,00	46,00	20,00	10,00	10,00	18,00	31,00	11,00	46,00
2006	57,00	20,00	12,00	92,00	56,00	19,00	33,00	25,00	10,00	20,00	43,00	40,00	92,00
2007	50,00	8,00	16,00	9,00	41,00	50,00	14,00	10,00	6,00	16,00	32,00	20,00	50,00
2008	21,00	42,00	44,00	61,00	35,00	46,00	70,00	10,00	10,00	9,00	23,00	40,00	70,00
2009	42,00	25,00	18,00	35,00	24,00	20,00	26,00	15,00	18,00	8,00	40,00	63,00	63,00
2010	10,00	2,00	12,00	11,00	52,00	40,00	30,00	21,00	7,79	18,00	24,00	20,00	52,00
2011	20,00	13,00	18,00	27,00	60,00	22,00	22,00	27,00	8,00	15,00	52,00	48,00	60,00
2012	43,00	72,00	20,00	15,00	20,00	11,00	10,00	20,00	14,00	22,00	13,00	26,00	72,00
2013	40,00	38,00	82,00	10,00	14,00	17,00	12,00	6,00	14,00	8,00	12,00	25,00	82,00
2014	10,00	58,00	25,00	13,00	40,00	45,00	22,00	10,00	22,00	6,00	54,00	62,00	62,00
2015	23,00	20,00	32,00	48,00	20,00	13,00	26,00	10,00	5,00	3,00	9,00	32,00	48,00
2016	19,00	29,00	4,00	27,00	40,00	26,00	27,00	11,00	6,00	28,33	58,00	32,00	58,00
2017	40,00	32,00	48,00	65,00	13,00	28,00	12,00	10,00	24,00	15,00	27,00	95,00	95,00
2018	40,00	18,00	46,00	39,00	16,00	16,00	28,00	13,00	6,00	17,00	38,00	27,00	46,00
MAX	84,00	75,00	82,00	92,00	60,00	59,00	70,00	44,00	24,00	30,00	60,00	95,00	95,00

## Cuenca 4.

DATOS MENSUALES DE PRECIPITACIÓN MÁXIMA EN 24 Hrs. (mm)													
Año	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	Máximo
1990	23,00	31,00	48,00	12,00	40,00	12,00	45,00	18,00	20,00	21,00	28,00	47,00	48,00
1991	78,00	12,00	20,00	29,00	29,00	12,00	19,00	10,00	9,00	14,00	7,00	51,00	78,00
1992	84,00	37,00	9,00	14,00	19,00	9,00	22,00	7,00	18,00	16,00	8,00	73,00	84,00
1993	57,00	25,00	44,00	19,00	42,00	20,00	23,00	34,00	11,00	12,00	54,00	26,00	57,00
1994	17,00	63,00	60,00	41,00	22,00	18,00	25,00	23,00	11,00	13,00	55,00	51,00	63,00
1995	13,00	20,00	20,00	28,00	21,00	21,00	39,00	22,00	19,00	16,00	35,00	31,00	39,00
1996	13,00	21,00	39,00	72,00	25,00	14,00	25,00	15,00	14,00	14,00	60,00	15,00	72,00
1997	12,75	20,00	5,00	14,00	24,00	16,00	39,00	8,00	6,00	18,00	9,00	11,00	39,00
1998	10,00	21,00	37,00	88,00	11,00	59,00	30,00	21,00	20,00	16,00	33,00	44,00	88,00
1999	14,00	45,00	66,00	15,00	45,00	35,00	15,00	44,00	13,00	12,00	17,00	26,00	66,00
2000	21,00	29,00	29,00	56,00	20,00	55,00	25,00	38,00	10,00	17,00	40,00	17,00	56,00
2001	56,00	42,00	24,00	35,00	45,00	24,00	23,00	15,00	10,00	30,00	21,00	18,00	56,00
2002	20,00	40,00	45,00	58,00	42,00	55,00	19,00	22,00	6,00	20,00	33,00	12,00	58,00
2003	8,00	34,00	5,00	30,00	34,00	12,00	10,00	14,00	12,00	11,00	60,00	15,00	60,00
2004	20,00	75,00	45,00	31,00	48,00	30,00	24,00	10,00	7,00	12,00	22,00	55,00	75,00
2005	12,00	6,00	35,00	21,00	46,00	46,00	20,00	10,00	10,00	18,00	31,00	11,00	46,00
2006	57,00	20,00	12,00	92,00	56,00	19,00	33,00	25,00	10,00	20,00	43,00	40,00	92,00
2007	50,00	8,00	16,00	9,00	41,00	50,00	14,00	10,00	6,00	16,00	32,00	20,00	50,00
2008	21,00	42,00	44,00	61,00	35,00	46,00	70,00	10,00	10,00	9,00	23,00	40,00	70,00
2009	42,00	25,00	18,00	35,00	24,00	20,00	26,00	15,00	18,00	8,00	40,00	63,00	63,00
2010	10,00	2,00	12,00	11,00	52,00	40,00	30,00	21,00	7,79	18,00	24,00	20,00	52,00
2011	20,00	13,00	18,00	27,00	60,00	22,00	22,00	27,00	8,00	15,00	52,00	48,00	60,00
2012	43,00	72,00	20,00	15,00	20,00	11,00	10,00	20,00	14,00	22,00	13,00	26,00	72,00
2013	40,00	38,00	82,00	10,00	14,00	17,00	12,00	6,00	14,00	8,00	12,00	25,00	82,00
2014	10,00	58,00	25,00	13,00	40,00	45,00	22,00	10,00	22,00	6,00	54,00	62,00	62,00
2015	23,00	20,00	32,00	48,00	20,00	13,00	26,00	10,00	5,00	3,00	9,00	32,00	48,00
2016	19,00	29,00	4,00	27,00	40,00	26,00	27,00	11,00	6,00	28,33	58,00	32,00	58,00
2017	40,00	32,00	48,00	65,00	13,00	28,00	12,00	10,00	24,00	15,00	27,00	95,00	95,00
2018	40,00	18,00	46,00	39,00	16,00	16,00	28,00	13,00	6,00	17,00	38,00	27,00	46,00
MAX	84,00	75,00	82,00	92,00	60,00	59,00	70,00	44,00	24,00	30,00	60,00	95,00	95,00

## Cuenca 5.

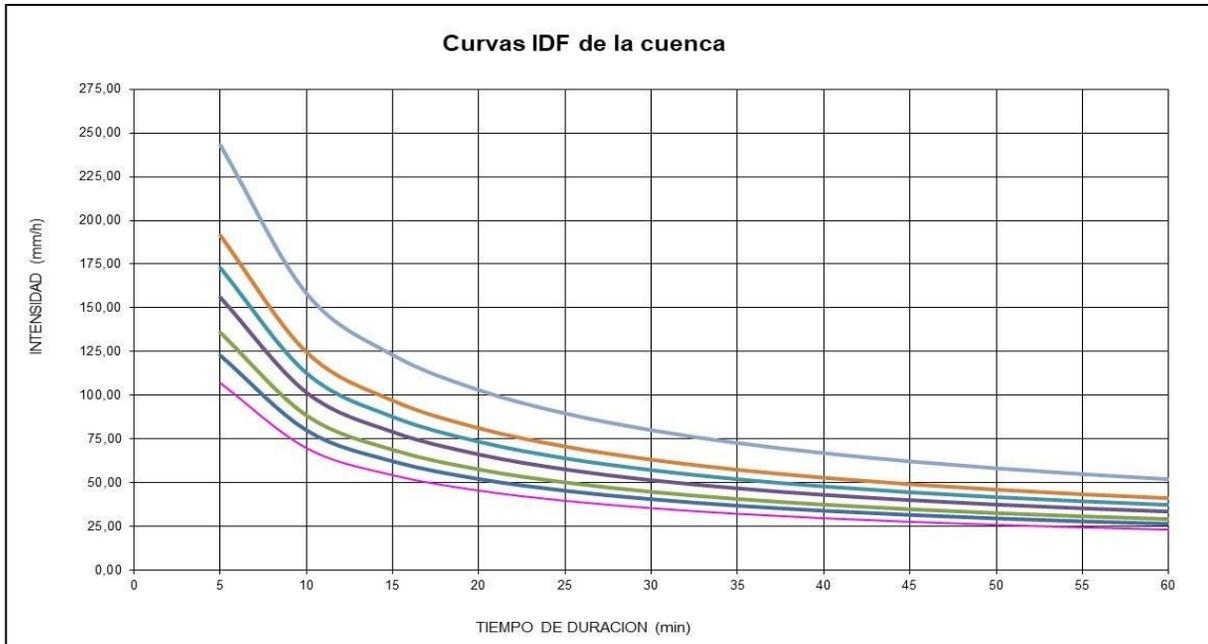
DATOS MENSUALES DE PRECIPITACIÓN MÁXIMA EN 24 Hrs. (mm)													
Año	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	Máximo
1990	23,00	31,00	48,00	12,00	40,00	12,00	45,00	18,00	20,00	21,00	28,00	47,00	48,00
1991	78,00	12,00	20,00	29,00	29,00	12,00	19,00	10,00	9,00	14,00	7,00	51,00	78,00
1992	84,00	37,00	9,00	14,00	19,00	9,00	22,00	7,00	18,00	16,00	8,00	73,00	84,00
1993	57,00	25,00	44,00	19,00	42,00	20,00	23,00	34,00	11,00	12,00	54,00	26,00	57,00
1994	17,00	63,00	60,00	41,00	22,00	18,00	25,00	23,00	11,00	13,00	55,00	51,00	63,00
1995	13,00	20,00	20,00	28,00	21,00	21,00	39,00	22,00	19,00	16,00	35,00	31,00	39,00
1996	13,00	21,00	39,00	72,00	25,00	14,00	25,00	15,00	14,00	14,00	60,00	15,00	72,00
1997	12,75	20,00	5,00	14,00	24,00	16,00	39,00	8,00	6,00	18,00	9,00	11,00	39,00
1998	10,00	21,00	37,00	88,00	11,00	59,00	30,00	21,00	20,00	16,00	33,00	44,00	88,00
1999	14,00	45,00	66,00	15,00	45,00	35,00	15,00	44,00	13,00	12,00	17,00	26,00	66,00
2000	21,00	29,00	29,00	56,00	20,00	55,00	25,00	38,00	10,00	17,00	40,00	17,00	56,00
2001	56,00	42,00	24,00	35,00	45,00	24,00	23,00	15,00	10,00	30,00	21,00	18,00	56,00
2002	20,00	40,00	45,00	58,00	42,00	55,00	19,00	22,00	6,00	20,00	33,00	12,00	58,00
2003	8,00	34,00	5,00	30,00	34,00	12,00	10,00	14,00	12,00	11,00	60,00	15,00	60,00
2004	20,00	75,00	45,00	31,00	48,00	30,00	24,00	10,00	7,00	12,00	22,00	55,00	75,00
2005	12,00	6,00	35,00	21,00	46,00	46,00	20,00	10,00	10,00	18,00	31,00	11,00	46,00
2006	57,00	20,00	12,00	92,00	56,00	19,00	33,00	25,00	10,00	20,00	43,00	40,00	92,00
2007	50,00	8,00	16,00	9,00	41,00	50,00	14,00	10,00	6,00	16,00	32,00	20,00	50,00
2008	21,00	42,00	44,00	61,00	35,00	46,00	70,00	10,00	10,00	9,00	23,00	40,00	70,00
2009	42,00	25,00	18,00	35,00	24,00	20,00	26,00	15,00	18,00	8,00	40,00	63,00	63,00
2010	10,00	2,00	12,00	11,00	52,00	40,00	30,00	21,00	7,79	18,00	24,00	20,00	52,00
2011	20,00	13,00	18,00	27,00	60,00	22,00	22,00	27,00	8,00	15,00	52,00	48,00	60,00
2012	43,00	72,00	20,00	15,00	20,00	11,00	10,00	20,00	14,00	22,00	13,00	26,00	72,00
2013	40,00	38,00	82,00	10,00	14,00	17,00	12,00	6,00	14,00	8,00	12,00	25,00	82,00
2014	10,00	58,00	25,00	13,00	40,00	45,00	22,00	10,00	22,00	6,00	54,00	62,00	62,00
2015	23,00	20,00	32,00	48,00	20,00	13,00	26,00	10,00	5,00	3,00	9,00	32,00	48,00
2016	19,00	29,00	4,00	27,00	40,00	26,00	27,00	11,00	6,00	28,33	58,00	32,00	58,00
2017	40,00	32,00	48,00	65,00	13,00	28,00	12,00	10,00	24,00	15,00	27,00	95,00	95,00
2018	40,00	18,00	46,00	39,00	16,00	16,00	28,00	13,00	6,00	17,00	38,00	27,00	46,00
<b>MAX</b>	<b>84,00</b>	<b>75,00</b>	<b>82,00</b>	<b>92,00</b>	<b>60,00</b>	<b>59,00</b>	<b>70,00</b>	<b>44,00</b>	<b>24,00</b>	<b>30,00</b>	<b>60,00</b>	<b>95,00</b>	<b>95,00</b>

## Cuenca 8.

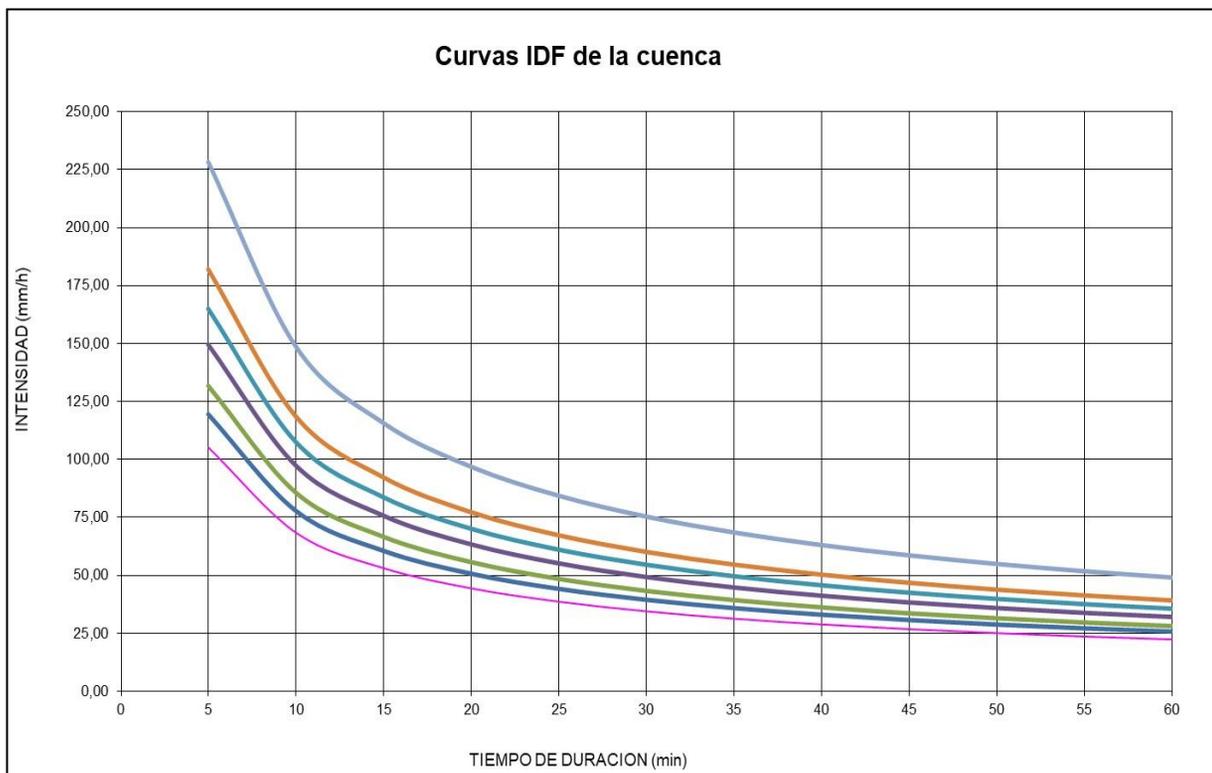
DATOS MENSUALES DE PRECIPITACIÓN MÁXIMA EN 24 Hrs. (mm)													
Año	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	Máximo
1990	23,00	31,00	48,00	12,00	40,00	12,00	45,00	18,00	20,00	21,00	28,00	47,00	48,00
1991	78,00	12,00	20,00	29,00	29,00	12,00	19,00	10,00	9,00	14,00	7,00	51,00	78,00
1992	84,00	37,00	9,00	14,00	19,00	9,00	22,00	7,00	18,00	16,00	8,00	73,00	84,00
1993	57,00	25,00	44,00	19,00	42,00	20,00	23,00	34,00	11,00	12,00	54,00	26,00	57,00
1994	17,00	63,00	60,00	41,00	22,00	18,00	25,00	23,00	11,00	13,00	55,00	51,00	63,00
1995	13,00	20,00	20,00	28,00	21,00	21,00	39,00	22,00	19,00	16,00	35,00	31,00	39,00
1996	13,00	21,00	39,00	72,00	25,00	14,00	25,00	15,00	14,00	14,00	60,00	15,00	72,00
1997	12,75	20,00	5,00	14,00	24,00	16,00	39,00	8,00	6,00	18,00	9,00	11,00	39,00
1998	10,00	21,00	37,00	88,00	11,00	59,00	30,00	21,00	20,00	16,00	33,00	44,00	88,00
1999	14,00	45,00	66,00	15,00	45,00	35,00	15,00	44,00	13,00	12,00	17,00	26,00	66,00
2000	21,00	29,00	29,00	56,00	20,00	55,00	25,00	38,00	10,00	17,00	40,00	17,00	56,00
2001	56,00	42,00	24,00	35,00	45,00	24,00	23,00	15,00	10,00	30,00	21,00	18,00	56,00
2002	20,00	40,00	45,00	58,00	42,00	55,00	19,00	22,00	6,00	20,00	33,00	12,00	58,00
2003	8,00	34,00	5,00	30,00	34,00	12,00	10,00	14,00	12,00	11,00	60,00	15,00	60,00
2004	20,00	75,00	45,00	31,00	48,00	30,00	24,00	10,00	7,00	12,00	22,00	55,00	75,00
2005	12,00	6,00	35,00	21,00	46,00	46,00	20,00	10,00	10,00	18,00	31,00	11,00	46,00
2006	57,00	20,00	12,00	92,00	56,00	19,00	33,00	25,00	10,00	20,00	43,00	40,00	92,00
2007	50,00	8,00	16,00	9,00	41,00	50,00	14,00	10,00	6,00	16,00	32,00	20,00	50,00
2008	21,00	42,00	44,00	61,00	35,00	46,00	70,00	10,00	10,00	9,00	23,00	40,00	70,00
2009	42,00	25,00	18,00	35,00	24,00	20,00	26,00	15,00	18,00	8,00	40,00	63,00	63,00
2010	10,00	2,00	12,00	11,00	52,00	40,00	30,00	21,00	7,79	18,00	24,00	20,00	52,00
2011	20,00	13,00	18,00	27,00	60,00	22,00	22,00	27,00	8,00	15,00	52,00	48,00	60,00
2012	43,00	72,00	20,00	15,00	20,00	11,00	10,00	20,00	14,00	22,00	13,00	26,00	72,00
2013	40,00	38,00	82,00	10,00	14,00	17,00	12,00	6,00	14,00	8,00	12,00	25,00	82,00
2014	10,00	58,00	25,00	13,00	40,00	45,00	22,00	10,00	22,00	6,00	54,00	62,00	62,00
2015	23,00	20,00	32,00	48,00	20,00	13,00	26,00	10,00	5,00	3,00	9,00	32,00	48,00
2016	19,00	29,00	4,00	27,00	40,00	26,00	27,00	11,00	6,00	28,33	58,00	32,00	58,00
2017	40,00	32,00	48,00	65,00	13,00	28,00	12,00	10,00	24,00	15,00	27,00	95,00	95,00
2018	40,00	18,00	46,00	39,00	16,00	16,00	28,00	13,00	6,00	17,00	38,00	27,00	46,00
<b>MAX</b>	<b>84,00</b>	<b>75,00</b>	<b>82,00</b>	<b>92,00</b>	<b>60,00</b>	<b>59,00</b>	<b>70,00</b>	<b>44,00</b>	<b>24,00</b>	<b>30,00</b>	<b>60,00</b>	<b>95,00</b>	<b>95,00</b>

**ANEXOS C**  
**CURVAS IDF**

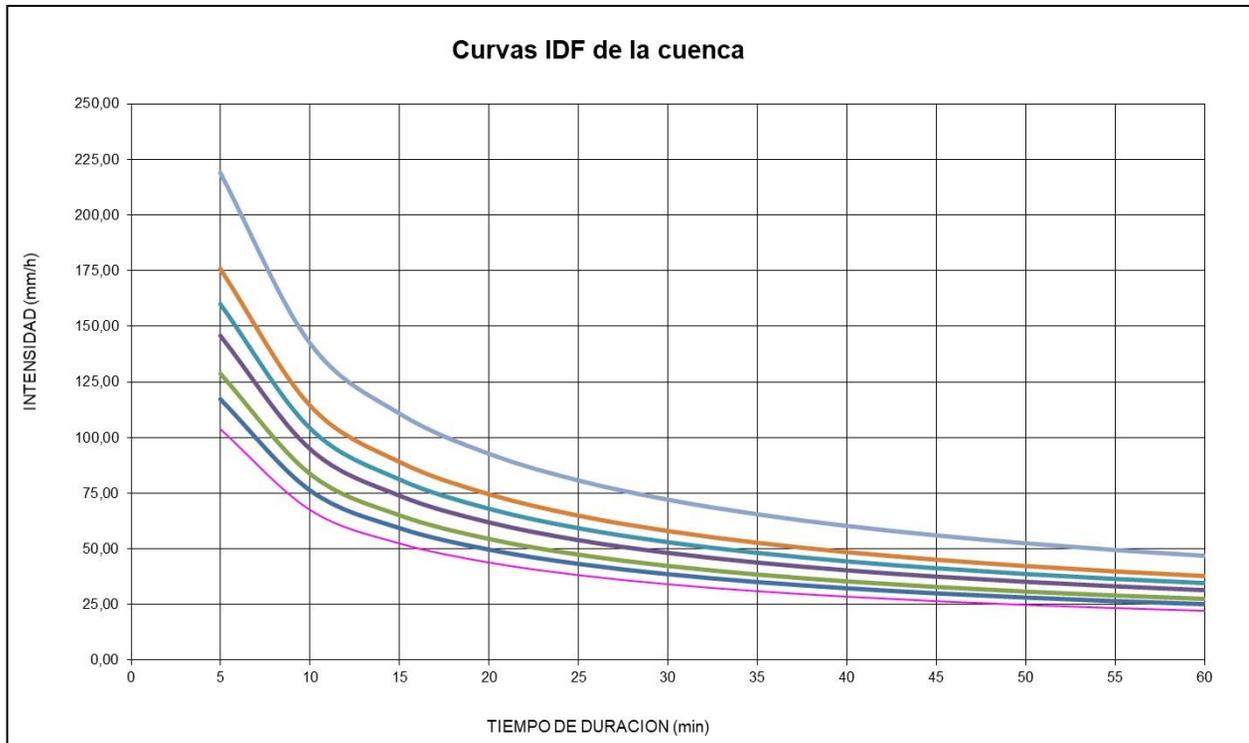
## Curvas IDF Cuenca 1.



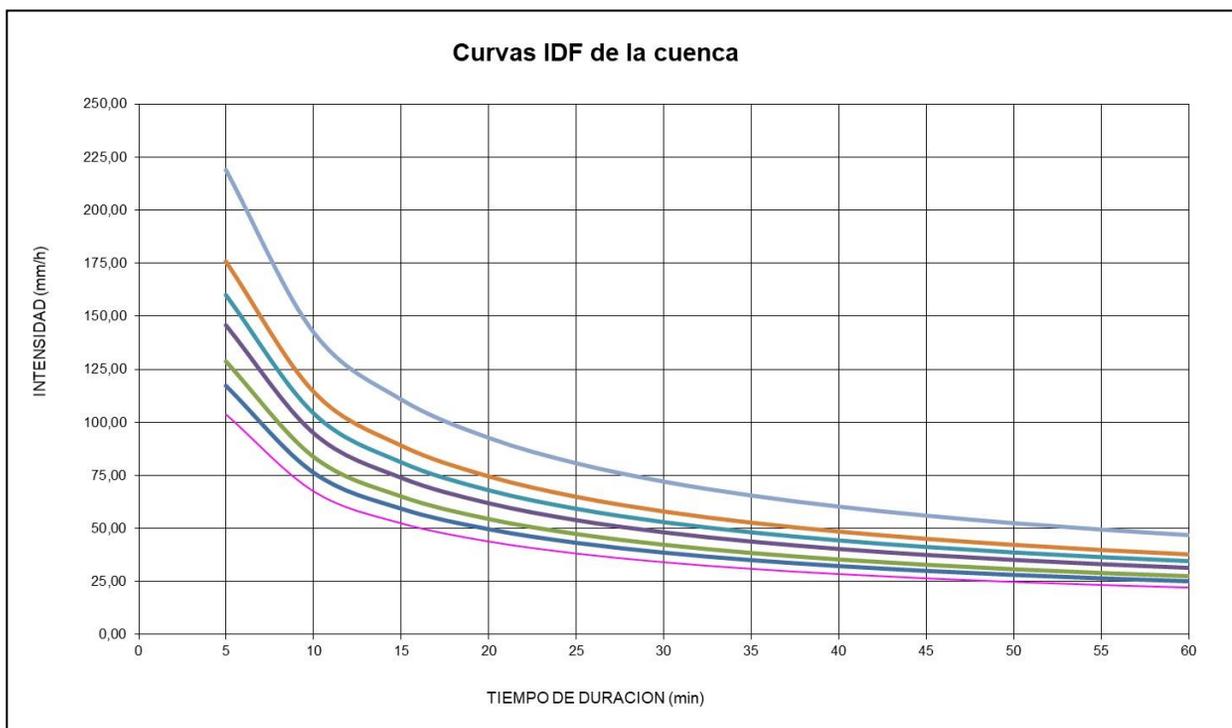
## Cuenca 2.



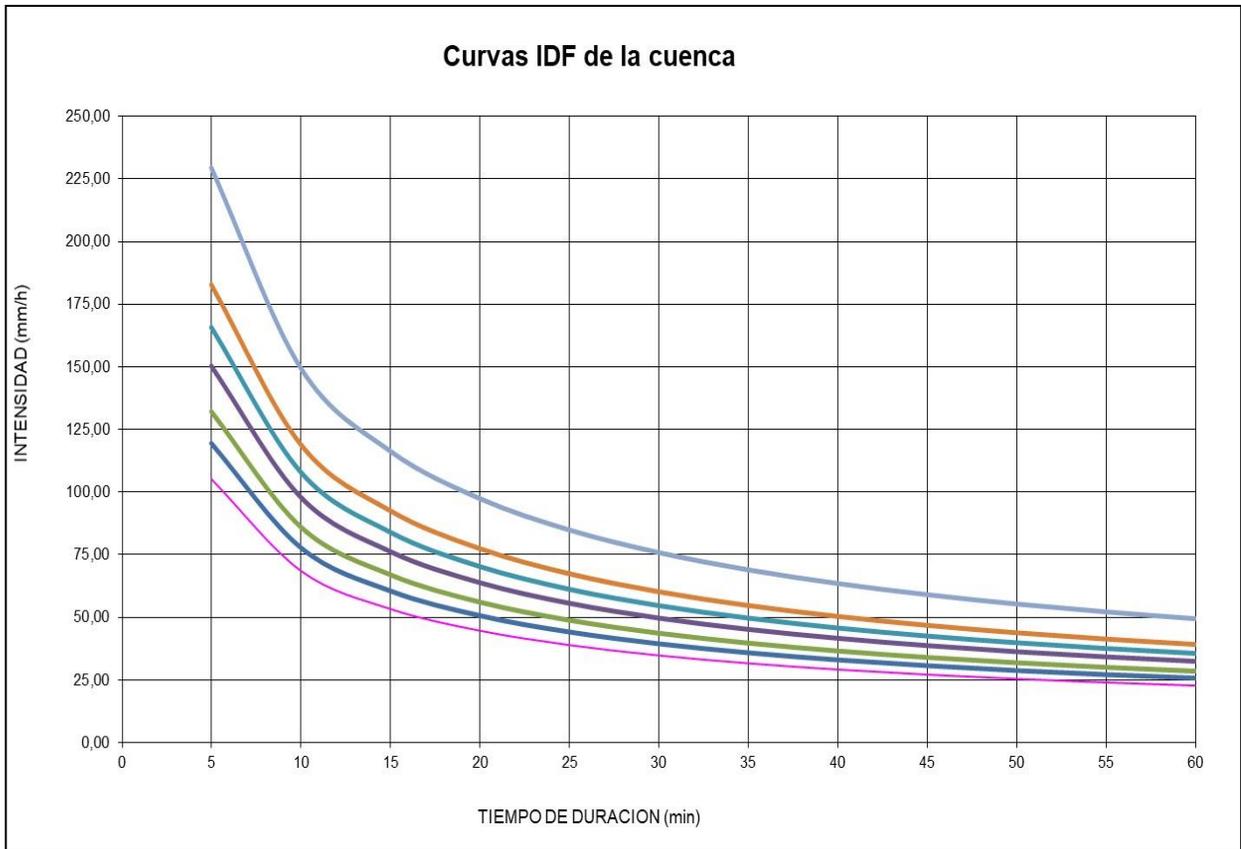
### Cuenca 3.



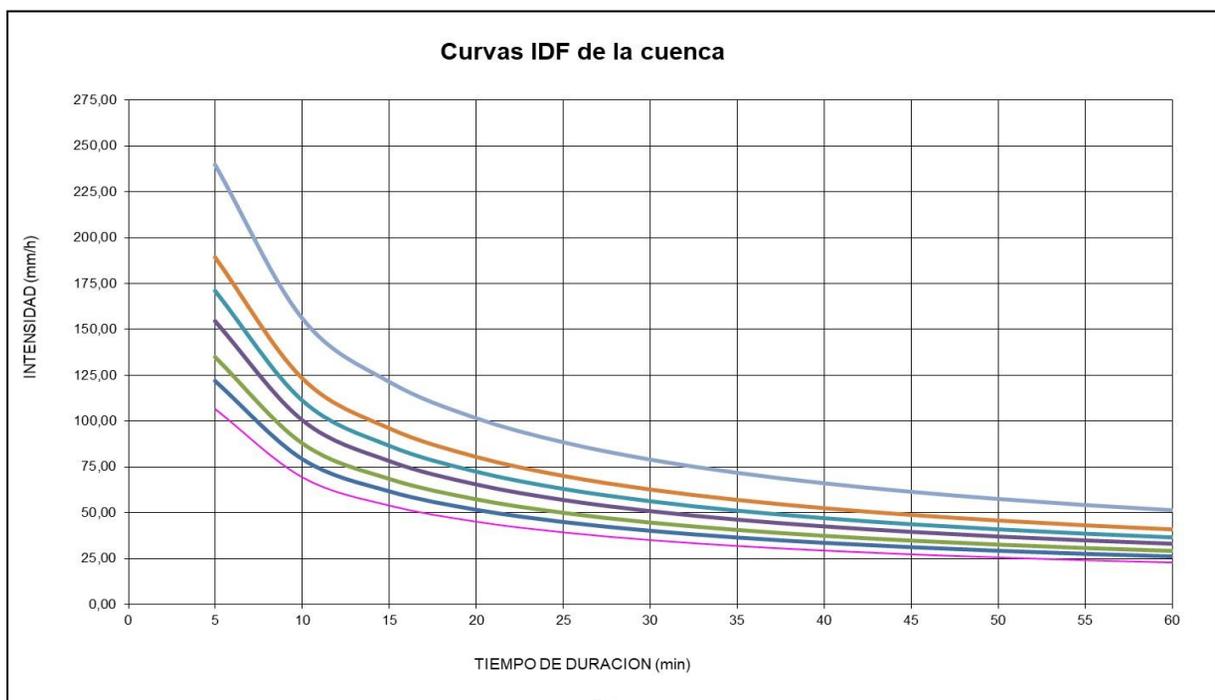
### Cuenca 4.



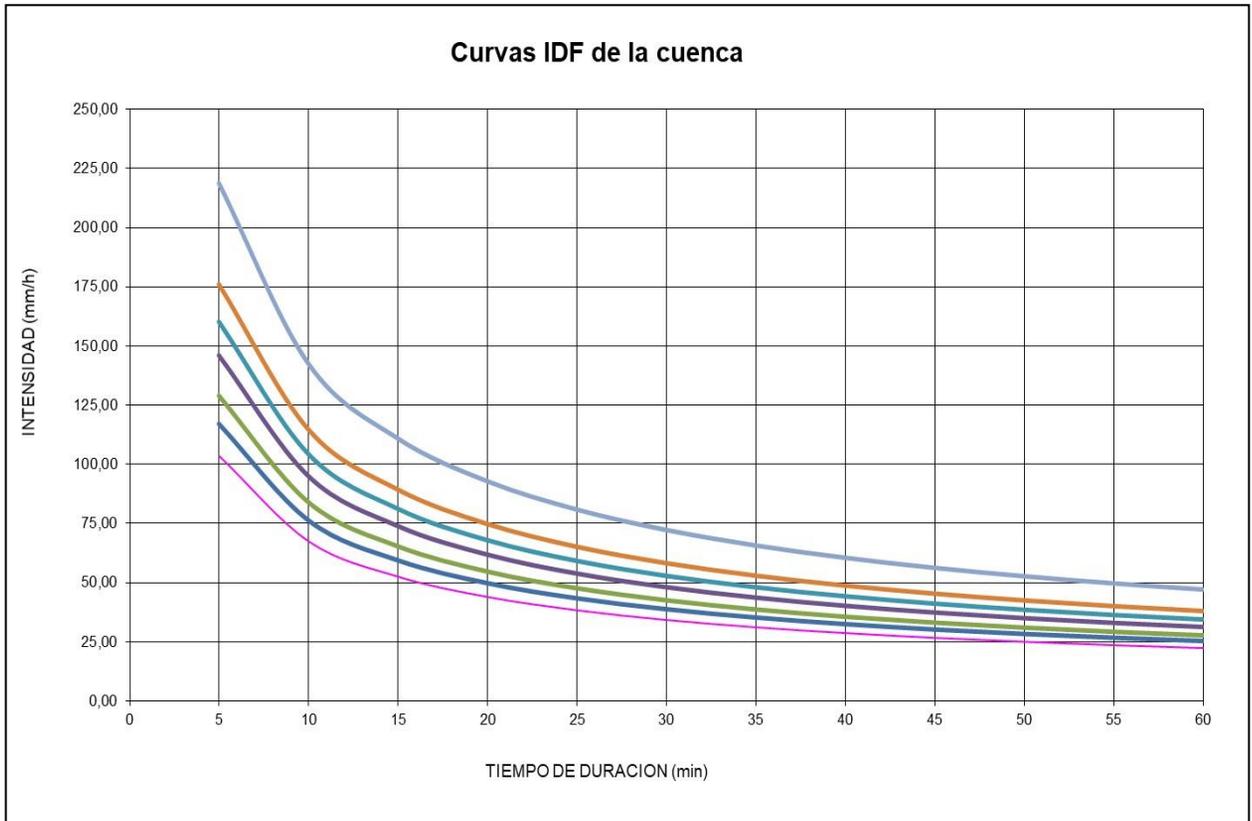
## Cuenca 5.



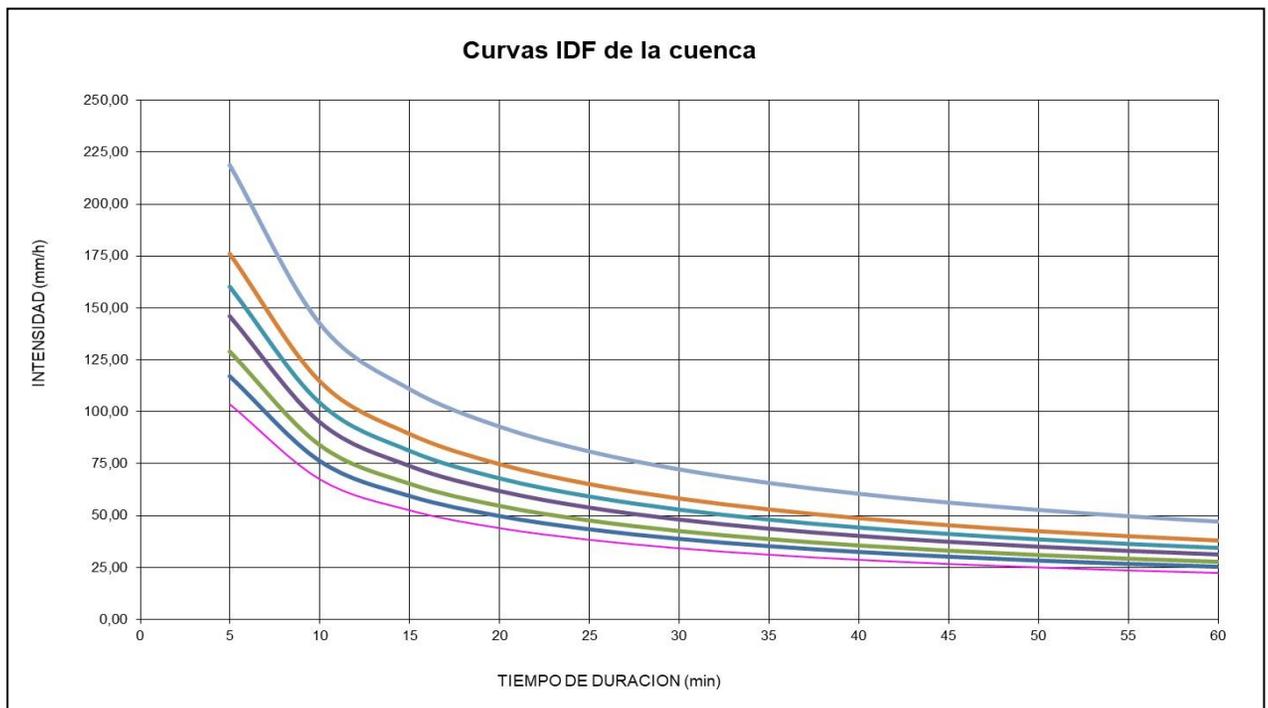
## Cuenca 6.



## Cuenca 7.



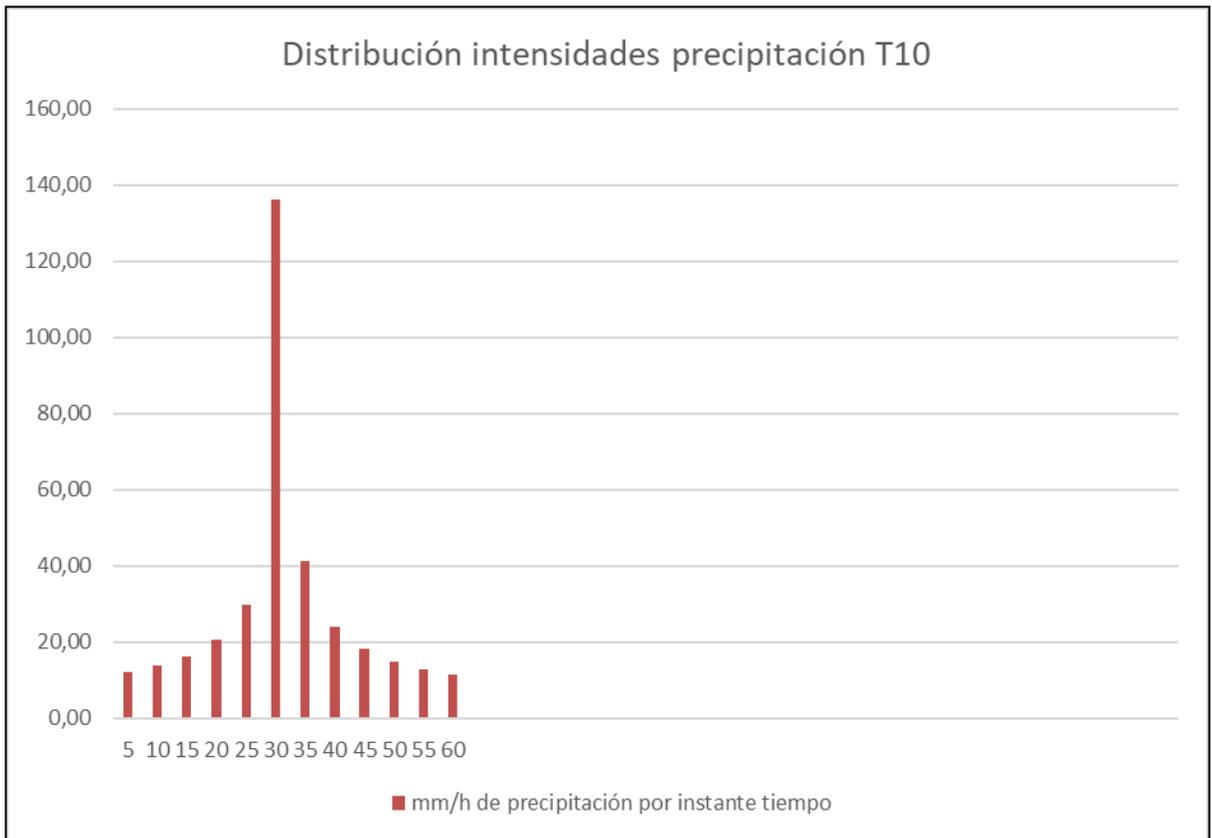
## Cuenca 8.

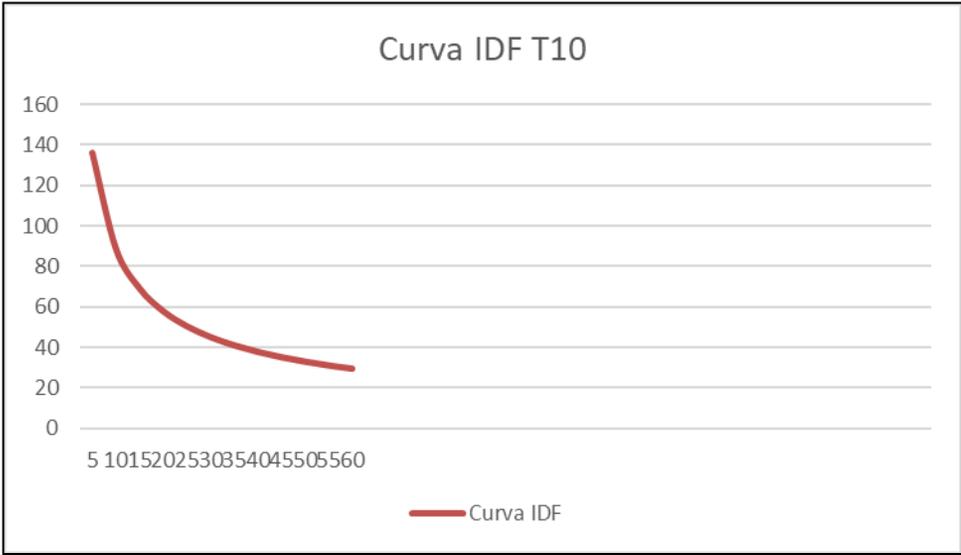
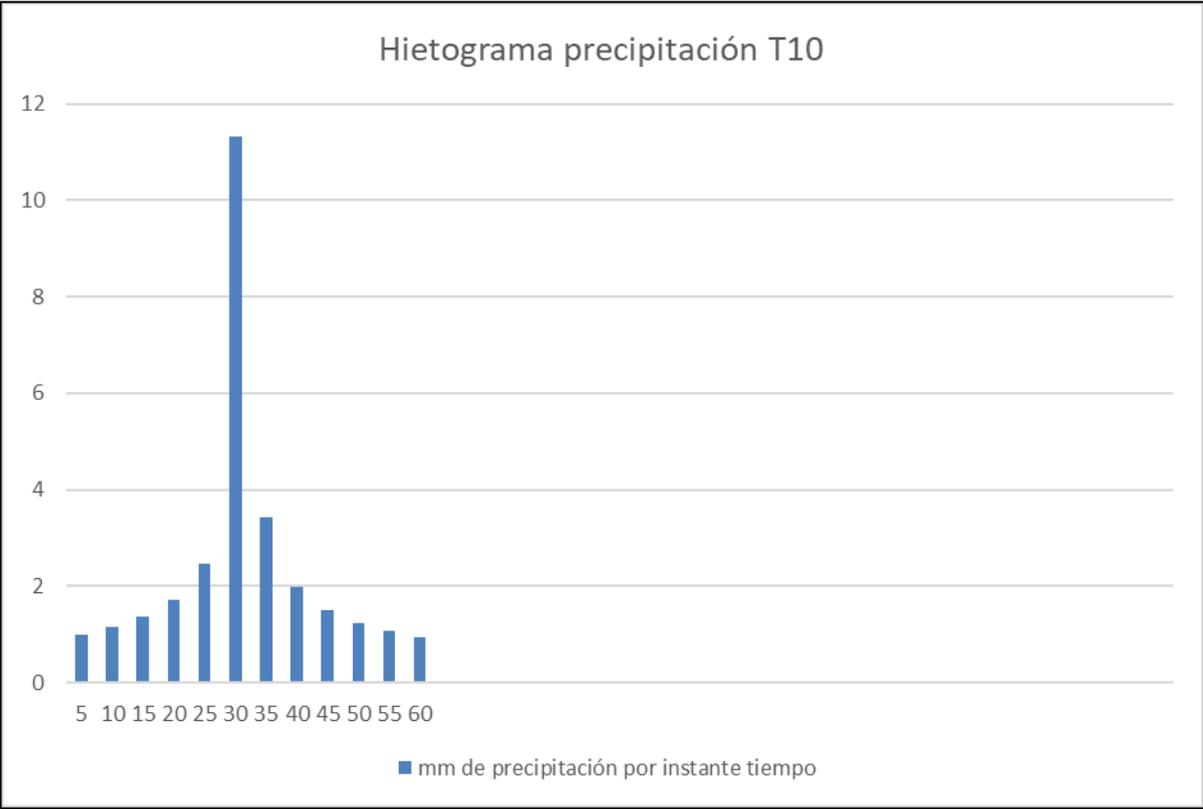


**ANEXO D**  
**HIETOGRAMAS**

## Hietograma Cuenca 1: Periodo de retorno de 10 años

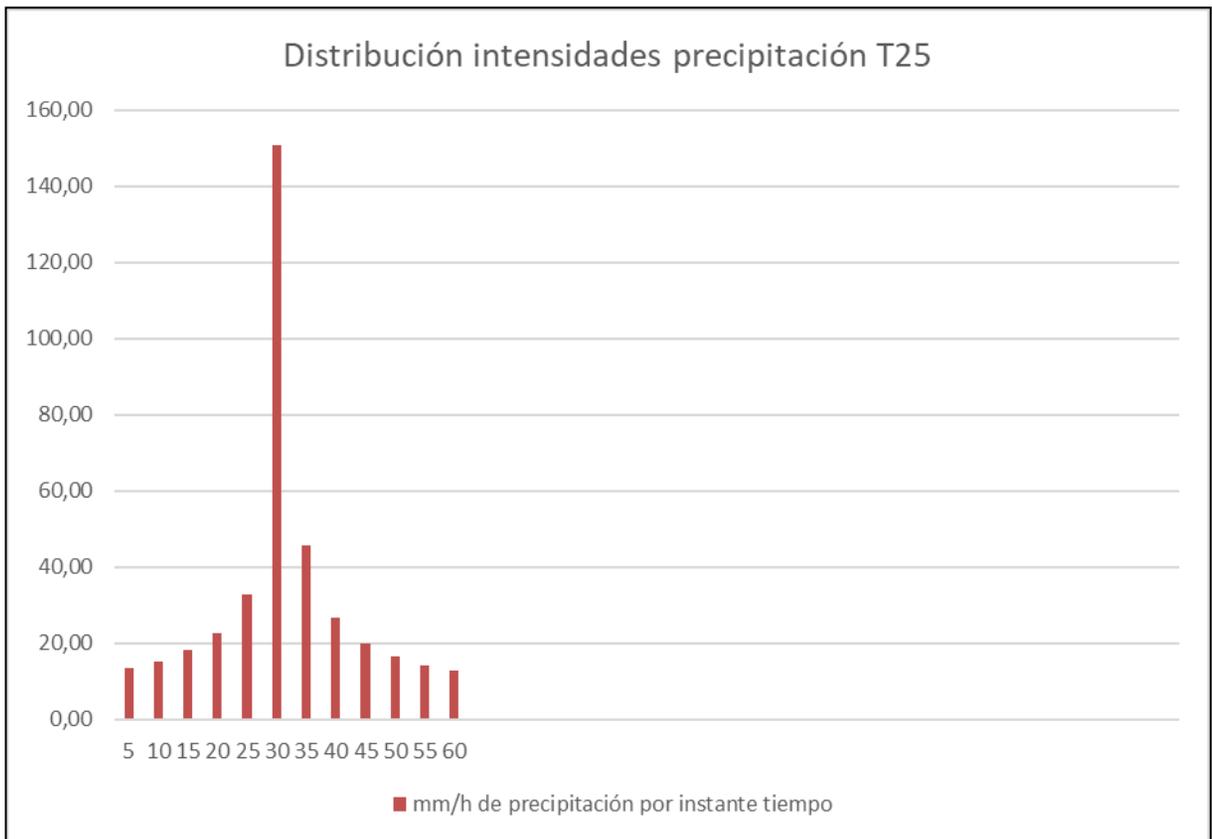
HIETOGRAMA PARA PERIODO RETORNO 10 AÑOS						
Duración de la tormenta (h)	1	60 min				
Intesidad de lluvia (mm/h)	29,22					
Precipitación en 24 horas (mm)	29,22					
Intervalos de tiempo (min)	5					
Instante (min)	Intensidad (mm/h)	Precipitación acumulada (mm)	Precipitación (mm)	Intensidad parcial (mm/h)	Precipitación Alternada (mm)	Int. Parcial Alternada (mm)
5	135,98	11,33	11,33	135,98	1,01	12,10
10	88,55	14,76	3,43	41,12	1,15	13,79
15	68,90	17,22	2,47	29,60	1,36	16,29
20	57,66	19,22	2,00	23,95	1,71	20,48
25	50,22	20,93	1,71	20,48	2,47	29,60
30	44,87	22,43	1,51	18,07	11,33	135,98
35	40,78	23,79	1,36	16,29	3,43	41,12
40	37,55	25,03	1,24	14,91	2,00	23,95
45	34,91	26,18	1,15	13,79	1,51	18,07
50	32,71	27,25	1,07	12,87	1,24	14,91
55	30,83	28,26	1,01	12,10	1,07	12,87
60	29,22	29,22	0,95	11,44	0,95	11,44

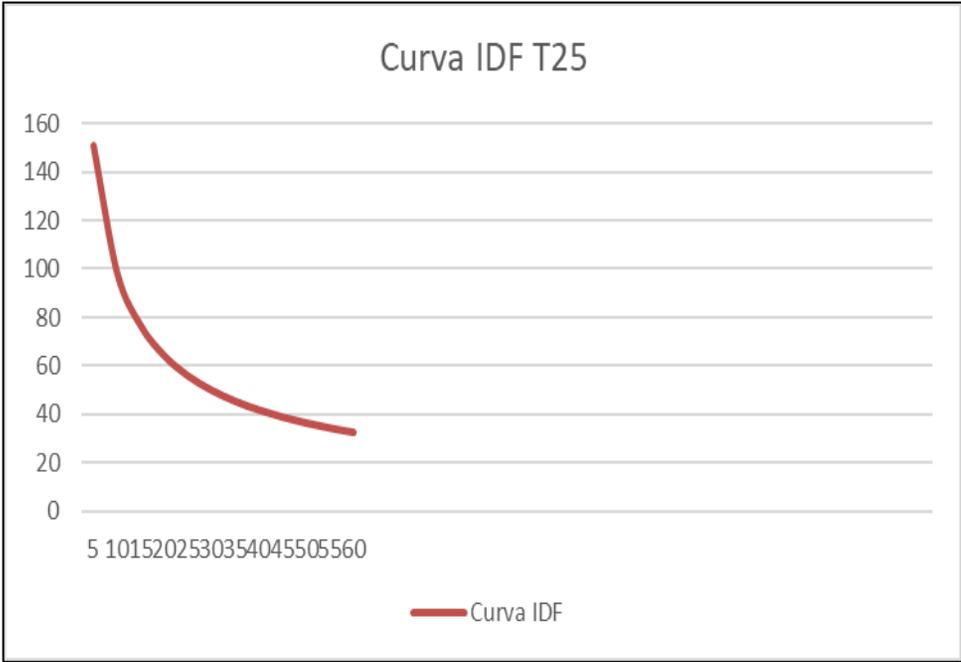
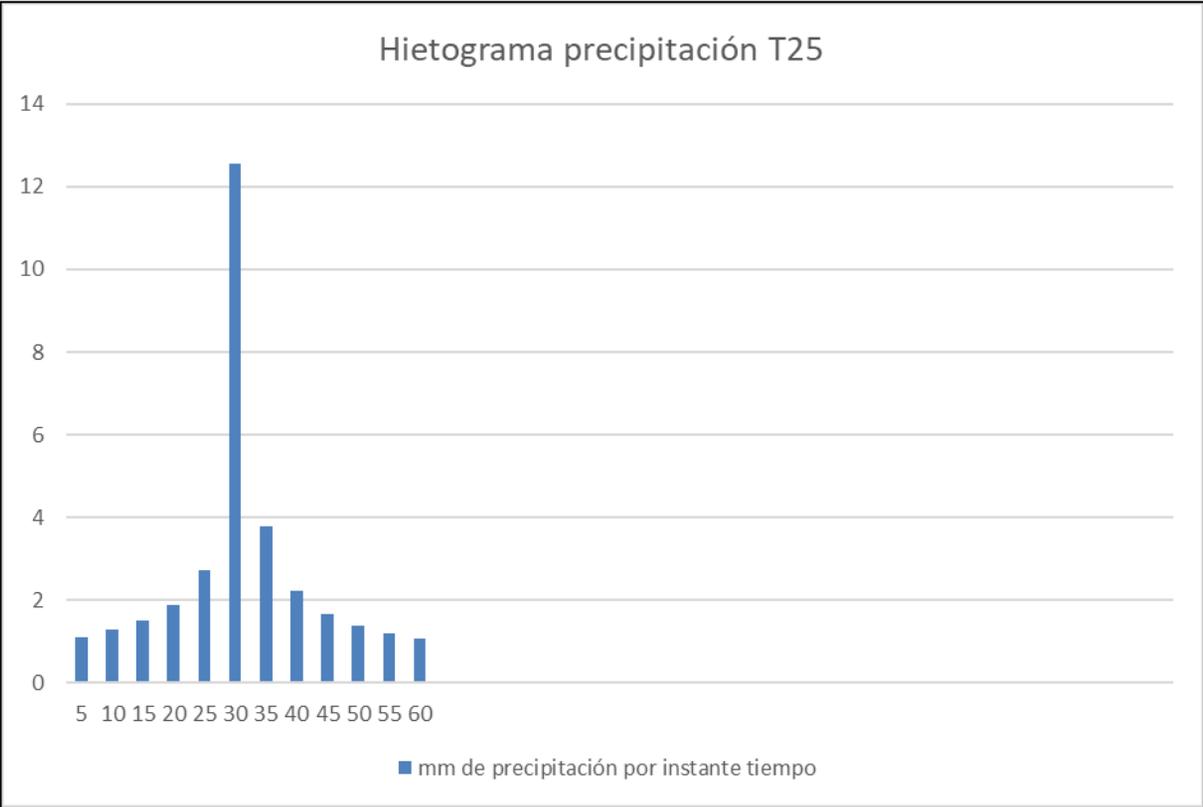




## Periodo de retorno de 20 años

HIETOGRAMA PARAPERIODO RETORNO 20 AÑOS							
Duración de la tormenta (h)		1		60 min			
Intesidad de lluvia (mm/h)		32,39					
Precipitación en 24 horas (mm)		32,39					
Intervalos de tiempo (min)		5					
Instante (min)	Intensidad (mm/h)	Precipitación acumulada (mm)	Precipitación (mm)	Intensidad parcial (mm/h)	Precipitación Alternada (mm)	Int. Parcial Alternada (mm)	
5	150,74	12,56	12,56	150,74	1,12	13,41	
10	98,16	16,36	3,80	45,58	1,27	15,29	
15	76,38	19,09	2,73	32,81	1,50	18,06	
20	63,92	21,31	2,21	26,55	1,89	22,70	
25	55,68	23,20	1,89	22,70	2,73	32,81	
30	49,74	24,87	1,67	20,03	12,56	150,74	
35	45,21	26,37	1,50	18,06	3,80	45,58	
40	41,62	27,75	1,38	16,52	2,21	26,55	
45	38,70	29,02	1,27	15,29	1,67	20,03	
50	36,26	30,21	1,19	14,27	1,38	16,52	
55	34,18	31,33	1,12	13,41	1,19	14,27	
60	32,39	32,39	1,06	12,68	1,06	12,68	



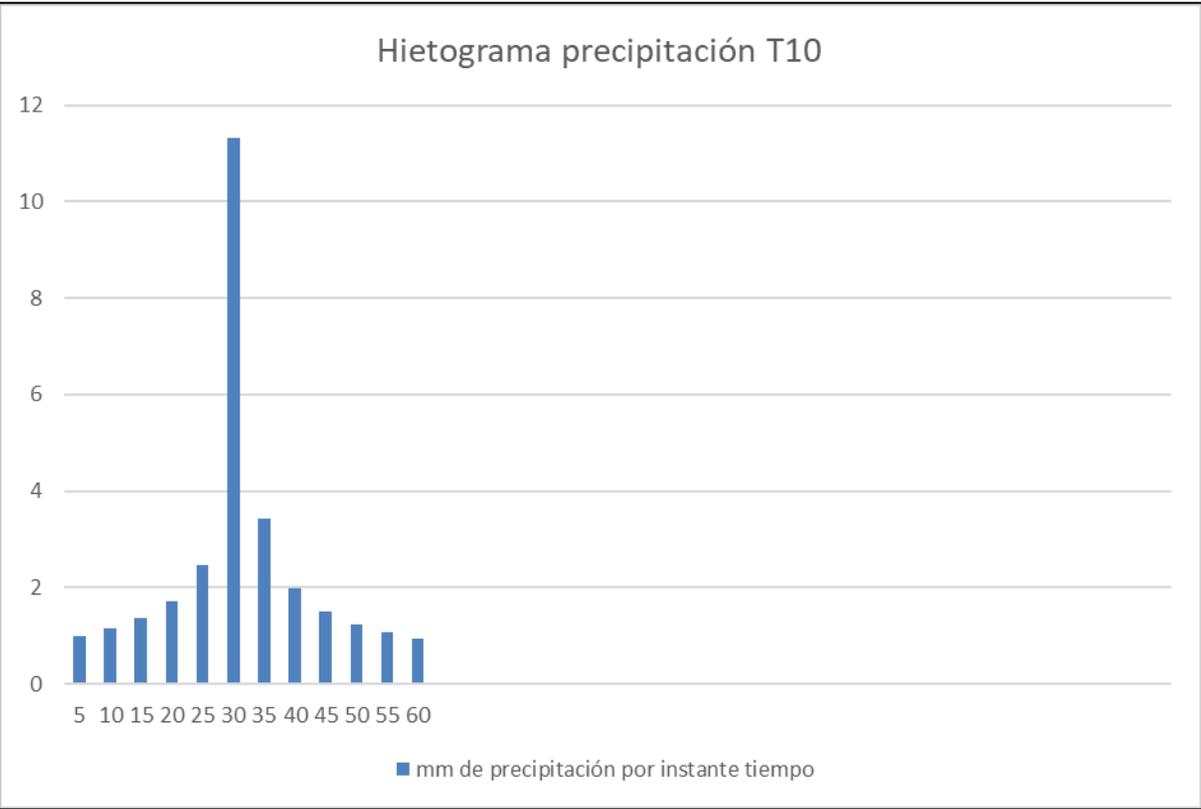
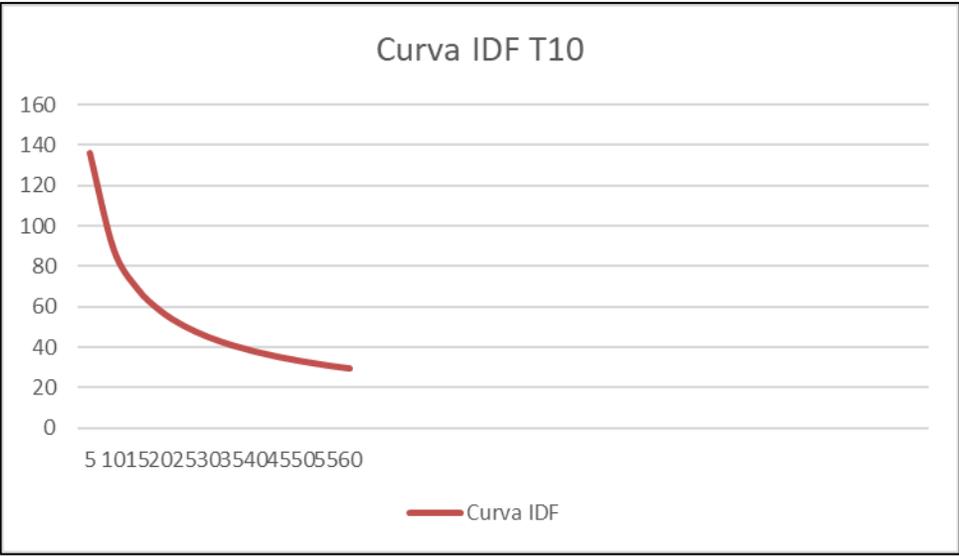


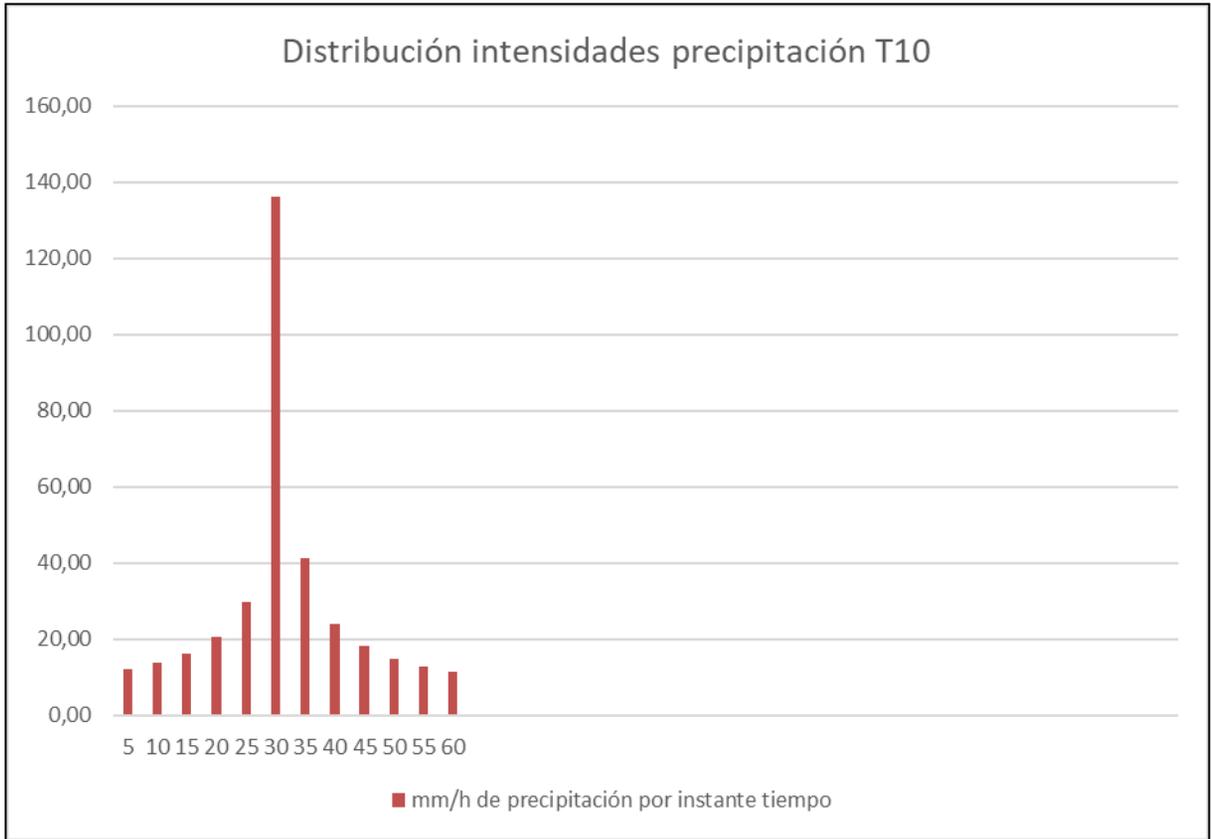
## Periodo de retorno de 100 años

HIETOGRAMA PARA PERIODO RETORNO 100 AÑOS		60 min				
Duración de la tormenta (h)	1					
Intensidad de lluvia (mm/h)	41,14					
Precipitación en 24 horas (mm)	41,14					
Intervalos de tiempo (min)	5					
Instante (min)	Intensidad (mm/h)	Precipitación acumulada (mm)	Precipitación (mm)	Intensidad parcial (mm/h)	Precipitación Alternada (mm)	Int. Parcial Alternada (mm)
5	191,48	15,96	15,96	191,48	1,42	17,04
10	124,69	20,78	4,83	57,90	1,62	19,42
15	97,02	24,25	3,47	41,68	1,91	22,94
20	81,20	27,07	2,81	33,73	2,40	28,83
25	70,72	29,47	2,40	28,83	3,47	41,68
30	63,18	31,59	2,12	25,45	15,96	191,48
35	57,43	33,50	1,91	22,94	4,83	57,90
40	52,88	35,25	1,75	20,99	2,81	33,73
45	49,16	36,87	1,62	19,42	2,12	25,45
50	46,06	38,38	1,51	18,13	1,75	20,99
55	43,42	39,80	1,42	17,04	1,51	18,13
60	41,14	41,14	1,34	16,10	1,34	16,10

## Hietograma Cuenca 2: Periodo de retorno de 10 años

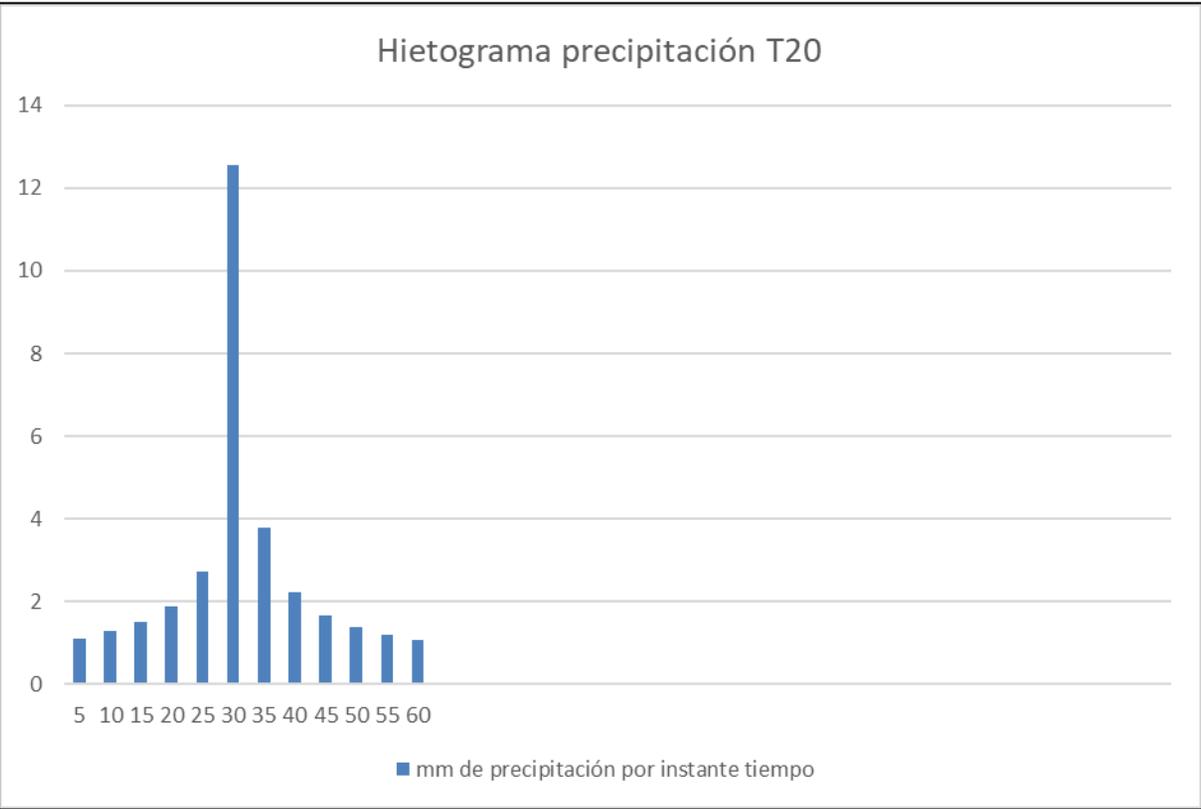
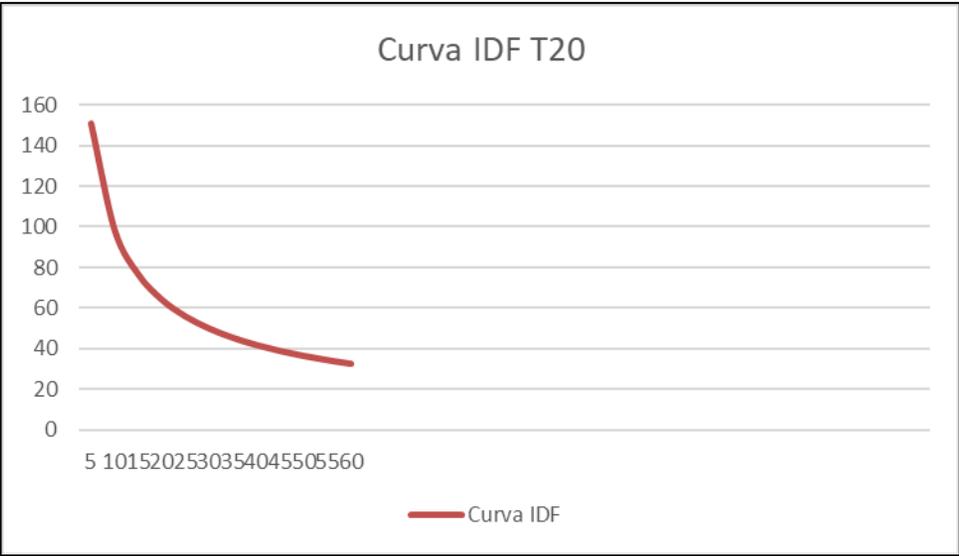
HIETOGRAMA PARA PERIODO RETORNO 10 AÑOS		60 min				
Duración de la tormenta (h)	1					
Intensidad de lluvia (mm/h)	29,22					
Precipitación en 24 horas (mm)	29,22					
Intervalos de tiempo (min)	5					
Instante (min)	Intensidad (mm/h)	Precipitación acumulada (mm)	Precipitación (mm)	Intensidad parcial (mm/h)	Precipitación Alternada (mm)	Int. Parcial Alternada (mm)
5	135,98	11,33	11,33	135,98	1,01	12,10
10	88,55	14,76	3,43	41,12	1,15	13,79
15	68,90	17,22	2,47	29,60	1,36	16,29
20	57,66	19,22	2,00	23,95	1,71	20,48
25	50,22	20,93	1,71	20,48	2,47	29,60
30	44,87	22,43	1,51	18,07	11,33	135,98
35	40,78	23,79	1,36	16,29	3,43	41,12
40	37,55	25,03	1,24	14,91	2,00	23,95
45	34,91	26,18	1,15	13,79	1,51	18,07
50	32,71	27,25	1,07	12,87	1,24	14,91
55	30,83	28,26	1,01	12,10	1,07	12,87
60	29,22	29,22	0,95	11,44	0,95	11,44





## Periodo de retorno 20 años

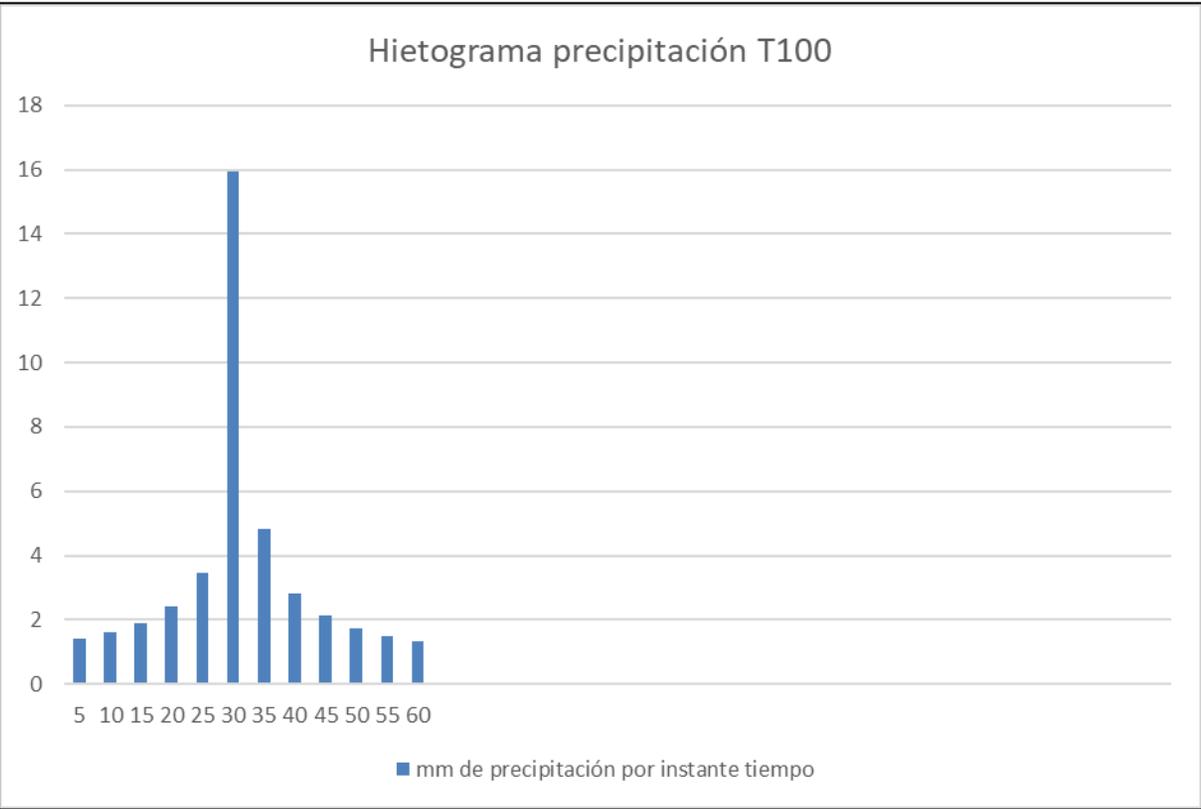
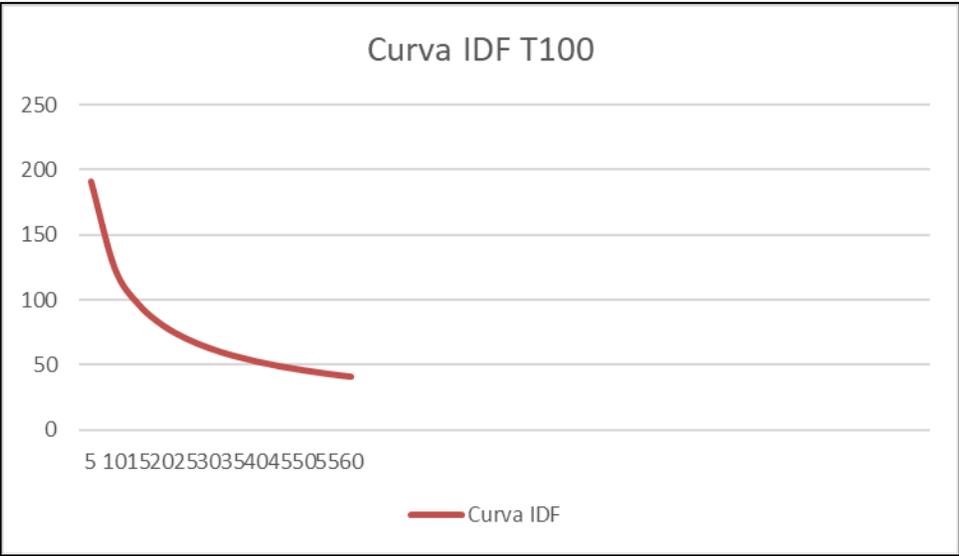
HIETOGRAMA PARA PERIODO RETORNO 20 AÑOS			60 min			
Duración de la tormenta (h)	1					
Intensidad de lluvia (mm/h)	32,39					
Precipitación en 24 horas (mm)	32,39					
Intervalos de tiempo (min)	5					
Instante (min)	Intensidad (mm/h)	Precipitación acumulada (mm)	Precipitación (mm)	Intensidad parcial (mm/h)	Precipitación Alternada (mm)	Int. Parcial Alternada (mm)
5	150,74	12,56	12,56	150,74	1,12	13,41
10	98,16	16,36	3,80	45,58	1,27	15,29
15	76,38	19,09	2,73	32,81	1,50	18,06
20	63,92	21,31	2,21	26,55	1,89	22,70
25	55,68	23,20	1,89	22,70	2,73	32,81
30	49,74	24,87	1,67	20,03	12,56	150,74
35	45,21	26,37	1,50	18,06	3,80	45,58
40	41,62	27,75	1,38	16,52	2,21	26,55
45	38,70	29,02	1,27	15,29	1,67	20,03
50	36,26	30,21	1,19	14,27	1,38	16,52
55	34,18	31,33	1,12	13,41	1,19	14,27
60	32,39	32,39	1,06	12,68	1,06	12,68

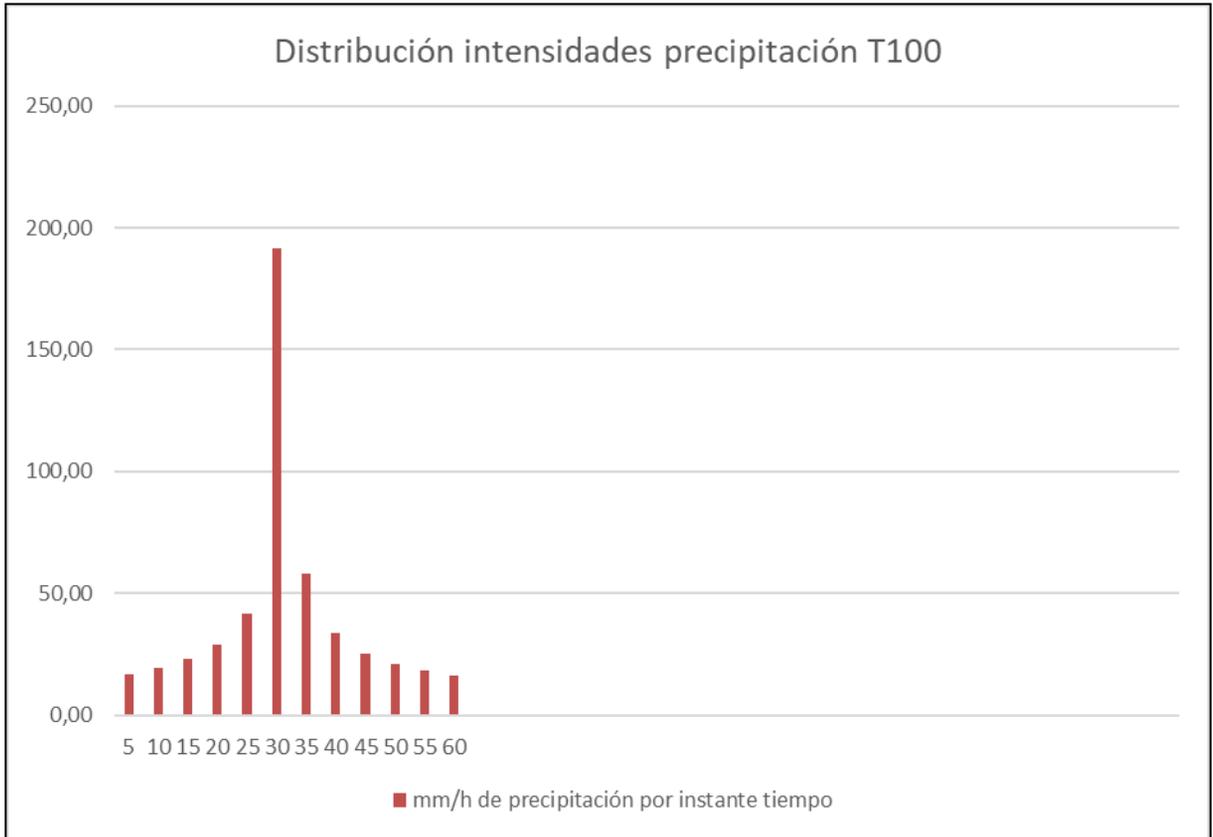




## Periodo de retorno de 100 años

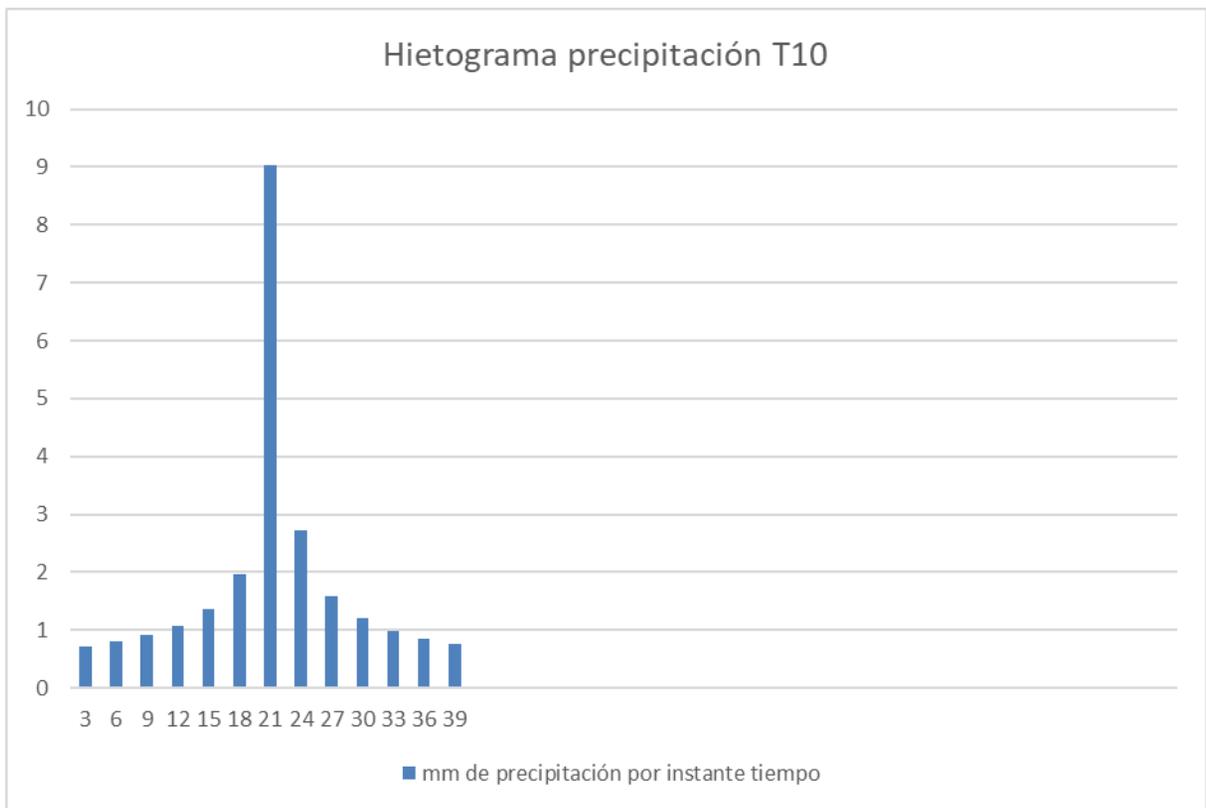
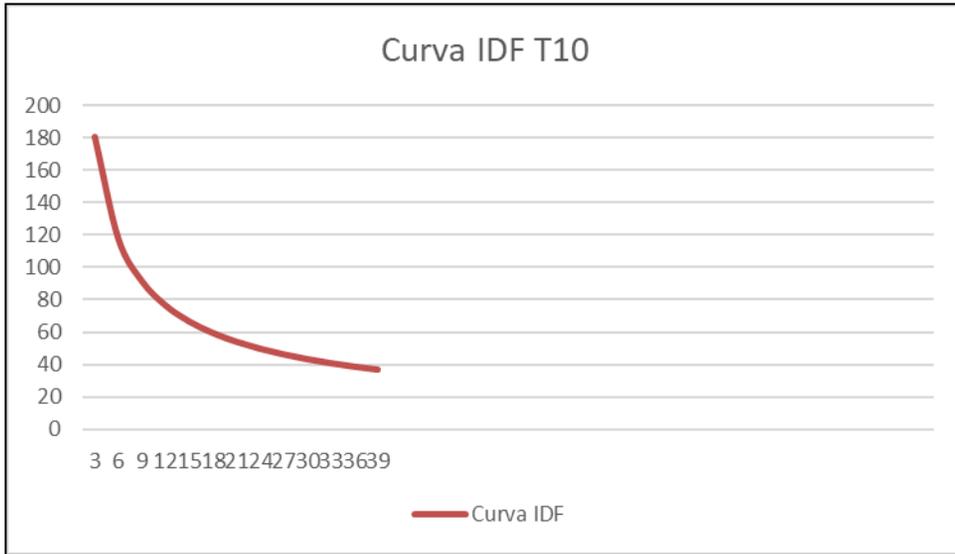
HIETOGRAMA PARAPERIODO RETORNO 100 AÑOS			60 min			
Duración de la tormenta (h)	1					
Intensidad de lluvia (mm/h)	41,14					
Precipitación en 24 horas (mm)	41,14					
Intervalos de tiempo (min)	5					
Instante (min)	Intensidad (mm/h)	Precipitación acumulada (mm)	Precipitación (mm)	Intensidad parcial (mm/h)	Precipitación Alternada (mm)	Int. Parcial Alternada (mm)
5	191,48	15,96	15,96	191,48	1,42	17,04
10	124,69	20,78	4,83	57,90	1,62	19,42
15	97,02	24,25	3,47	41,68	1,91	22,94
20	81,20	27,07	2,81	33,73	2,40	28,83
25	70,72	29,47	2,40	28,83	3,47	41,68
30	63,18	31,59	2,12	25,45	15,96	191,48
35	57,43	33,50	1,91	22,94	4,83	57,90
40	52,88	35,25	1,75	20,99	2,81	33,73
45	49,16	36,87	1,62	19,42	2,12	25,45
50	46,06	38,38	1,51	18,13	1,75	20,99
55	43,42	39,80	1,42	17,04	1,51	18,13
60	41,14	41,14	1,34	16,10	1,34	16,10

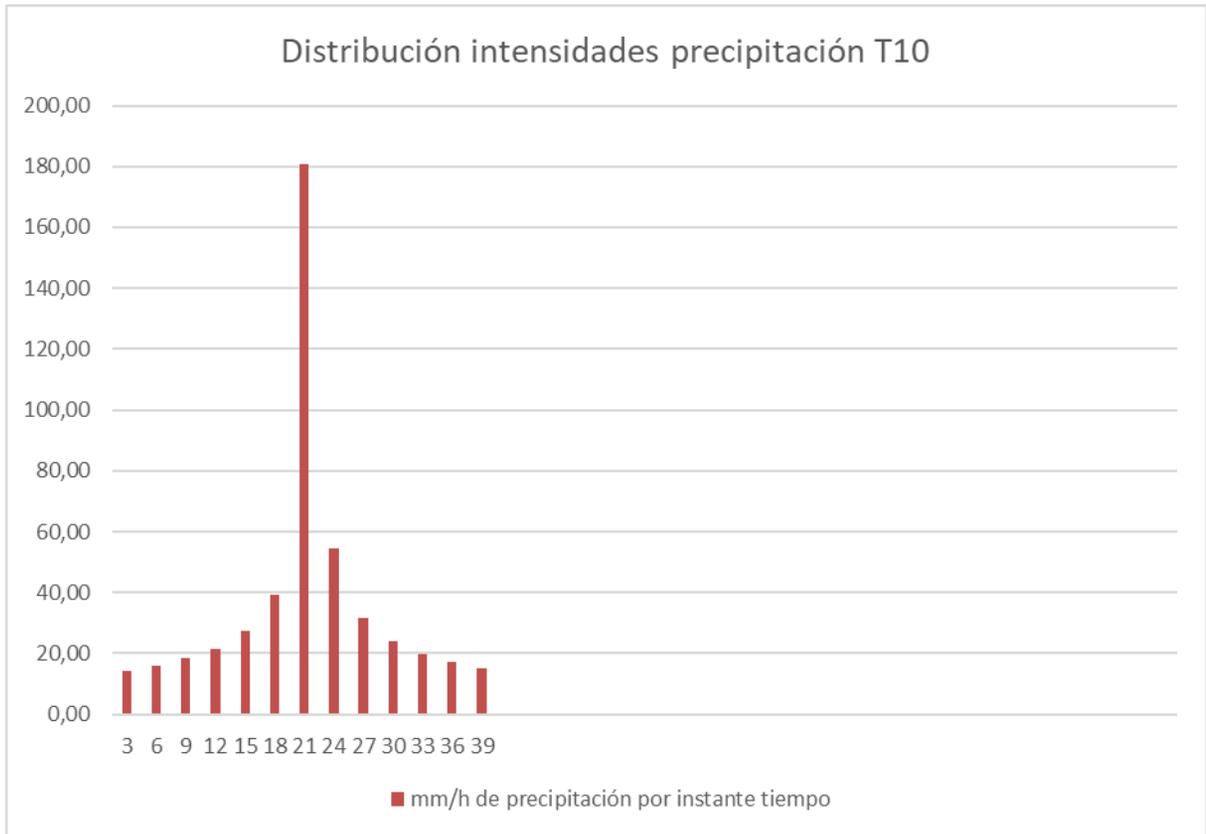




### Cuenca 3: Periodo de retorno de 10 años

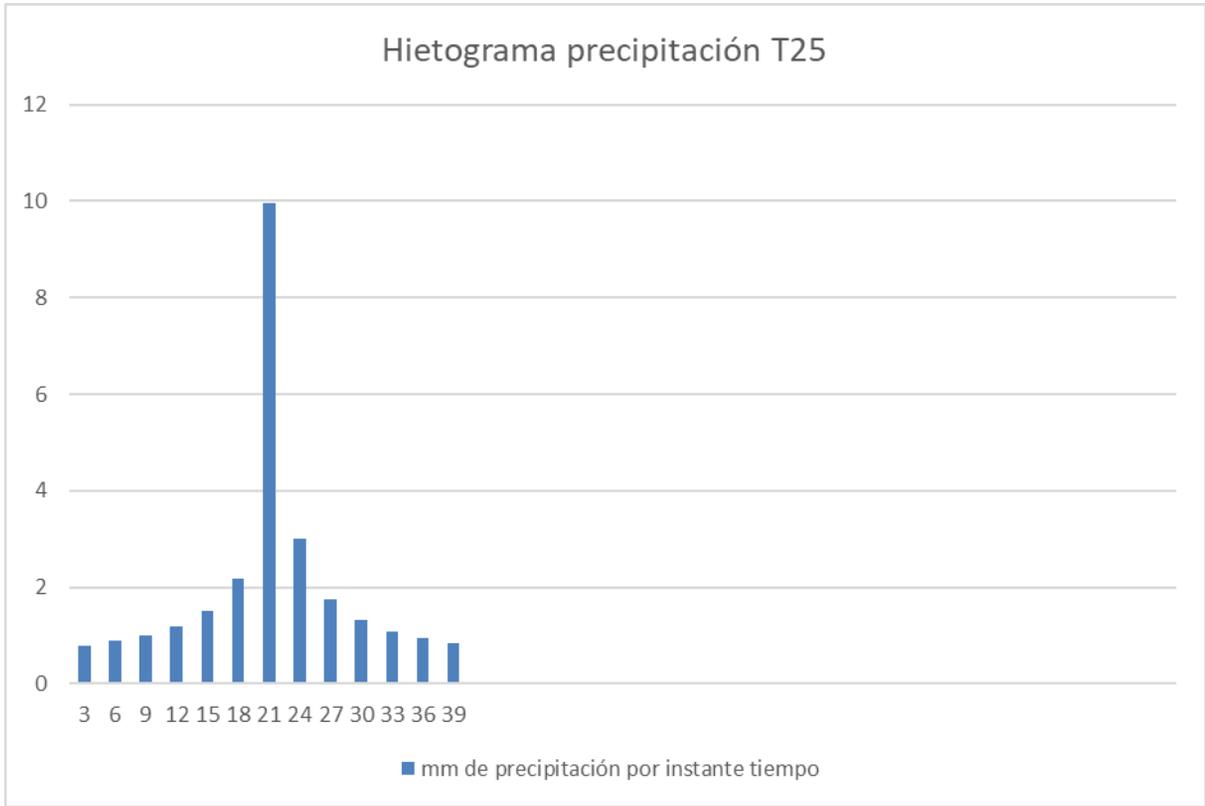
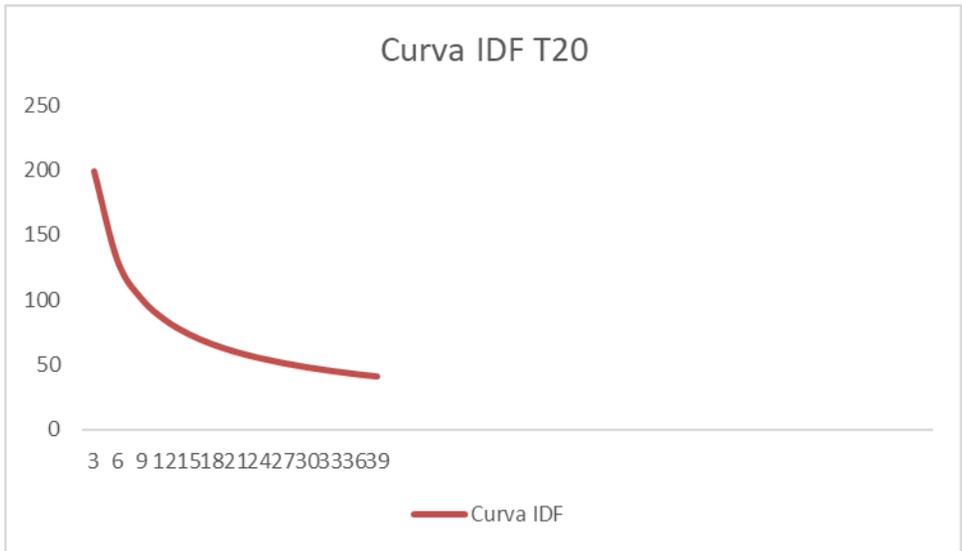
<b>HIETOGRAMA PARA PERIODO RETORNO 10 AÑOS</b>						
Duración de la tormenta (h)	0,65	<b>39 min</b>				
Intensidad de lluvia (mm/h)	36,91					
Precipitación en 24 horas (mm)	23,99					
Intervalos de tiempo (min)	3					
Instante (min)	Intensidad (mm/h)	Precipitación acumulada (mm)	Precipitación (mm)	Intensidad parcial (mm/h)	Precipitación Alternada (mm)	Int. Parcial Alternada (mm)
3	180,53	9,03	9,03	180,53	0,72	14,42
6	117,56	11,76	2,73	54,59	0,80	16,06
9	91,47	13,72	1,96	39,29	0,92	18,31
12	76,55	15,31	1,59	31,80	1,08	21,63
15	66,68	16,67	1,36	27,18	1,36	27,18
18	59,56	17,87	1,20	23,99	1,96	39,29
21	54,14	18,95	1,08	21,63	9,03	180,53
24	49,85	19,94	0,99	19,79	2,73	54,59
27	46,35	20,86	0,92	18,31	1,59	31,80
30	43,42	21,71	0,85	17,09	1,20	23,99
33	40,93	22,51	0,80	16,06	0,99	19,79
36	38,79	23,27	0,76	15,18	0,85	17,09
39	36,91	23,99	0,72	14,42	0,76	15,18

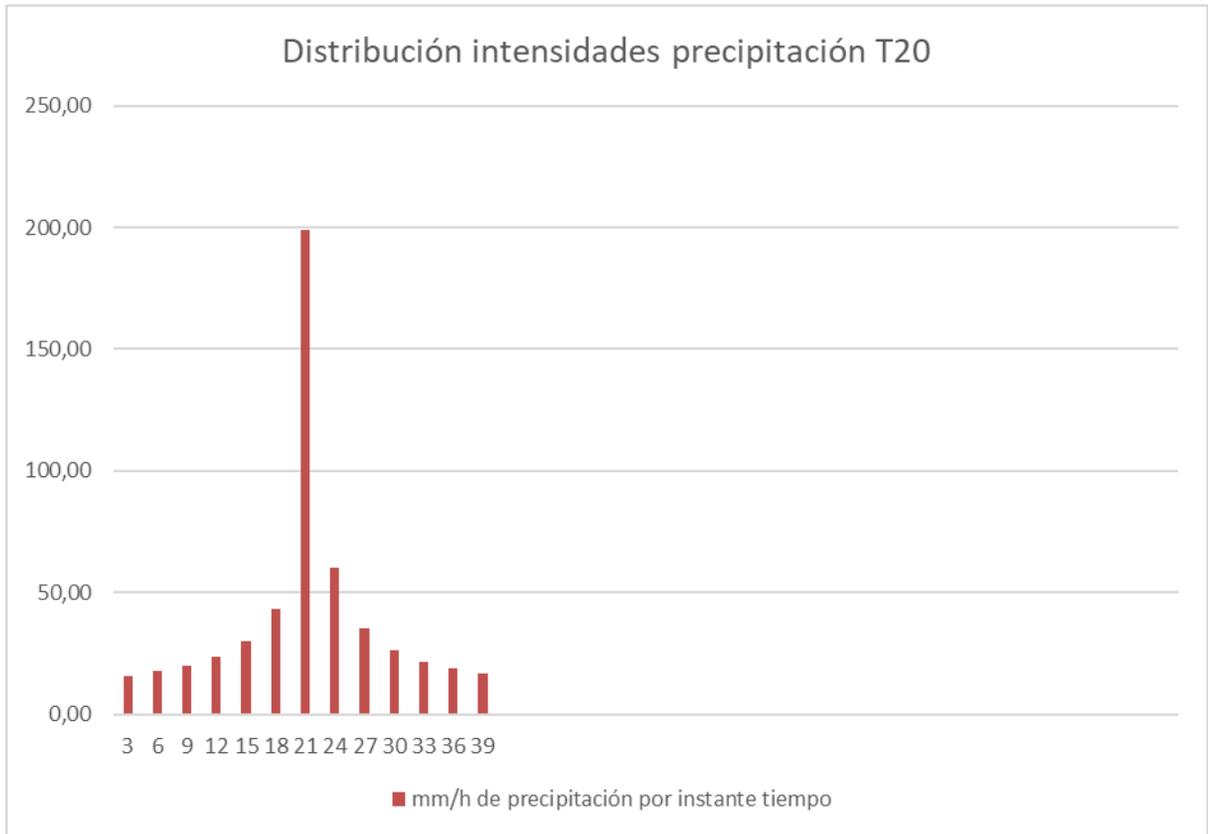




## Periodo de retorno 20 años

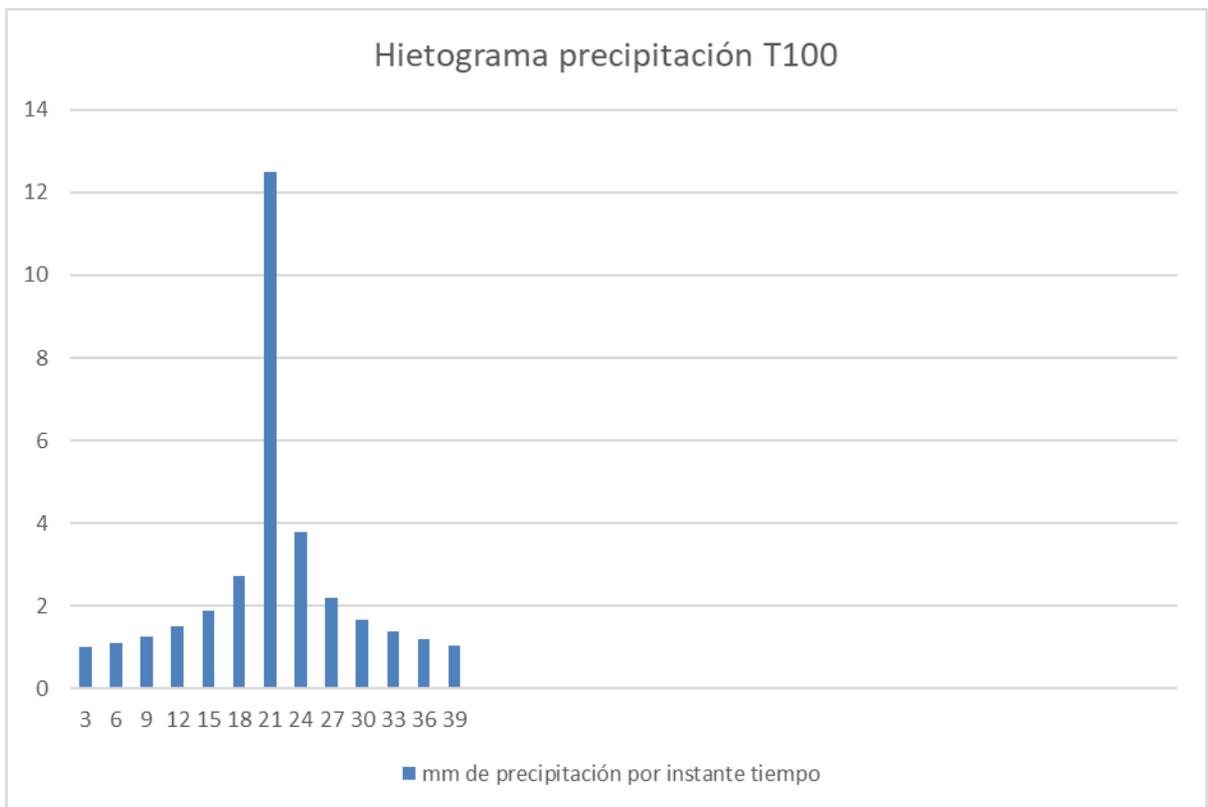
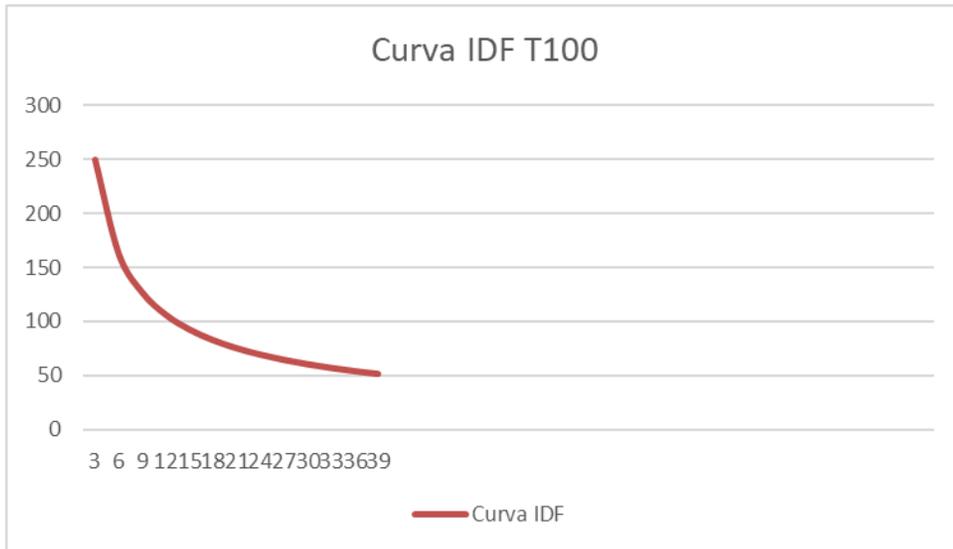
HIETOGRAMA PARA PERIODO RETORNO 20 AÑOS		39 min				
Duración de la tormenta (h)	0,65					
Intensidad de lluvia (mm/h)	40,70					
Precipitación en 24 horas (mm)	26,45					
Intervalos de tiempo (min)	3					
Instante (min)	Intensidad (mm/h)	Precipitación acumulada (mm)	Precipitación (mm)	Intensidad parcial (mm/h)	Precipitación Alternada (mm)	Int. Parcial Alternada (mm)
3	199,03	9,95	9,95	199,03	0,79	15,90
6	129,61	12,96	3,01	60,18	0,89	17,71
9	100,85	15,13	2,17	43,32	1,01	20,19
12	84,40	16,88	1,75	35,06	1,19	23,84
15	73,51	18,38	1,50	29,97	1,50	29,97
18	65,67	19,70	1,32	26,45	2,17	43,32
21	59,70	20,89	1,19	23,84	9,95	199,03
24	54,96	21,98	1,09	21,82	3,01	60,18
27	51,10	22,99	1,01	20,19	1,75	35,06
30	47,87	23,94	0,94	18,84	1,32	26,45
33	45,13	24,82	0,89	17,71	1,09	21,82
36	42,76	25,66	0,84	16,74	0,94	18,84
39	40,70	26,45	0,79	15,90	0,84	16,74

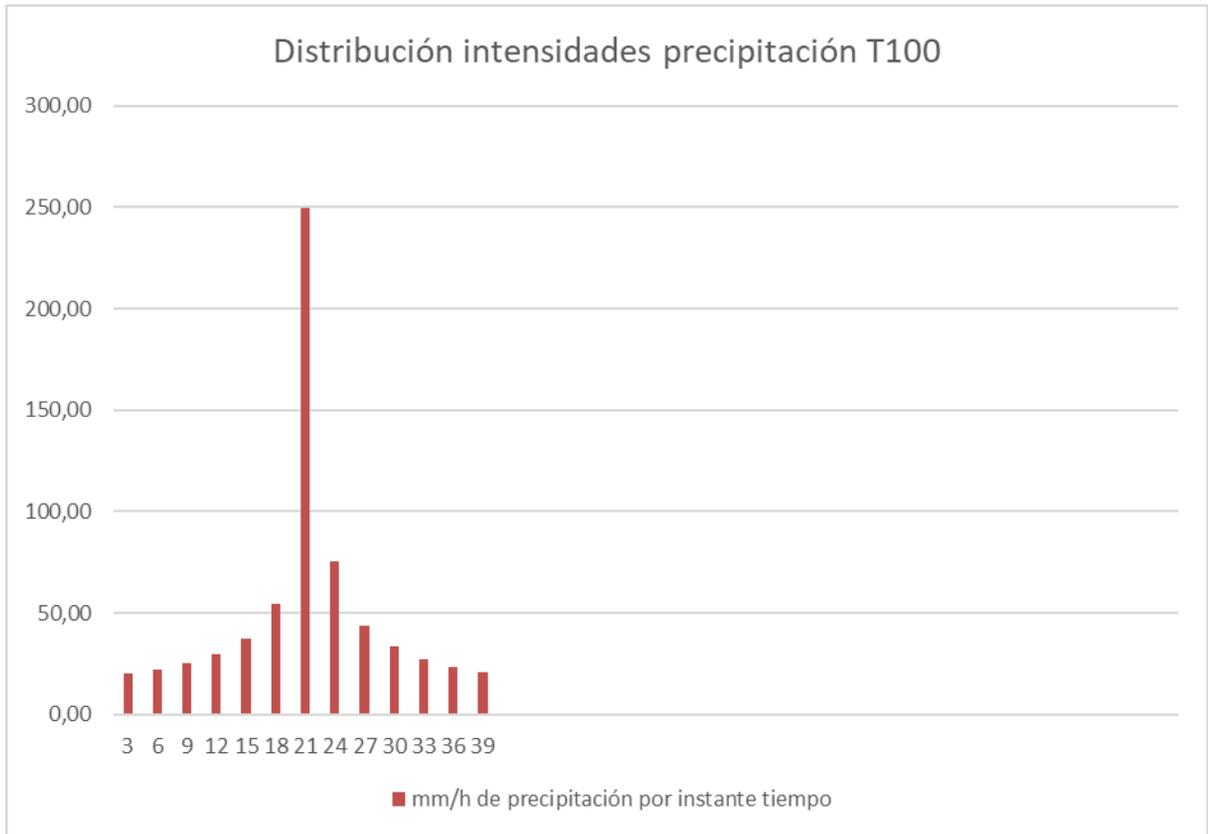




## Periodo de retorno 100 años

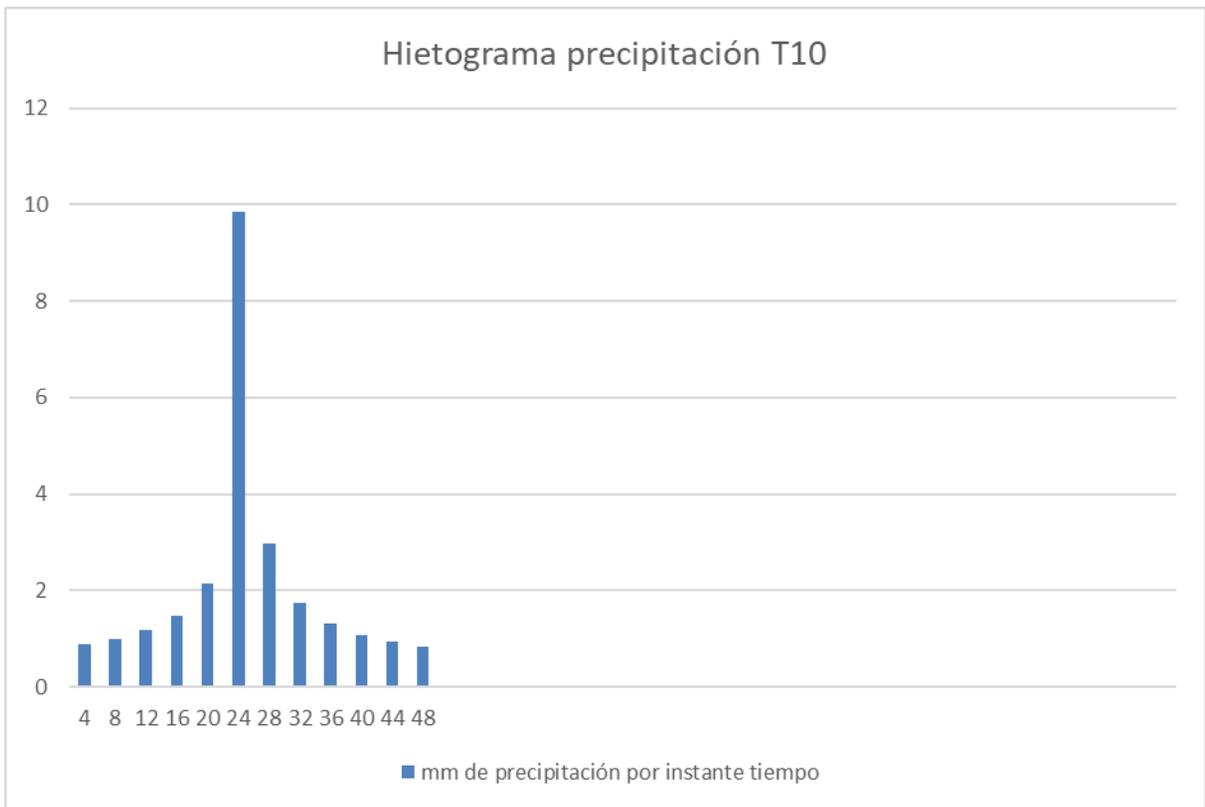
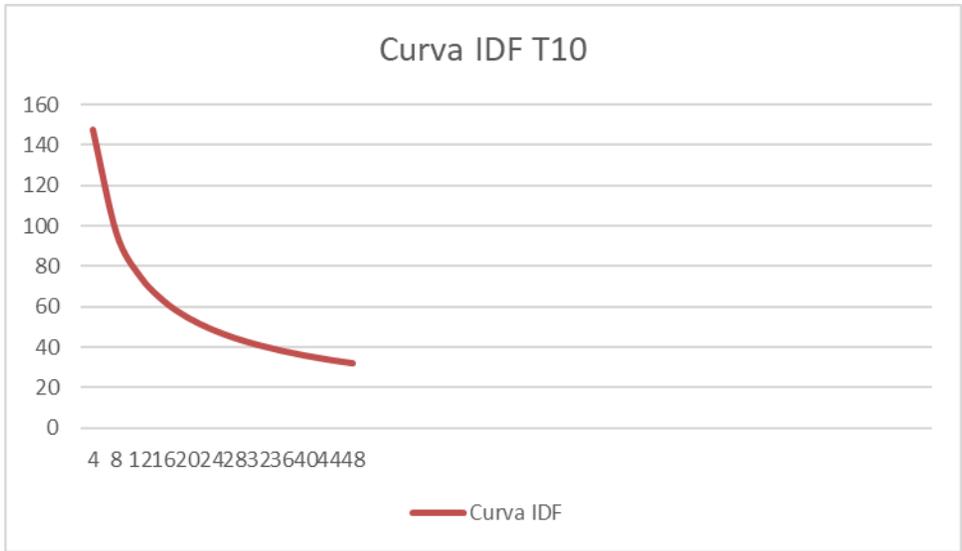
HIETOGRAMA PARAPERIODO RETORNO 100 AÑOS		39 min				
Duración de la tormenta (h)	0,65					
Intesidad de lluvia (mm/h)	51,05					
Precipitación en 24 horas (mm)	33,18					
Intervalos de tiempo (min)	3					
Instante (min)	Intensidad (mm/h)	Precipitación acumulada (mm)	Precipitación (mm)	Intensidad parcial (mm/h)	Precipitación Alternada (mm)	Int. Parcial Alternada (mm)
3	249,66	12,48	12,48	249,66	1,00	19,94
6	162,58	16,26	3,77	75,49	1,11	22,21
9	126,50	18,97	2,72	54,34	1,27	25,32
12	105,87	21,17	2,20	43,98	1,50	29,91
15	92,21	23,05	1,88	37,59	1,88	37,59
18	82,37	24,71	1,66	33,18	2,72	54,34
21	74,88	26,21	1,50	29,91	12,48	249,66
24	68,94	27,58	1,37	27,37	3,77	75,49
27	64,09	28,84	1,27	25,32	2,20	43,98
30	60,05	30,02	1,18	23,64	1,66	33,18
33	56,61	31,13	1,11	22,21	1,37	27,37
36	53,64	32,18	1,05	21,00	1,18	23,64
39	51,05	33,18	1,00	19,94	1,05	21,00

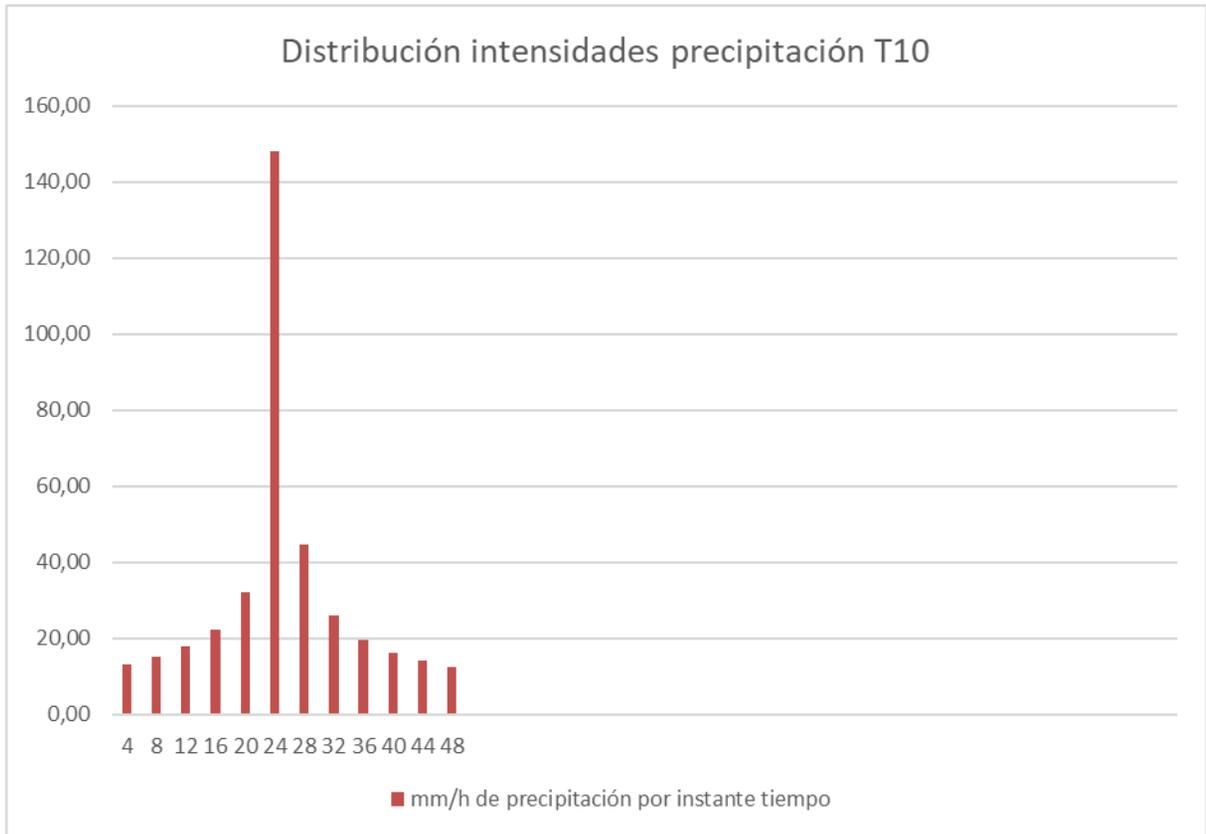




## Cuenca 4: Periodo de retorno de 10 años

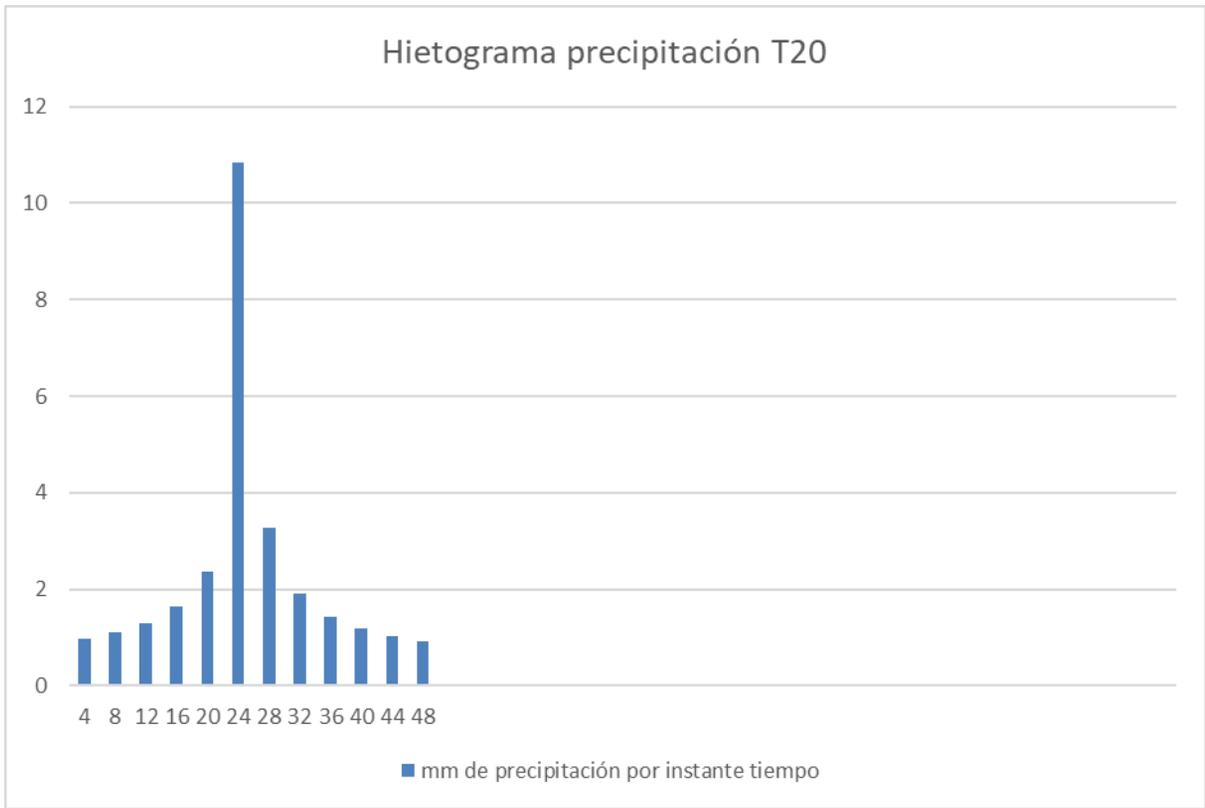
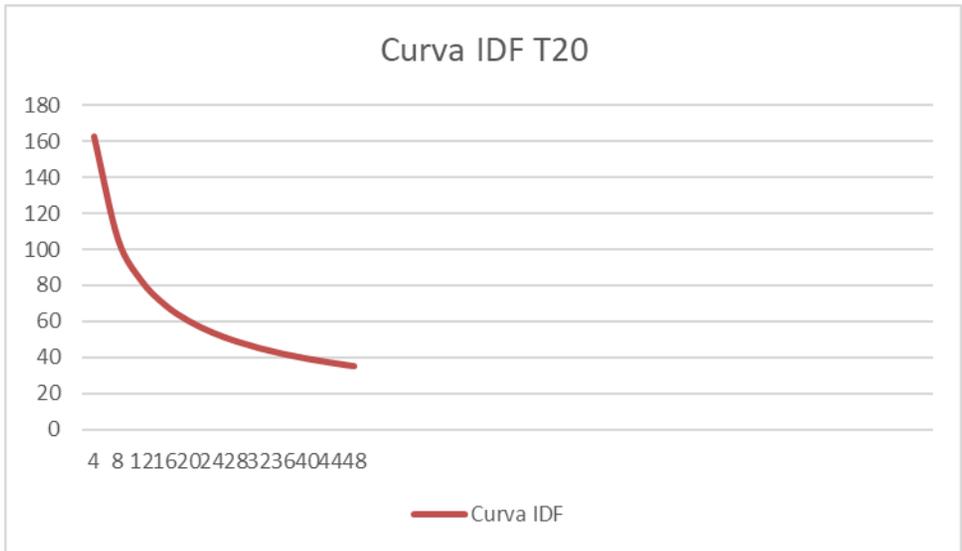
HIETOGRAMA PARA PERIODO RETORNO 10 AÑOS				48 min		
Duración de la tormenta (h)	0,8					
Intensidad de lluvia (mm/h)	31,78					
Precipitación en 24 horas (mm)	25,42					
Intervalos de tiempo (min)	4					
Instante (min)	Intensidad (mm/h)	Precipitación acumulada (mm)	Precipitación (mm)	Intensidad parcial (mm/h)	Precipitación Alternada (mm)	Int. Parcial Alternada (mm)
4	147,92	9,86	9,86	147,92	0,88	13,16
8	96,32	12,84	2,98	44,73	1,00	15,00
12	74,95	14,99	2,15	32,20	1,18	17,72
16	62,72	16,73	1,74	26,06	1,48	22,27
20	54,63	18,21	1,48	22,27	2,15	32,20
24	48,80	19,52	1,31	19,66	9,86	147,92
28	44,36	20,70	1,18	17,72	2,98	44,73
32	40,85	21,78	1,08	16,21	1,74	26,06
36	37,97	22,78	1,00	15,00	1,31	19,66
40	35,58	23,72	0,93	14,00	1,08	16,21
44	33,54	24,60	0,88	13,16	0,93	14,00
48	31,78	25,42	0,83	12,44	0,83	12,44

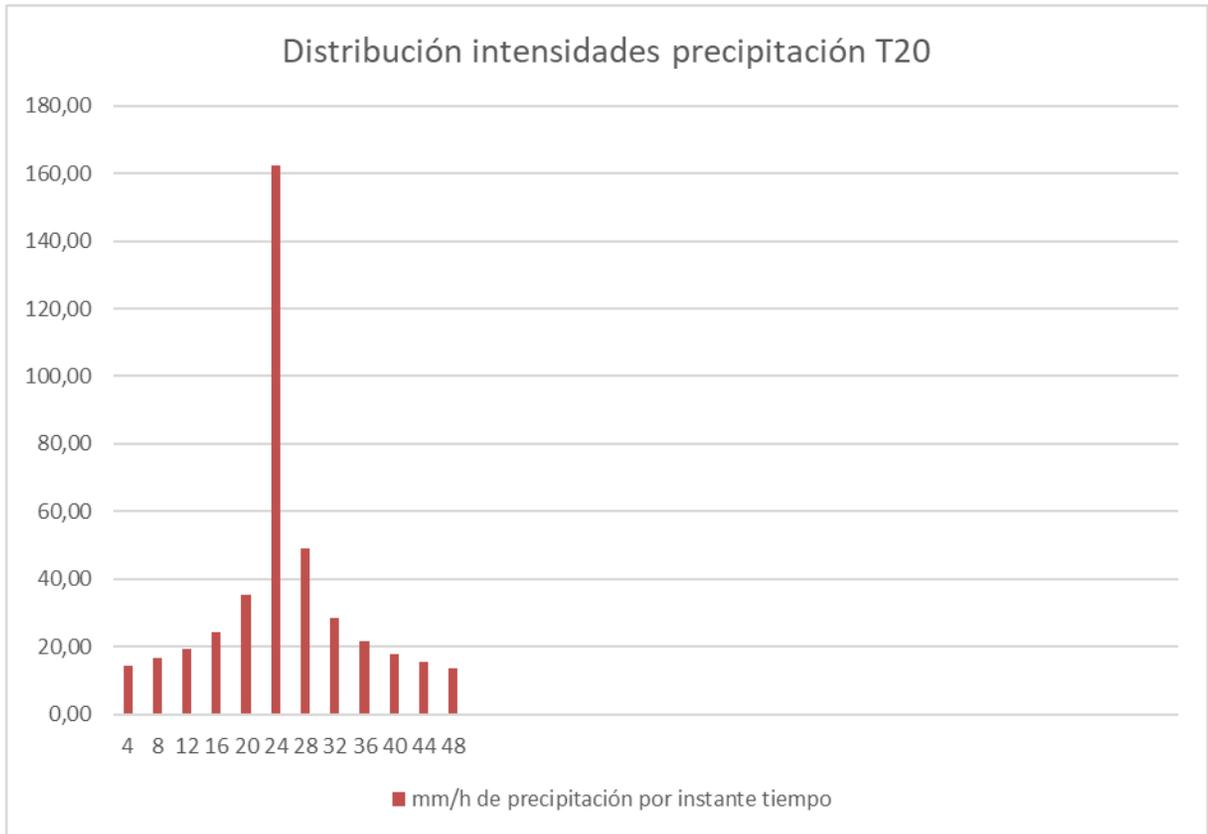




## Periodo de retorno 20 años

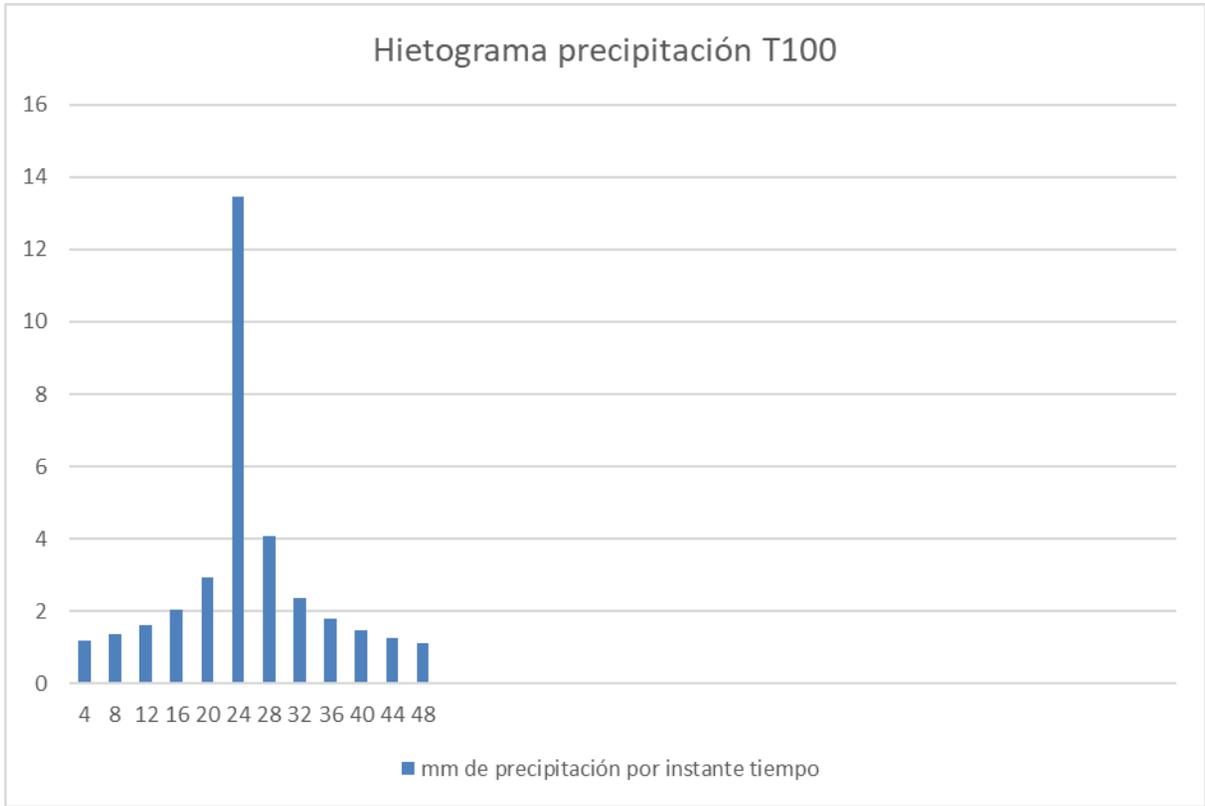
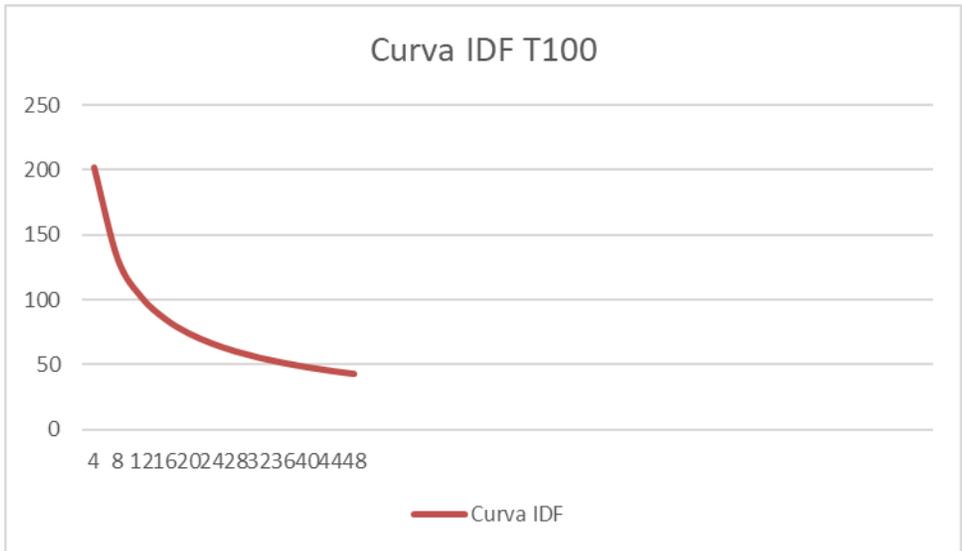
HIETOGRAMA PARA PERIODO RETORNO 20 AÑOS		48 min				
Duración de la tormenta (h)	0,8					
Intensidad de lluvia (mm/h)	34,91					
Precipitación en 24 horas (mm)	27,93					
Intervalos de tiempo (min)	4					
Instante (min)	Intensidad (mm/h)	Precipitación acumulada (mm)	Precipitación (mm)	Intensidad parcial (mm/h)	Precipitación Alternada (mm)	Int. Parcial Alternada (mm)
4	162,49	10,83	10,83	162,49	0,96	14,46
8	105,81	14,11	3,28	49,13	1,10	16,48
12	82,33	16,47	2,36	35,37	1,30	19,47
16	68,90	18,37	1,91	28,62	1,63	24,47
20	60,02	20,01	1,63	24,47	2,36	35,37
24	53,61	21,45	1,44	21,60	10,83	162,49
28	48,74	22,74	1,30	19,47	3,28	49,13
32	44,87	23,93	1,19	17,81	1,91	28,62
36	41,72	25,03	1,10	16,48	1,44	21,60
40	39,08	26,05	1,03	15,38	1,19	17,81
44	36,84	27,02	0,96	14,46	1,03	15,38
48	34,91	27,93	0,91	13,67	0,91	13,67

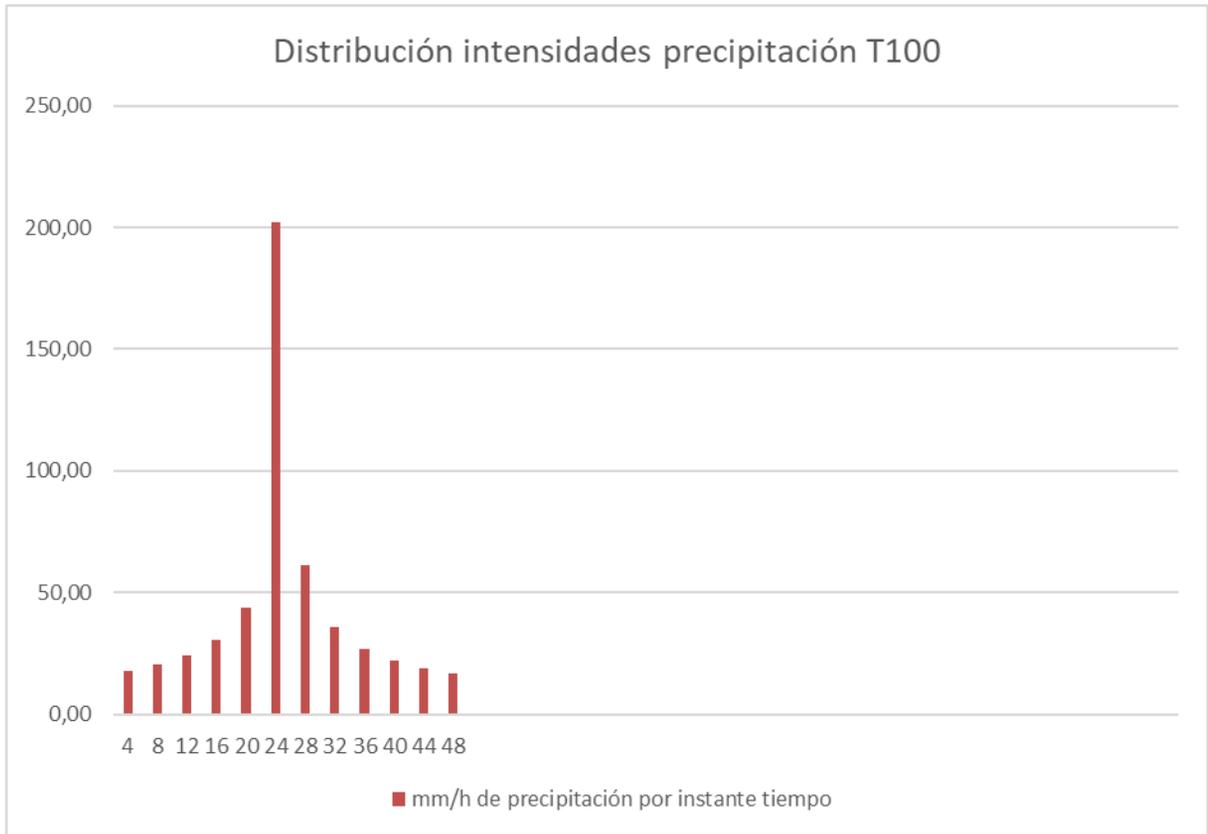




## Periodo de retorno 100 años

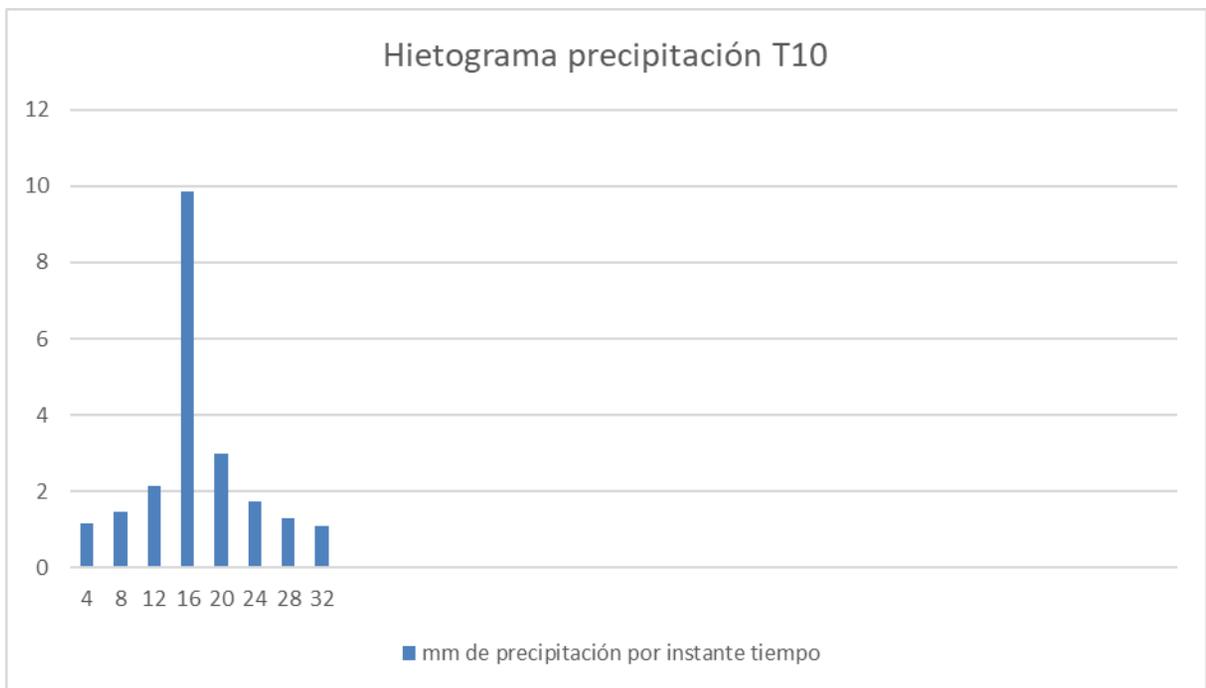
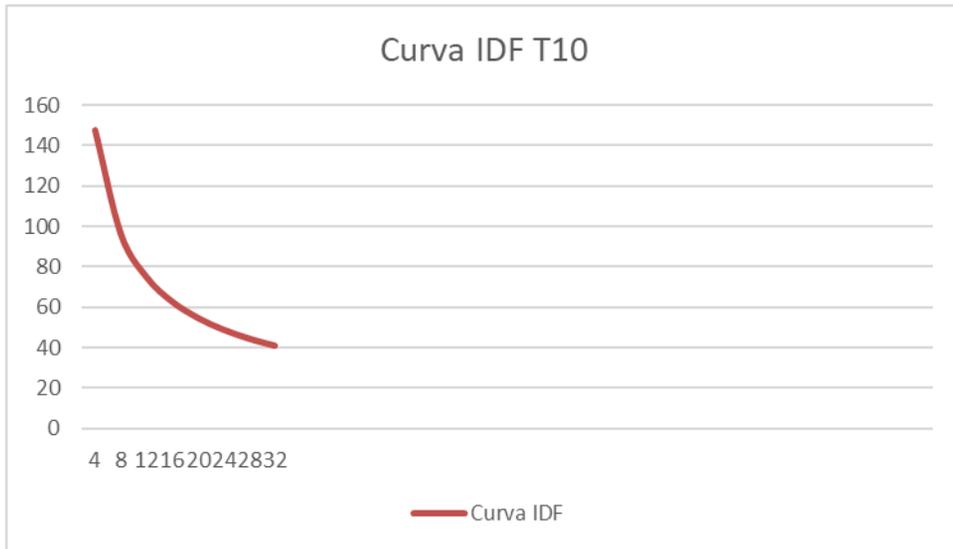
HIETOGRAMA PARAPERIODO RETORNO 100 AÑOS						
Duración de la tormenta (h)	0,8	48 min				
Intesidad de lluvia (mm/h)	43,43					
Precipitación en 24 horas (mm)	34,74					
Intervalos de tiempo (min)	4					
Instante (min)	Intensidad (mm/h)	Precipitación acumulada (mm)	Precipitación (mm)	Intensidad parcial (mm/h)	Precipitación Alternada (mm)	Int. Parcial Alternada (mm)
4	202,11	13,47	13,47	202,11	1,20	17,98
8	131,61	17,55	4,07	61,11	1,37	20,50
12	102,41	20,48	2,93	43,99	1,61	24,21
16	85,71	22,85	2,37	35,60	2,03	30,43
20	74,65	24,88	2,03	30,43	2,93	43,99
24	66,69	26,67	1,79	26,86	13,47	202,11
28	60,62	28,29	1,61	24,21	4,07	61,11
32	55,81	29,77	1,48	22,16	2,37	35,60
36	51,89	31,13	1,37	20,50	1,79	26,86
40	48,61	32,41	1,28	19,13	1,48	22,16
44	45,83	33,61	1,20	17,98	1,28	19,13
48	43,43	34,74	1,13	17,00	1,13	17,00

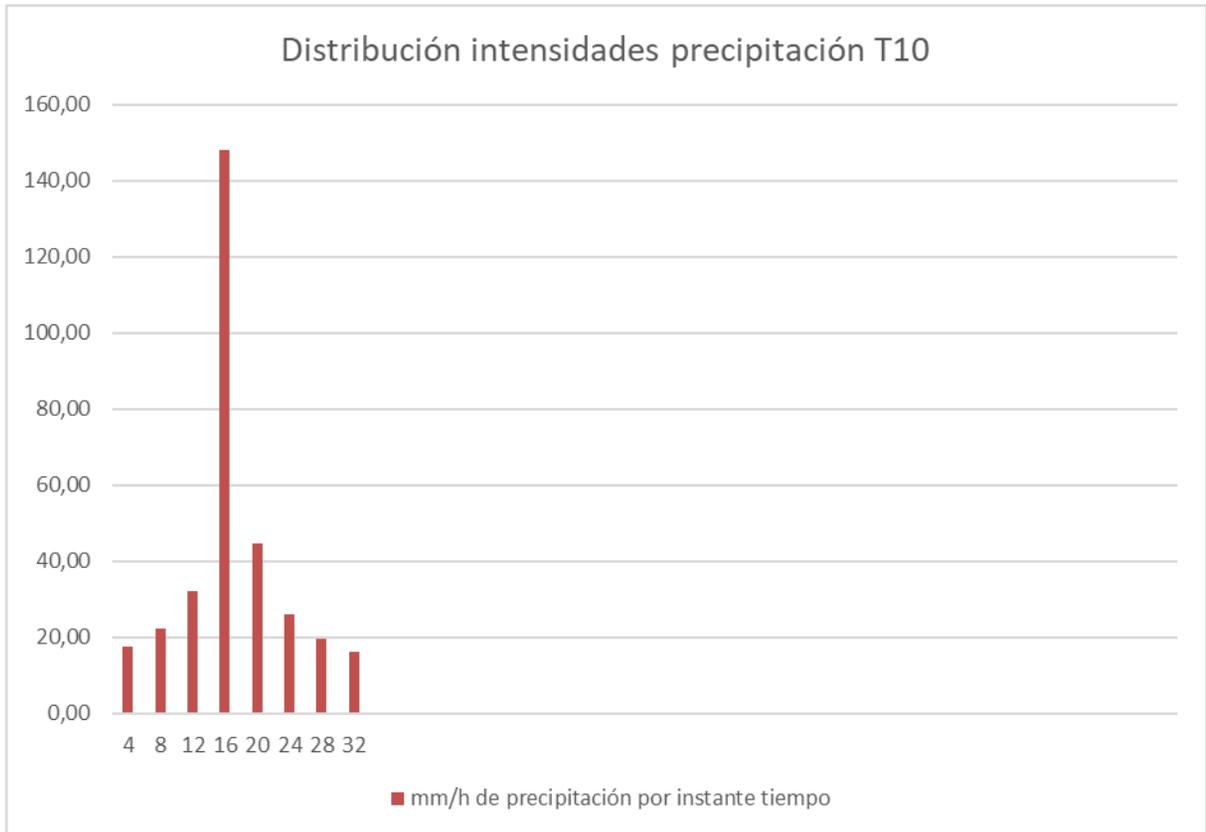




## Cuenca 5: periodo de retorno de 10 años

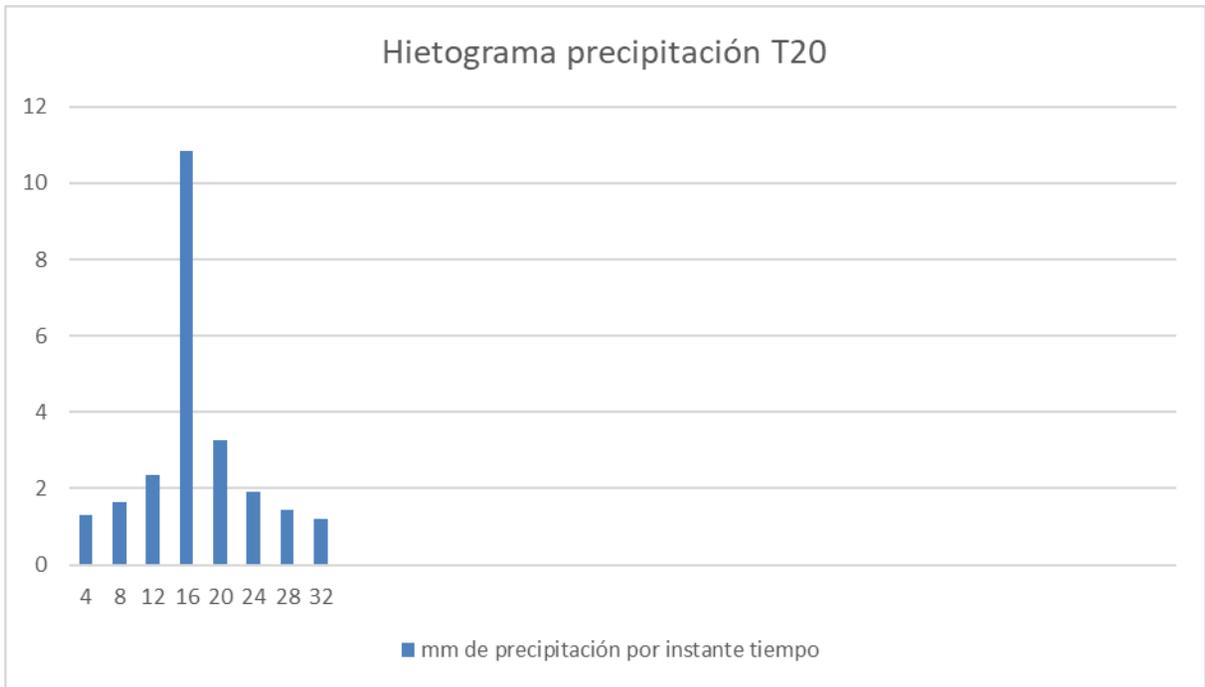
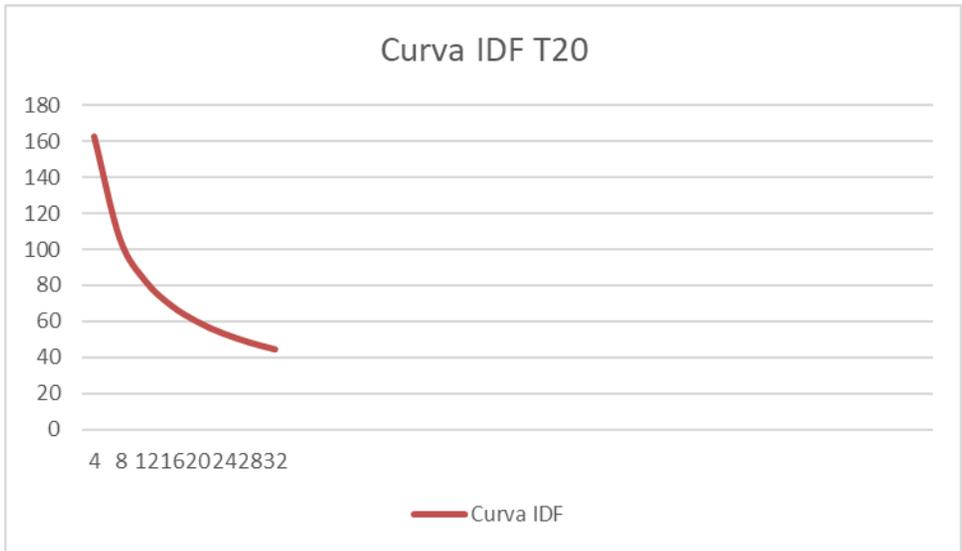
<b>HIETOGRAMA PARA PERIODO RETORNO 10 AÑOS</b>						
Duración de la tormenta (h)	0,55	33 min				
Intensidad de lluvia (mm/h)	40,85					
Precipitación en 24 horas (mm)	22,46					
Intervalos de tiempo (min)	4					
Instante (min)	Intensidad (mm/h)	Precipitación acumulada (mm)	Precipitación (mm)	Intensidad parcial (mm/h)	Precipitación Alternada (mm)	Int. Parcial Alternada (mm)
4	147,92	9,86	9,86	147,92	1,18	17,72
8	96,32	12,84	2,98	44,73	1,48	22,27
12	74,95	14,99	2,15	32,20	2,15	32,20
16	62,72	16,73	1,74	26,06	9,86	147,92
20	54,63	18,21	1,48	22,27	2,98	44,73
24	48,80	19,52	1,31	19,66	1,74	26,06
28	44,36	20,70	1,18	17,72	1,31	19,66
32	40,85	21,78	1,08	16,21	1,08	16,21

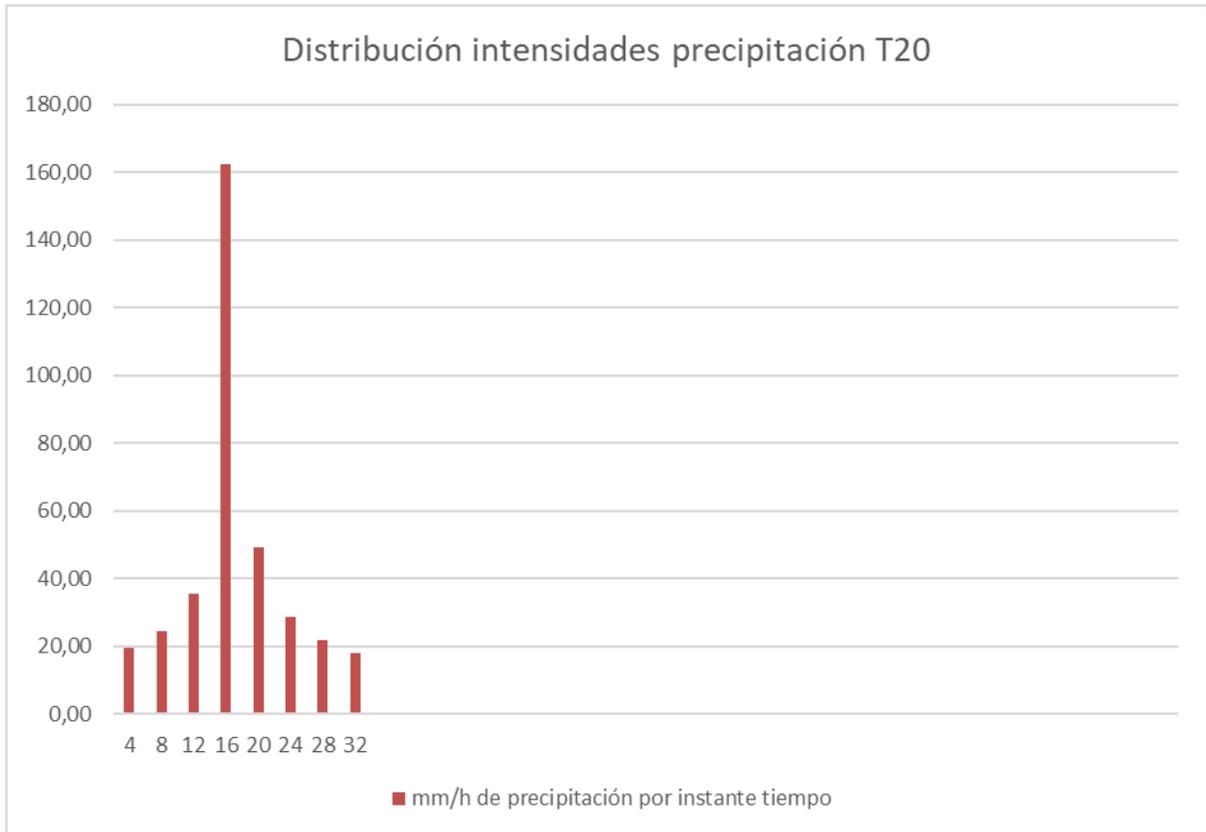




## Periodo de retorno 20 años

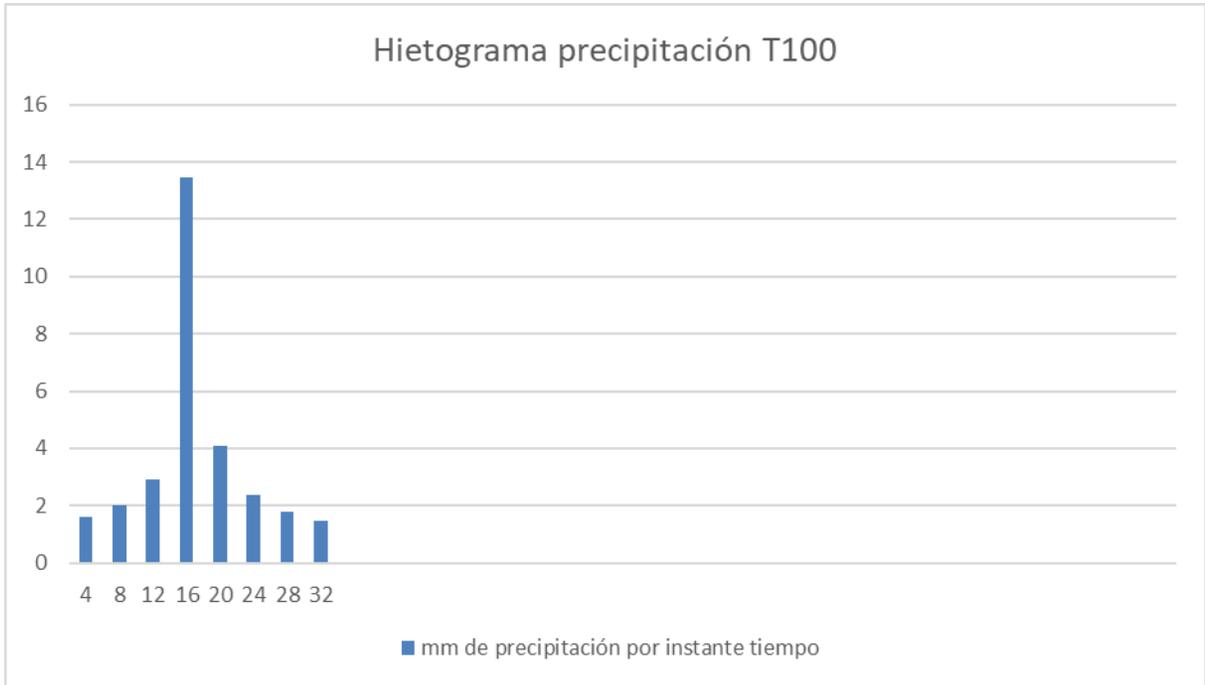
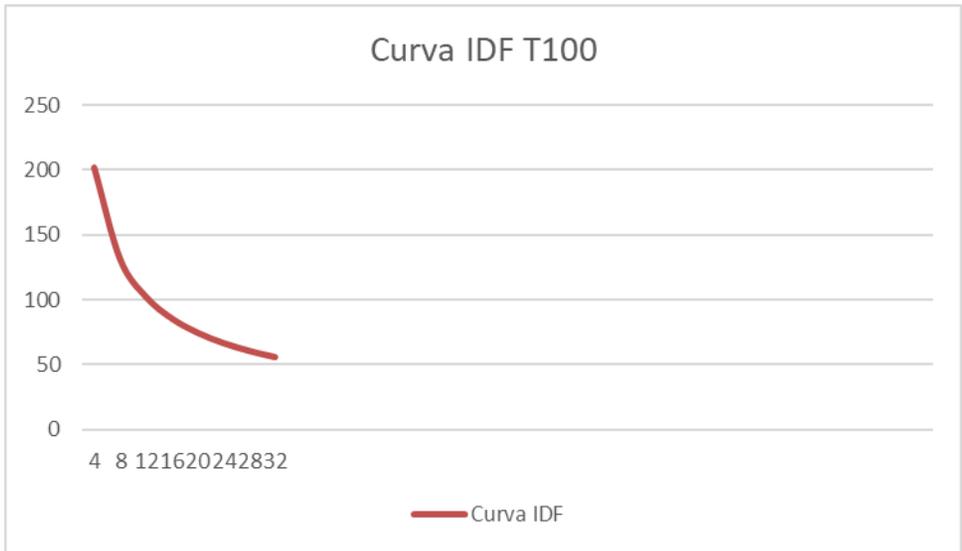
HIETOGRAMA PARA PERIODO RETORNO 20 AÑOS		33 min				
Duración de la tormenta (h)	0,55					
Intensidad de lluvia (mm/h)	44,87					
Precipitación en 24 horas (mm)	24,68					
Intervalos de tiempo (min)	4					
Instante (min)	Intensidad (mm/h)	Precipitación acumulada (mm)	Precipitación (mm)	Intensidad parcial (mm/h)	Precipitación Alternada (mm)	Int. Parcial Alternada (mm)
4	162,49	10,83	10,83	162,49	1,30	19,47
8	105,81	14,11	3,28	49,13	1,63	24,47
12	82,33	16,47	2,36	35,37	2,36	35,37
16	68,90	18,37	1,91	28,62	10,83	162,49
20	60,02	20,01	1,63	24,47	3,28	49,13
24	53,61	21,45	1,44	21,60	1,91	28,62
28	48,74	22,74	1,30	19,47	1,44	21,60
32	44,87	23,93	1,19	17,81	1,19	17,81

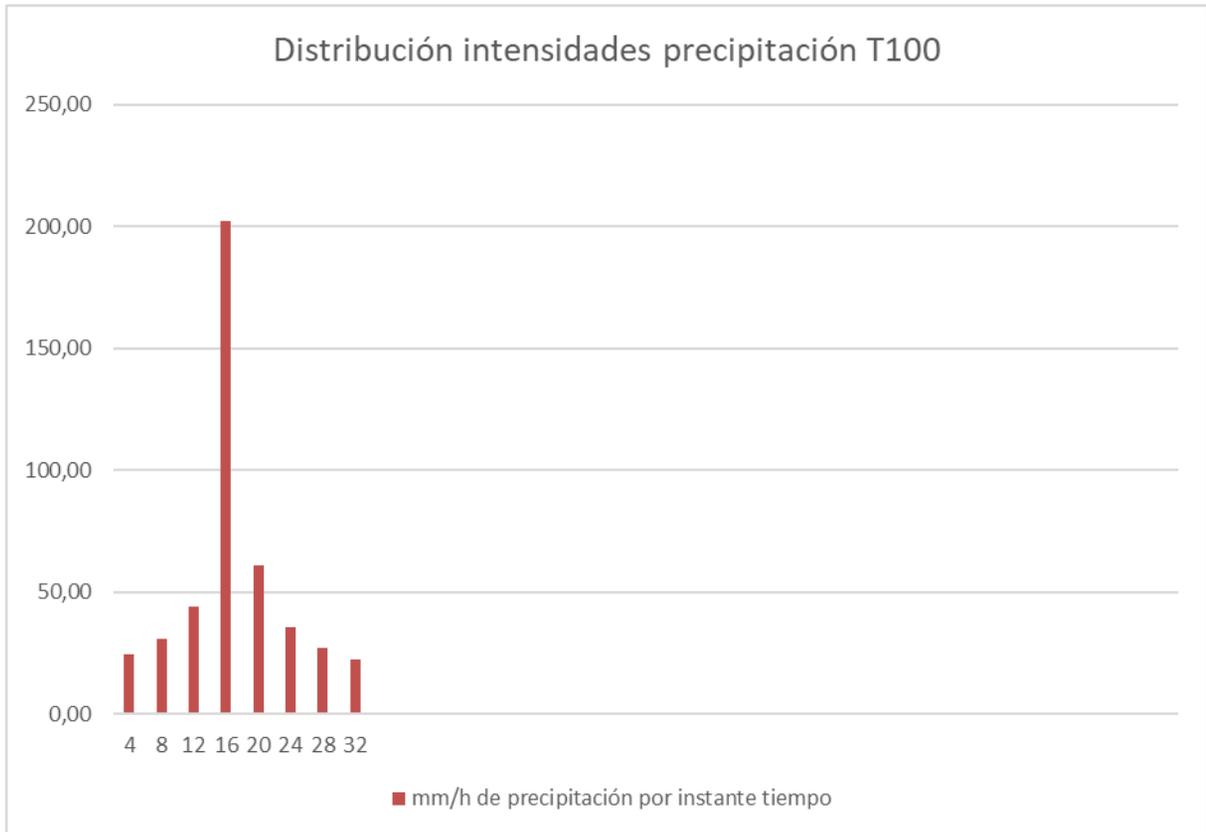




## Periodo de retorno 100 años

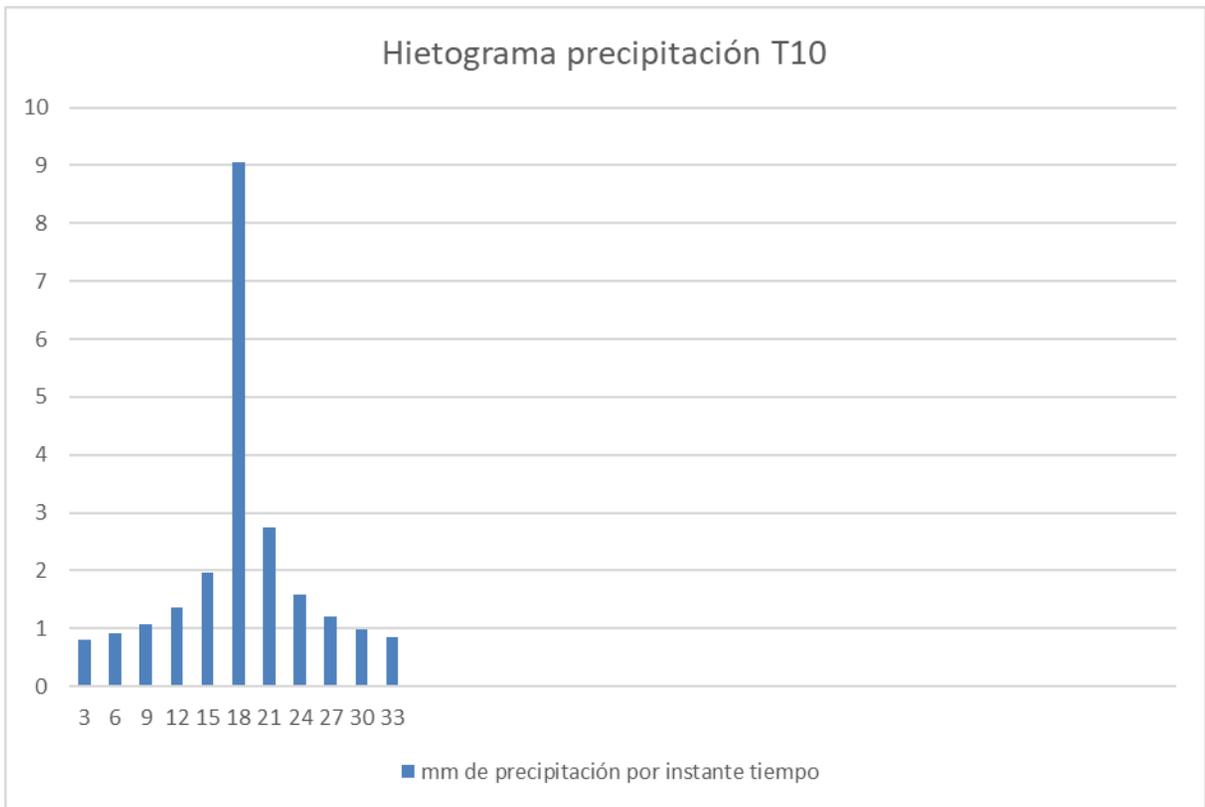
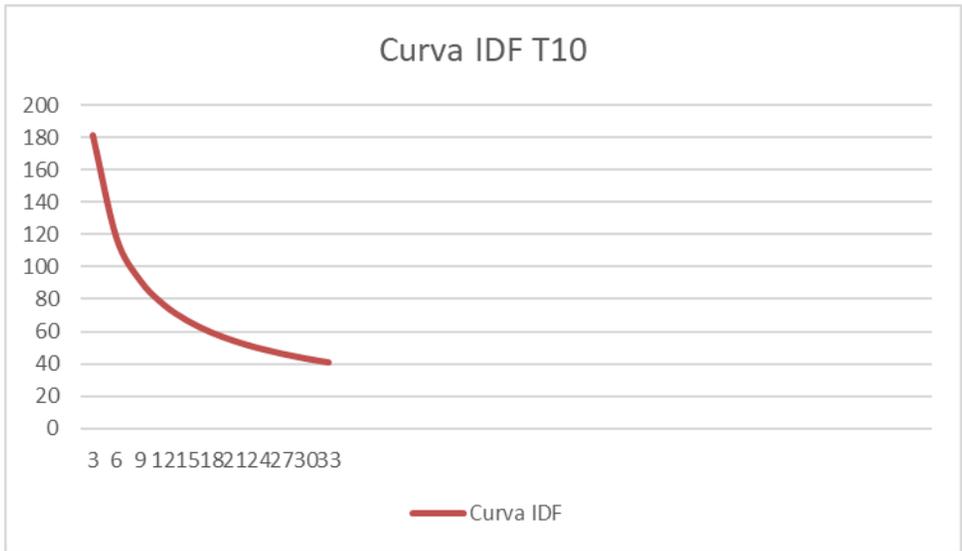
<b>HIETOGRAMA PARA PERIODO RETORNO 100 AÑOS</b>						
Duración de la tormenta (h)	0,55	<b>33 min</b>				
Intensidad de lluvia (mm/h)	55,81					
Precipitación en 24 horas (mm)	30,70					
Intervalos de tiempo (min)	4					
Instante (min)	Intensidad (mm/h)	Precipitación acumulada (mm)	Precipitación (mm)	Intensidad parcial (mm/h)	Precipitación Alternada (mm)	Int. Parcial Alternada (mm)
4	202,11	13,47	13,47	202,11	1,61	24,21
8	131,61	17,55	4,07	61,11	2,03	30,43
12	102,41	20,48	2,93	43,99	2,93	43,99
16	85,71	22,85	2,37	35,60	13,47	202,11
20	74,65	24,88	2,03	30,43	4,07	61,11
24	66,69	26,67	1,79	26,86	2,37	35,60
28	60,62	28,29	1,61	24,21	1,79	26,86
32	55,81	29,77	1,48	22,16	1,48	22,16

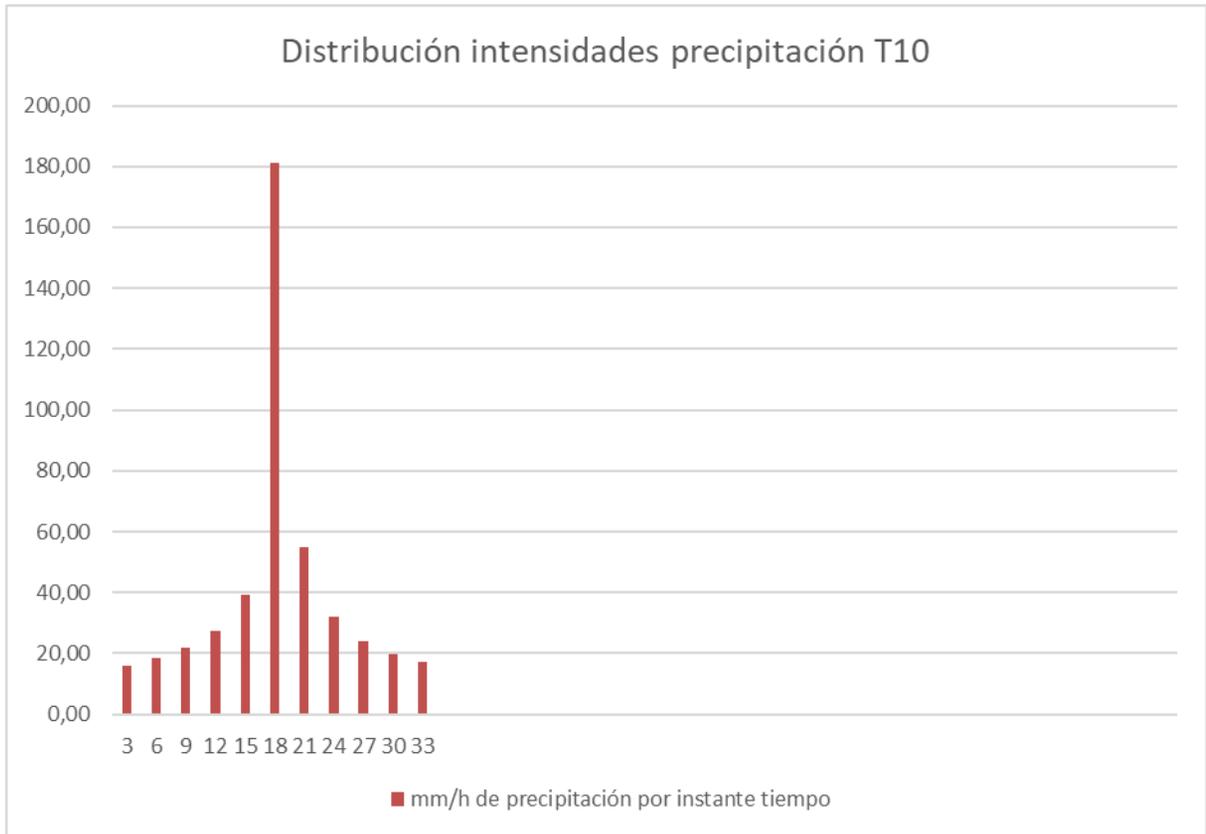




## Cuenca 6: periodo de retorno 10 años

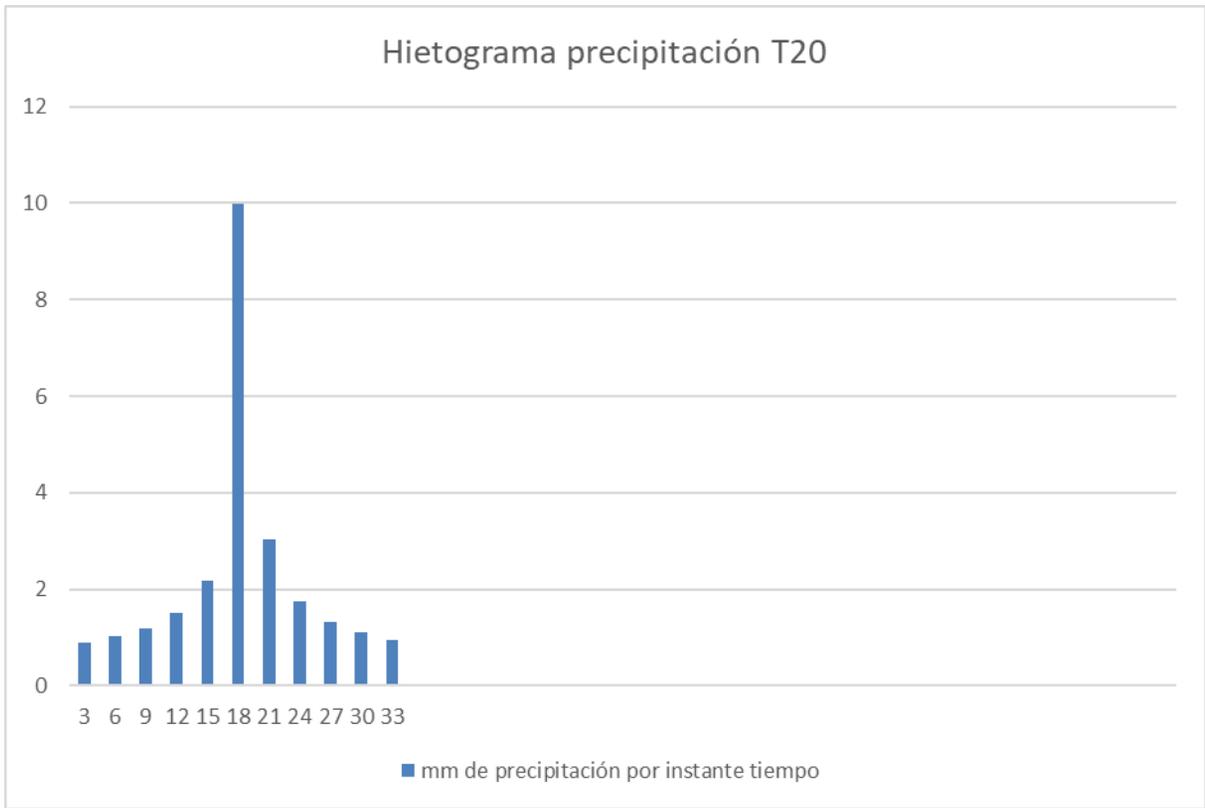
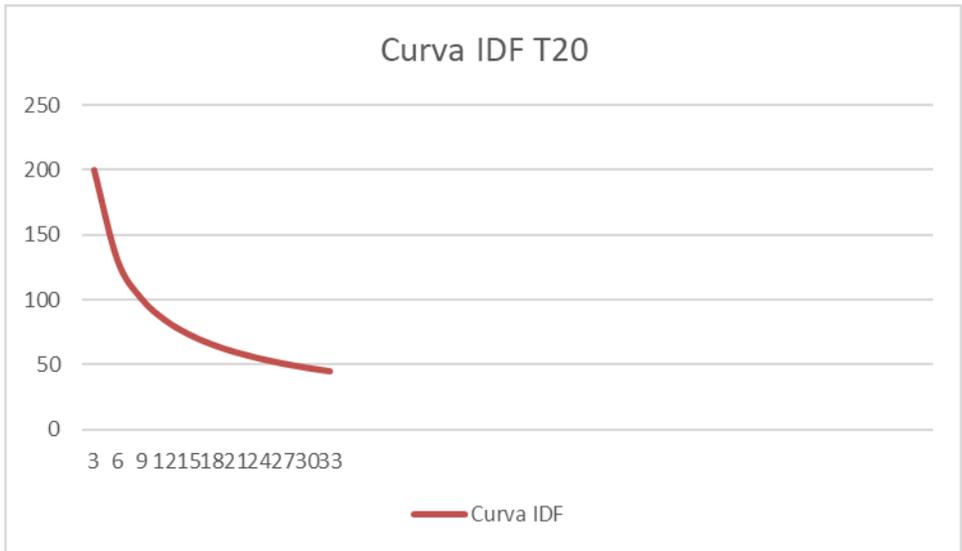
HIETOGRAMA PARA PERIODO RETORNO 10 AÑOS		33 min				
Duración de la tormenta (h)	0,55					
Intensidad de lluvia (mm/h)	41,05					
Precipitación en 24 horas (mm)	22,58					
Intervalos de tiempo (min)	3					
Instante (min)	Intensidad (mm/h)	Precipitación acumulada (mm)	Precipitación (mm)	Intensidad parcial (mm/h)	Precipitación Alternada (mm)	Int. Parcial Alternada (mm)
3	181,05	9,05	9,05	181,05	0,81	16,11
6	117,90	11,79	2,74	54,75	0,92	18,36
9	91,73	13,76	1,97	39,41	1,08	21,69
12	76,77	15,35	1,59	31,89	1,36	27,26
15	66,87	16,72	1,36	27,26	1,97	39,41
18	59,74	17,92	1,20	24,06	9,05	181,05
21	54,30	19,01	1,08	21,69	2,74	54,75
24	49,99	20,00	0,99	19,85	1,59	31,89
27	46,48	20,92	0,92	18,36	1,20	24,06
30	43,55	21,77	0,86	17,14	0,99	19,85
33	41,05	22,58	0,81	16,11	0,86	17,14





## Periodo de retorno de 20 años

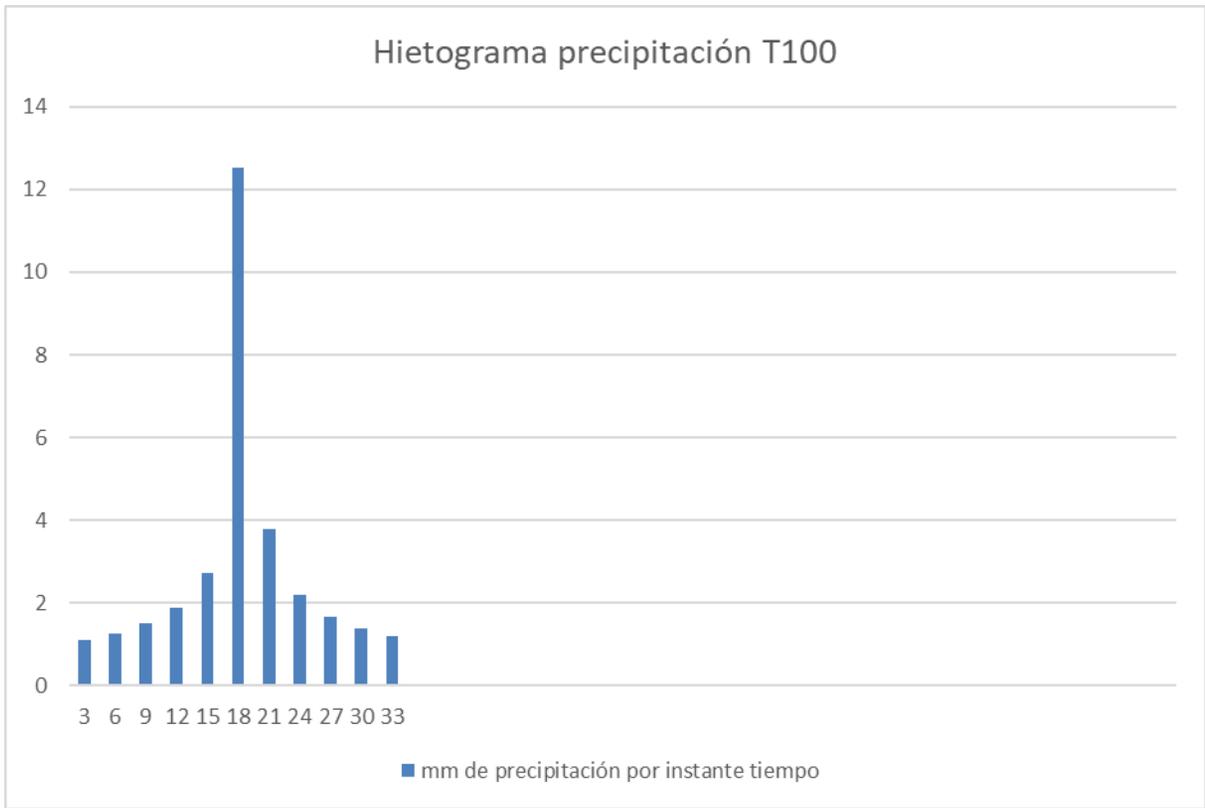
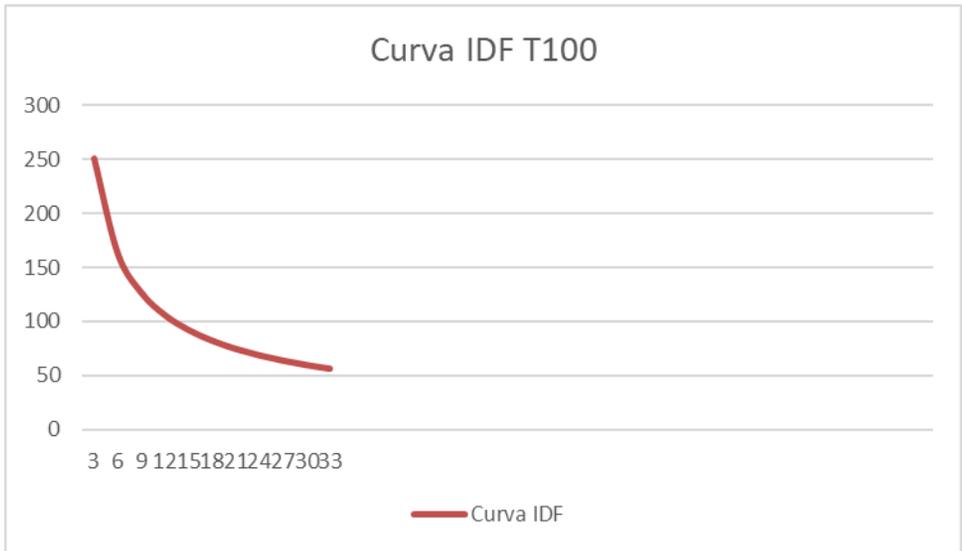
HIETOGRAMA PARA PERIODO RETORNO 20 AÑOS		33 min				
Duración de la tormenta (h)	0,55					
Intensidad de lluvia (mm/h)	45,28					
Precipitación en 24 horas (mm)	24,91					
Intervalos de tiempo (min)	3					
Instante (min)	Intensidad (mm/h)	Precipitación acumulada (mm)	Precipitación (mm)	Intensidad parcial (mm/h)	Precipitación Alternada (mm)	Int. Parcial Alternada (mm)
3	199,71	9,99	9,99	199,71	0,89	17,77
6	130,05	13,00	3,02	60,39	1,01	20,26
9	101,19	15,18	2,17	43,47	1,20	23,93
12	84,69	16,94	1,76	35,18	1,50	30,07
15	73,76	18,44	1,50	30,07	2,17	43,47
18	65,89	19,77	1,33	26,54	9,99	199,71
21	59,90	20,96	1,20	23,93	3,02	60,39
24	55,15	22,06	1,09	21,89	1,76	35,18
27	51,27	23,07	1,01	20,26	1,33	26,54
30	48,03	24,02	0,95	18,91	1,09	21,89
33	45,28	24,91	0,89	17,77	0,95	18,91

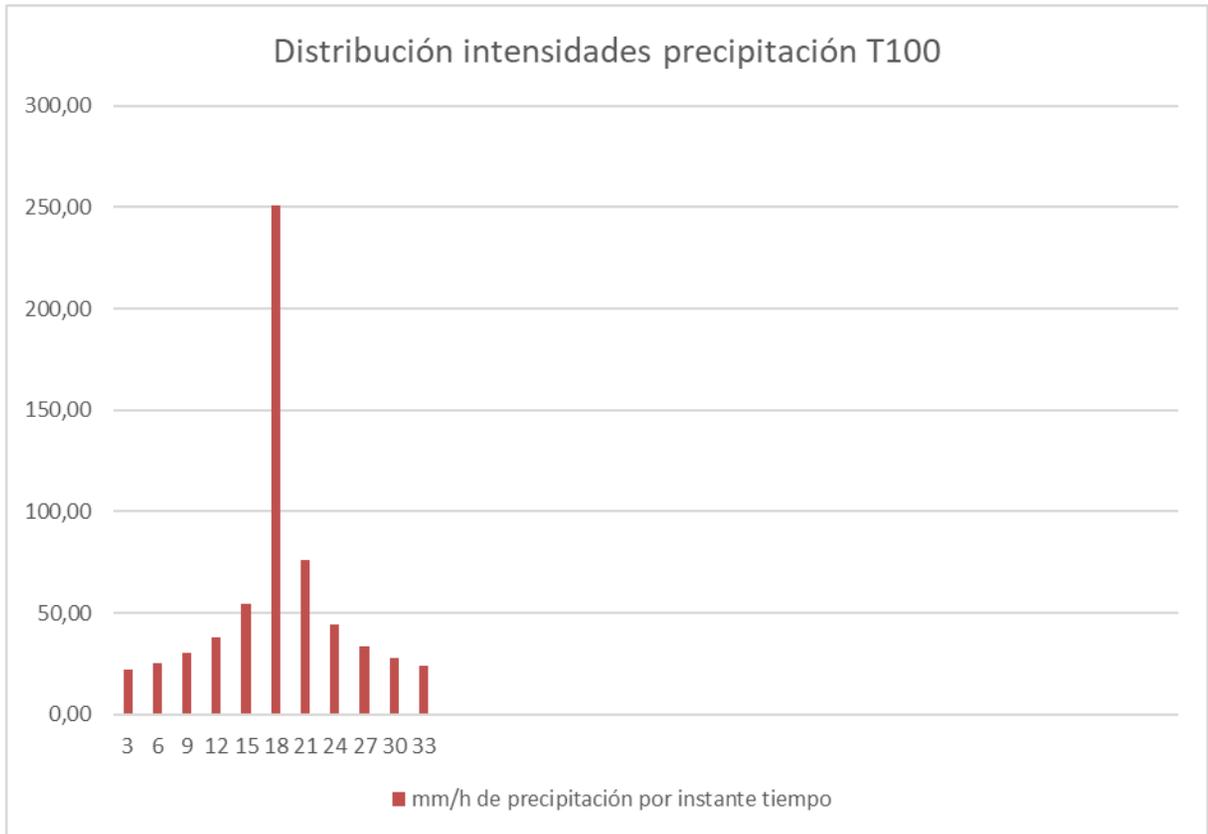




## Periodo de retorno de 100 años

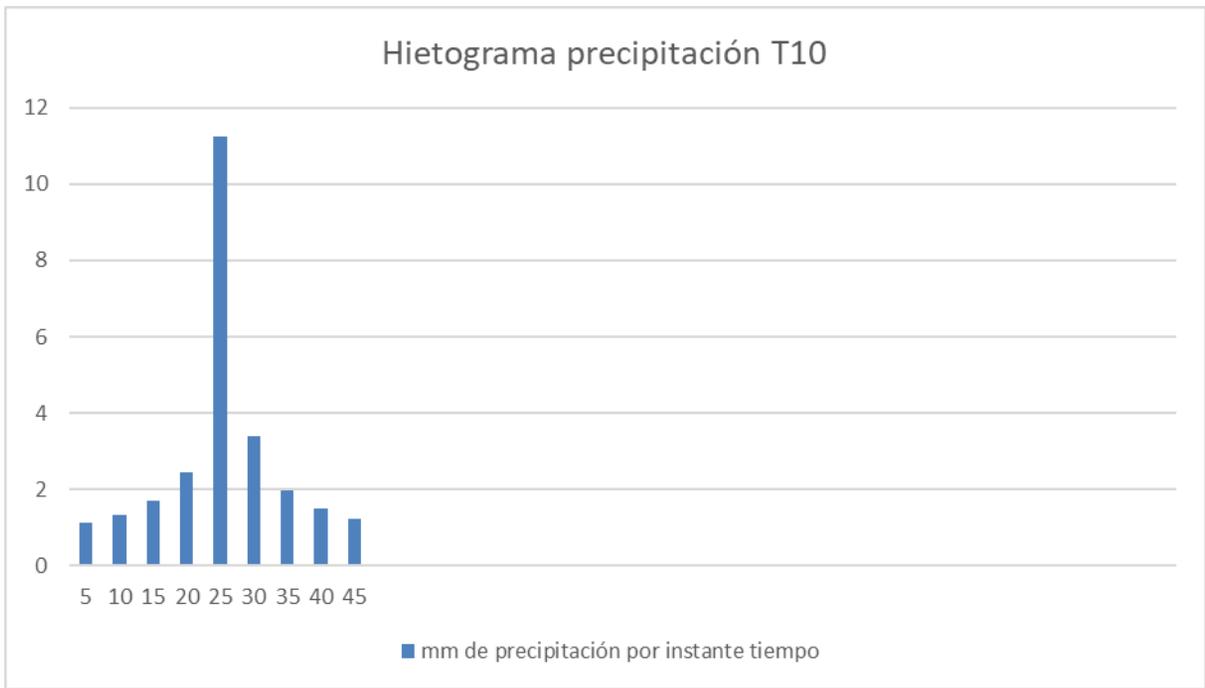
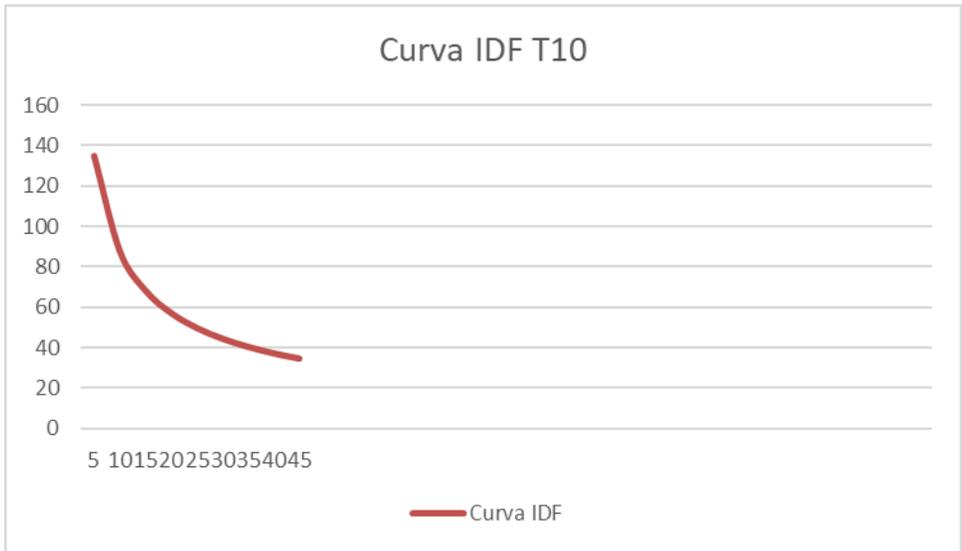
HIETOGRAMA PARAPERIODO RETORNO 100 AÑOS		33 min				
Duración de la tormenta (h)	0,55					
Intensidad de lluvia (mm/h)	56,87					
Precipitación en 24 horas (mm)	31,28					
Intervalos de tiempo (min)	3					
Instante (min)	Intensidad (mm/h)	Precipitación acumulada (mm)	Precipitación (mm)	Intensidad parcial (mm/h)	Precipitación Alternada (mm)	Int. Parcial Alternada (mm)
3	250,79	12,54	12,54	250,79	1,12	22,32
6	163,31	16,33	3,79	75,83	1,27	25,44
9	127,07	19,06	2,73	54,59	1,50	30,04
12	106,35	21,27	2,21	44,18	1,89	37,76
15	92,63	23,16	1,89	37,76	2,73	54,59
18	82,75	24,82	1,67	33,33	12,54	250,79
21	75,22	26,33	1,50	30,04	3,79	75,83
24	69,25	27,70	1,37	27,49	2,21	44,18
27	64,38	28,97	1,27	25,44	1,67	33,33
30	60,32	30,16	1,19	23,74	1,37	27,49
33	56,87	31,28	1,12	22,32	1,19	23,74

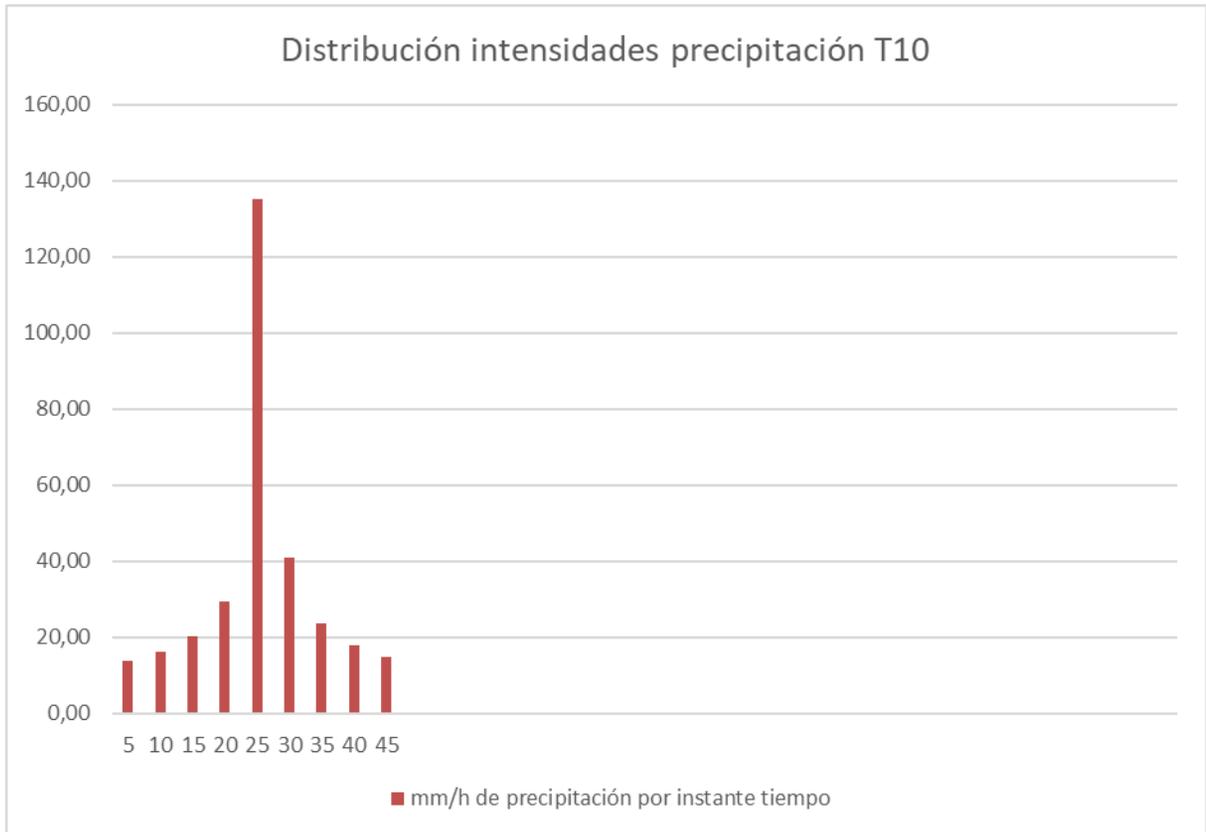




## Cuenca 7: periodo de retorno de 10 años

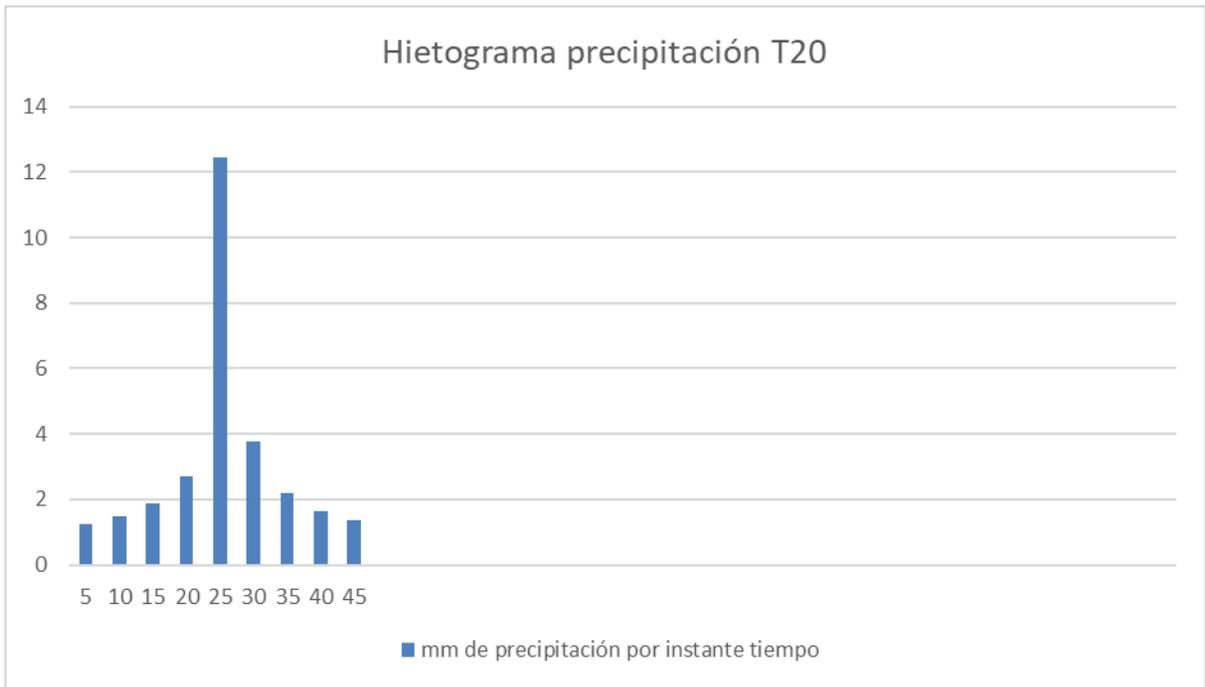
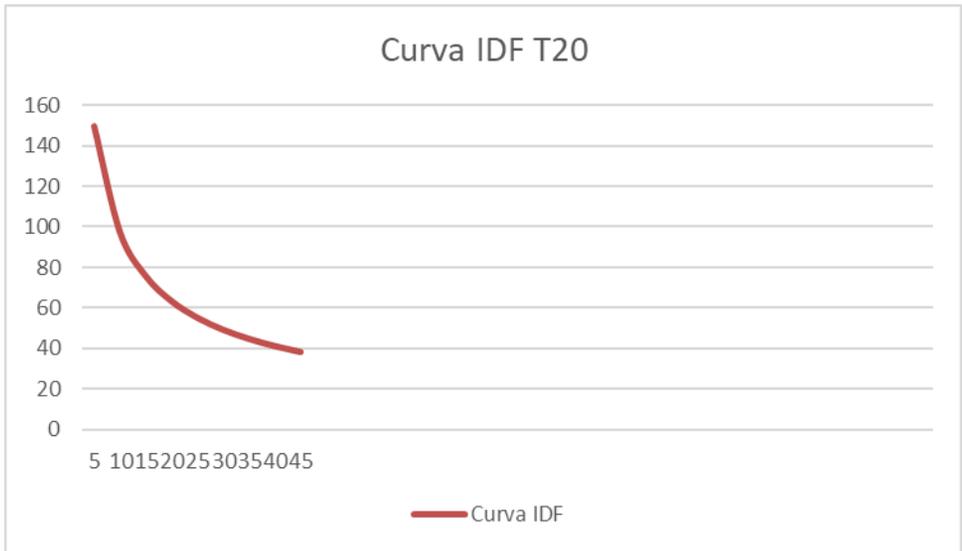
HIETOGRAMA PARA PERIODO RETORNO 10 AÑOS		45 min				
Duración de la tormenta (h)	0,75					
Intensidad de lluvia (mm/h)	34,67					
Precipitación en 24 horas (mm)	26,00					
Intervalos de tiempo (min)	5					
Instante (min)	Intensidad (mm/h)	Precipitación acumulada (mm)	Precipitación (mm)	Intensidad parcial (mm/h)	Precipitación Alternada (mm)	Int. Parcial Alternada (mm)
5	135,04	11,25	11,25	135,04	1,14	13,70
10	87,94	14,66	3,40	40,83	1,35	16,18
15	68,42	17,11	2,45	29,39	1,69	20,33
20	57,26	19,09	1,98	23,79	2,45	29,39
25	49,88	20,78	1,69	20,33	11,25	135,04
30	44,56	22,28	1,50	17,95	3,40	40,83
35	40,50	23,63	1,35	16,18	1,98	23,79
40	37,29	24,86	1,23	14,80	1,50	17,95
45	34,67	26,00	1,14	13,70	1,23	14,80

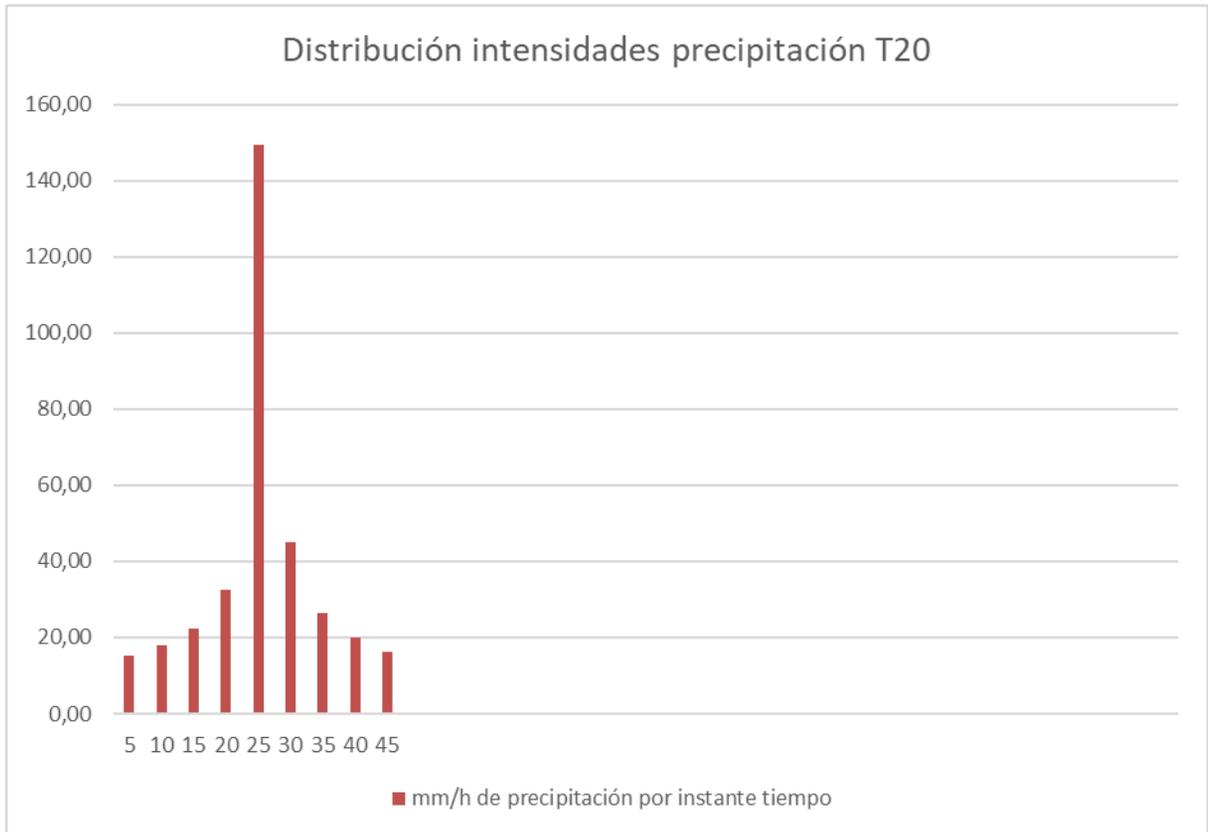




## Periodo de retorno de 20 años

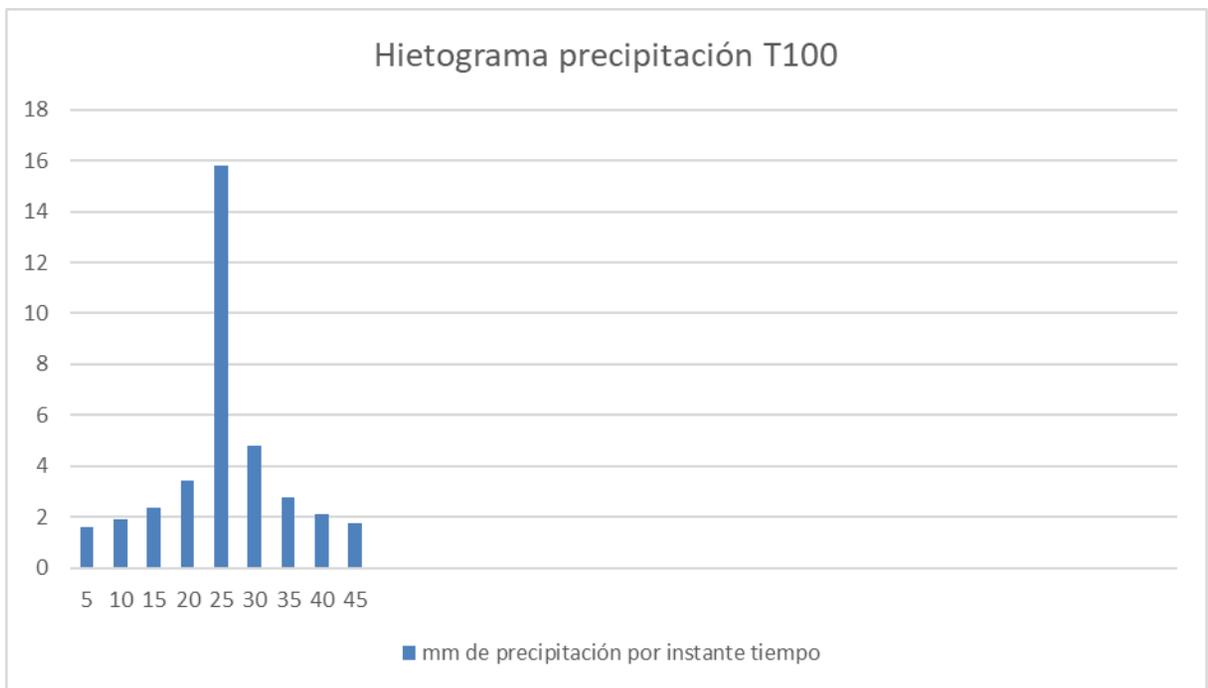
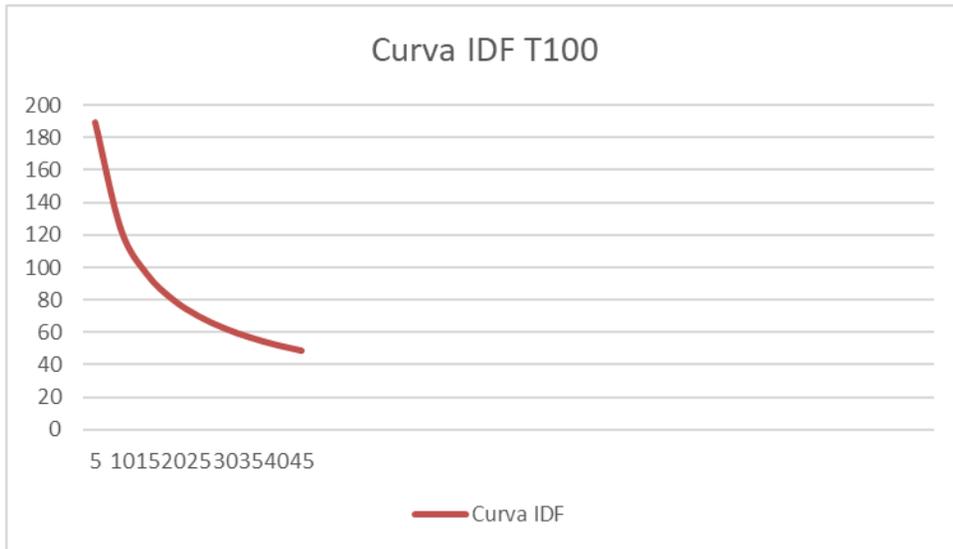
HIETOGRAMA PARA PERIODO RETORNO 20 AÑOS		45 min				
Duración de la tormenta (h)	0,75					
Intensidad de lluvia (mm/h)	38,39					
Precipitación en 24 horas (mm)	28,79					
Intervalos de tiempo (min)	5					
Instante (min)	Intensidad (mm/h)	Precipitación acumulada (mm)	Precipitación (mm)	Intensidad parcial (mm/h)	Precipitación Alternada (mm)	Int. Parcial Alternada (mm)
5	149,53	12,46	12,46	149,53	1,26	15,17
10	97,37	16,23	3,77	45,21	1,49	17,91
15	75,76	18,94	2,71	32,55	1,88	22,52
20	63,41	21,14	2,19	26,34	2,71	32,55
25	55,23	23,01	1,88	22,52	12,46	149,53
30	49,34	24,67	1,66	19,87	3,77	45,21
35	44,85	26,16	1,49	17,91	2,19	26,34
40	41,29	27,53	1,37	16,39	1,66	19,87
45	38,39	28,79	1,26	15,17	1,37	16,39





## Periodo de retorno de 100 años

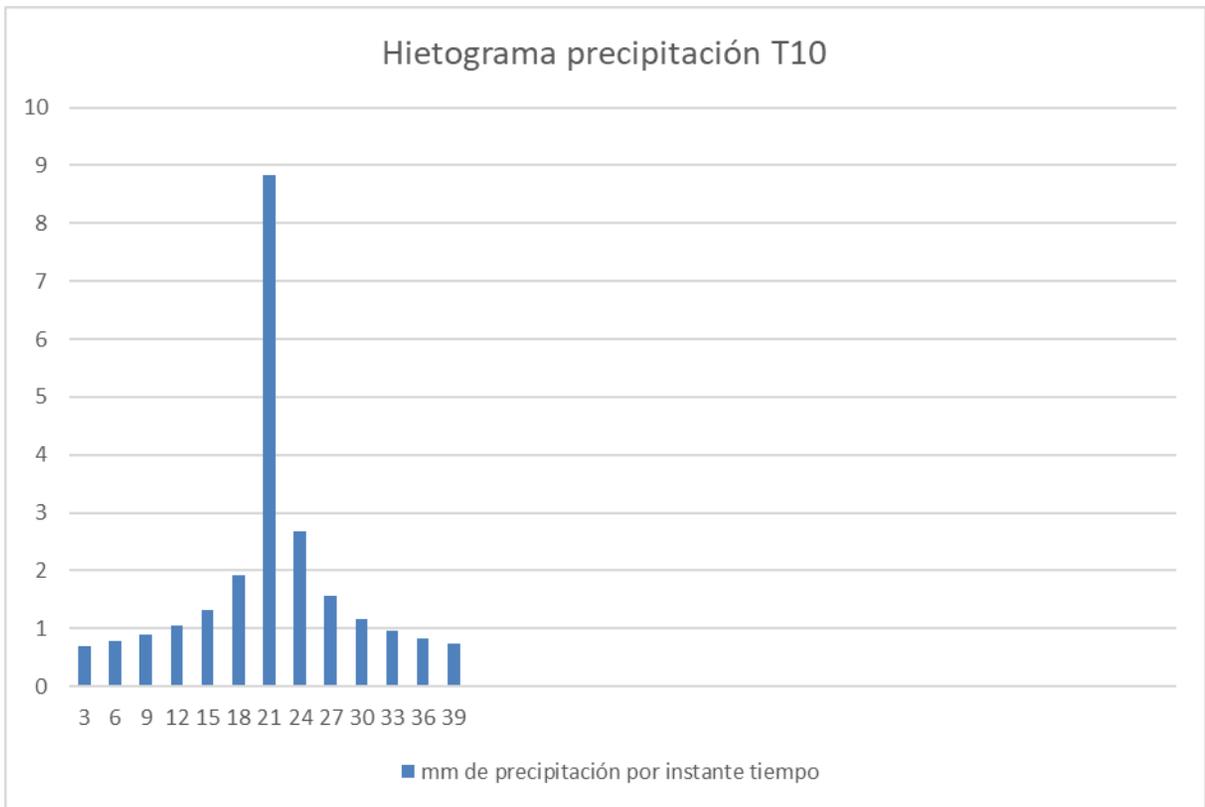
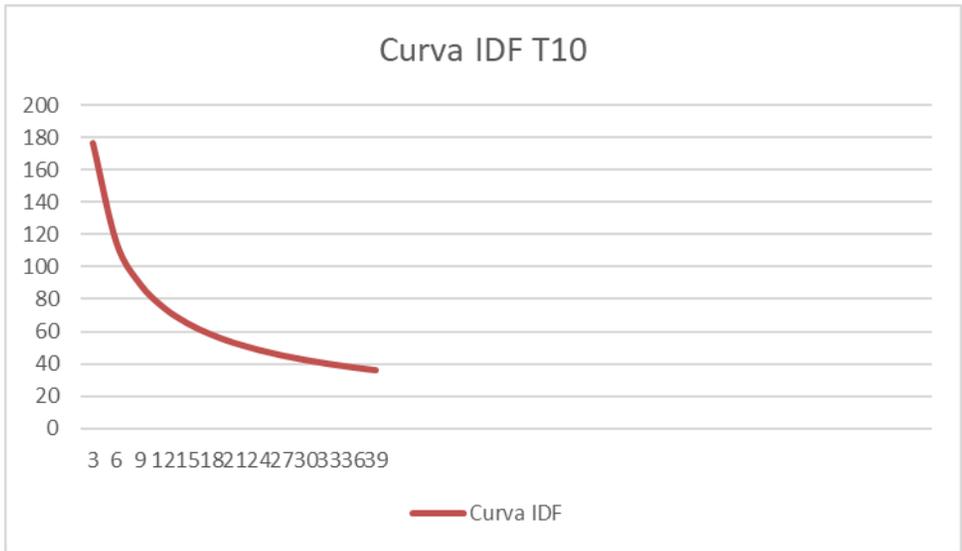
HIETOGRAMA PARA PERIODO RETORNO 100 AÑOS		45 min				
Duración de la tormenta (h)	0,75					
Intensidad de lluvia (mm/h)	48,63					
Precipitación en 24 horas (mm)	36,48					
Intervalos de tiempo (min)	5					
Instante (min)	Intensidad (mm/h)	Precipitación acumulada (mm)	Precipitación (mm)	Intensidad parcial (mm/h)	Precipitación Alternada (mm)	Int. Parcial Alternada (mm)
5	189,44	15,79	15,79	189,44	1,60	19,22
10	123,36	20,56	4,77	57,28	1,89	22,70
15	95,99	24,00	3,44	41,23	2,38	28,53
20	80,33	26,78	2,78	33,37	3,44	41,23
25	69,97	29,15	2,38	28,53	15,79	189,44
30	62,51	31,25	2,10	25,18	4,77	57,28
35	56,82	33,14	1,89	22,70	2,78	33,37
40	52,31	34,87	1,73	20,77	2,10	25,18
45	48,63	36,48	1,60	19,22	1,73	20,77

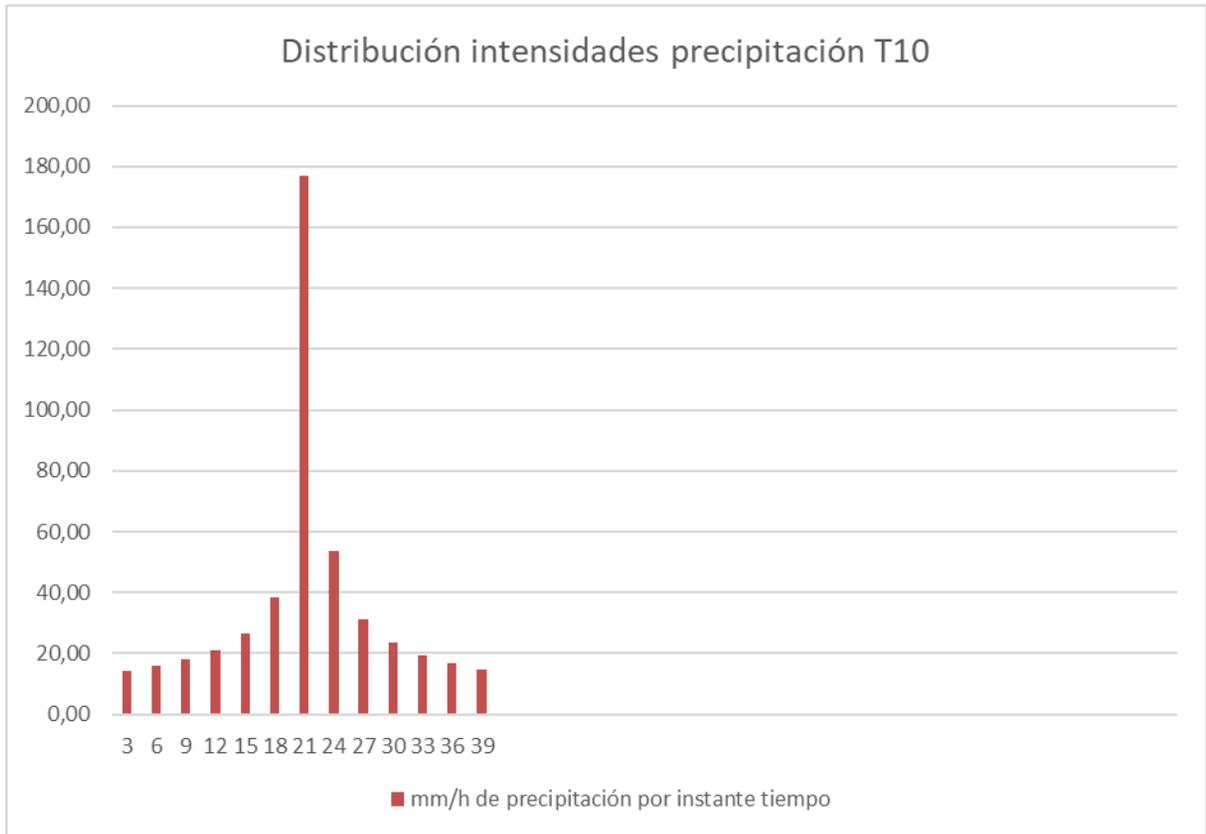




## Cuenca 8: periodo de retorno 10 años

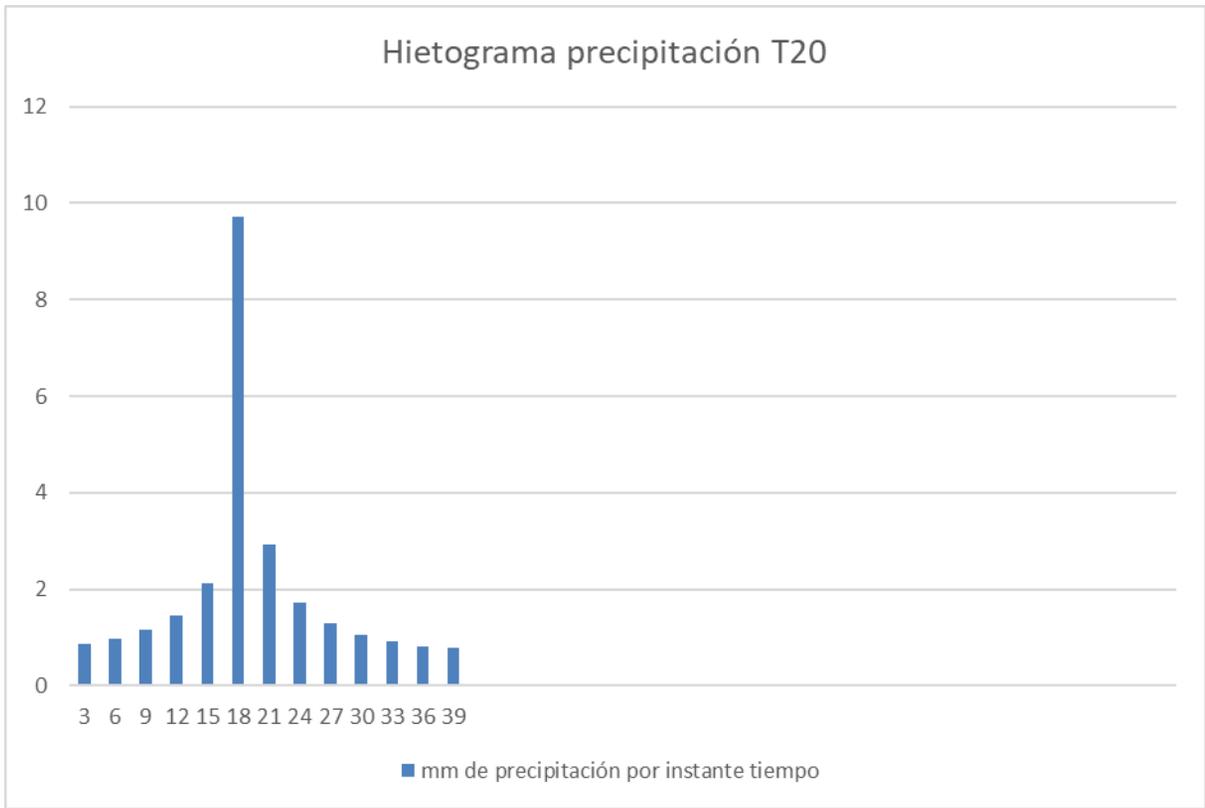
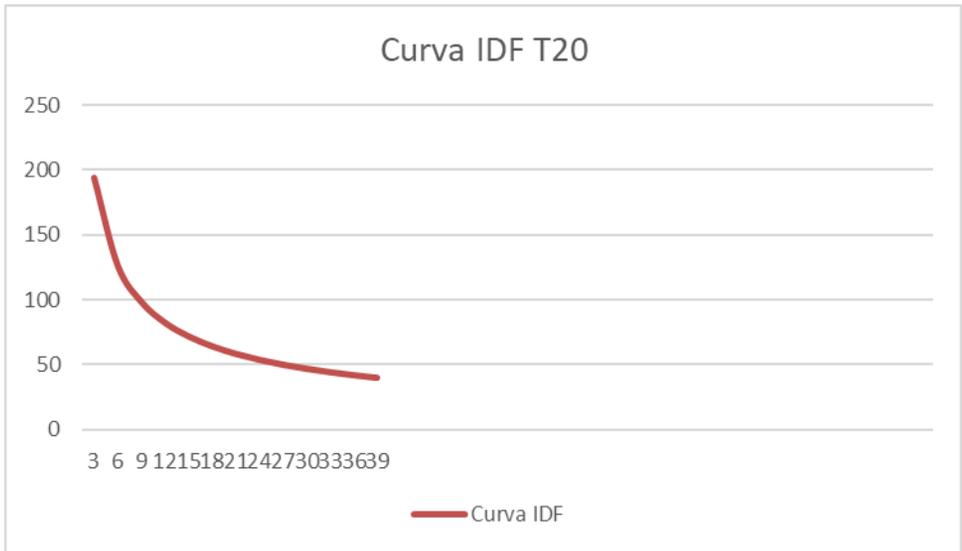
<b>HIETOGRAMA PARA PERIODO RETORNO 10 AÑOS</b>						
Duración de la tormenta (h)	0,65	<b>39 min</b>				
Intesidad de lluvia (mm/h)	37,97					
Precipitación en 24 horas (mm)	24,68					
Intervalos de tiempo (min)	3					
Instante (min)	Intensidad (mm/h)	Precipitación acumulada (mm)	Precipitación (mm)	Intensidad parcial (mm/h)	Precipitación Alternada (mm)	Int. Parcial Alternada (mm)
3	176,74	8,84	8,84	176,74	0,71	14,12
6	115,09	11,51	2,67	53,44	0,79	15,73
9	89,55	13,43	1,92	38,47	0,90	17,93
12	74,95	14,99	1,56	31,13	1,06	21,17
15	65,28	16,32	1,33	26,61	1,33	26,61
18	58,31	17,49	1,17	23,49	1,92	38,47
21	53,01	18,55	1,06	21,17	8,84	176,74
24	48,80	19,52	0,97	19,37	2,67	53,44
27	45,37	20,42	0,90	17,93	1,56	31,13
30	42,51	21,25	0,84	16,73	1,17	23,49
33	40,07	22,04	0,79	15,73	0,97	19,37
36	37,97	22,78	0,74	14,86	0,84	16,73
39	36,14	23,49	0,71	14,12	0,74	14,86





## Periodo de retorno de 20 años

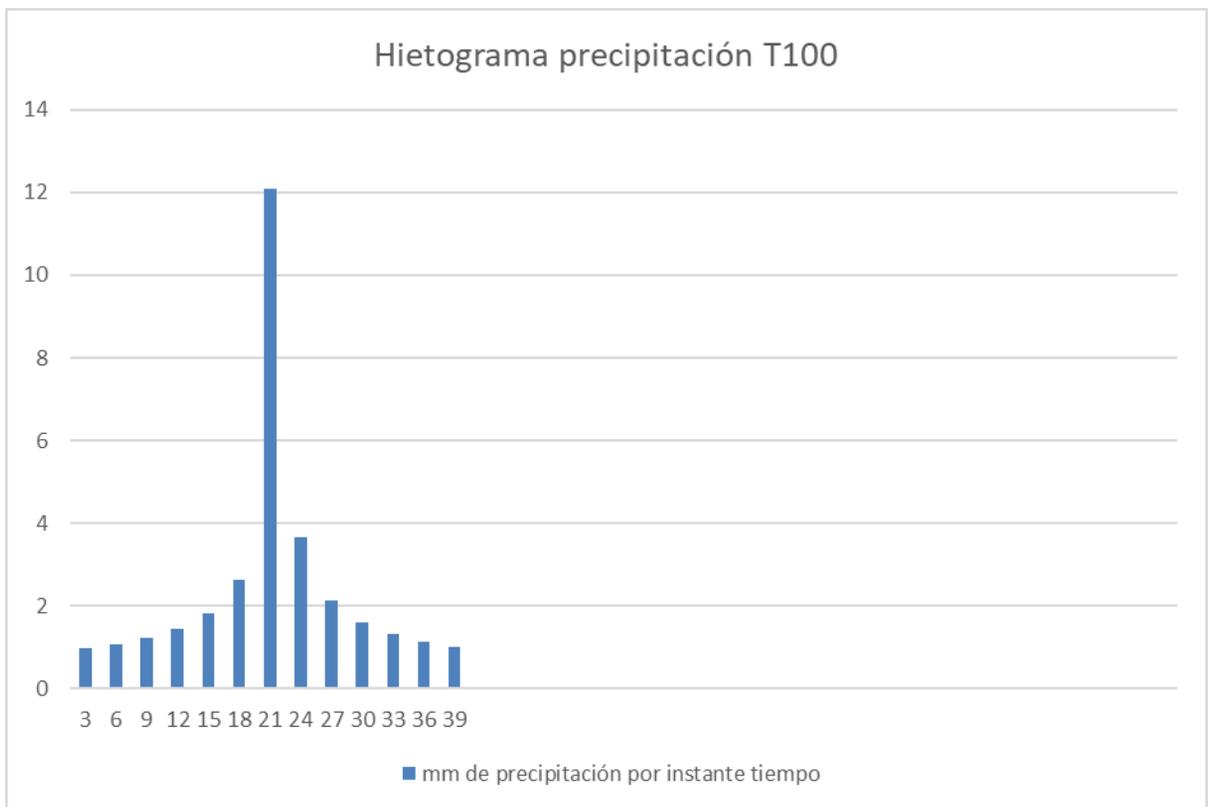
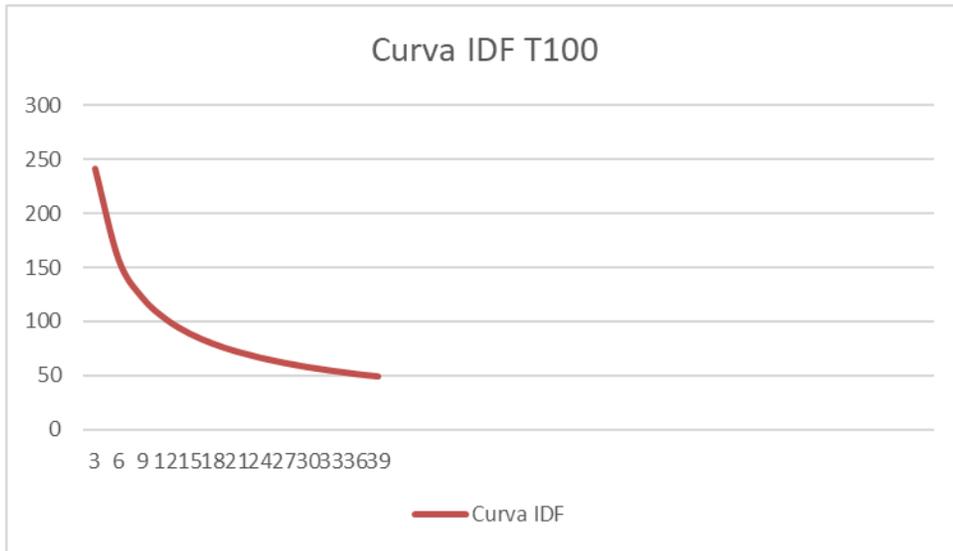
HIETOGRAMA PARA PERIODO RETORNO 20 AÑOS		39 min				
Duración de la tormenta (h)	0,65					
Intensidad de lluvia (mm/h)	41,72					
Precipitación en 24 horas (mm)	27,12					
Intervalos de tiempo (min)	3					
Instante (min)	Intensidad (mm/h)	Precipitación acumulada (mm)	Precipitación (mm)	Intensidad parcial (mm/h)	Precipitación Alternada (mm)	Int. Parcial Alternada (mm)
3	194,15	9,71	9,71	194,15	0,86	17,28
6	126,43	12,64	2,94	58,71	0,98	19,69
9	98,37	14,76	2,11	42,26	1,16	23,26
12	82,33	16,47	1,71	34,20	1,46	29,24
15	71,71	17,93	1,46	29,24	2,11	42,26
18	64,06	19,22	1,29	25,80	9,71	194,15
21	58,23	20,38	1,16	23,26	2,94	58,71
24	53,61	21,45	1,06	21,28	1,71	34,20
27	49,84	22,43	0,98	19,69	1,29	25,80
30	46,70	23,35	0,92	18,38	1,06	21,28
33	44,02	24,21	0,86	17,28	0,92	18,38
36	41,72	25,03	0,82	16,33	0,82	16,33
39	39,70	25,80	0,78	15,51	0,78	15,51

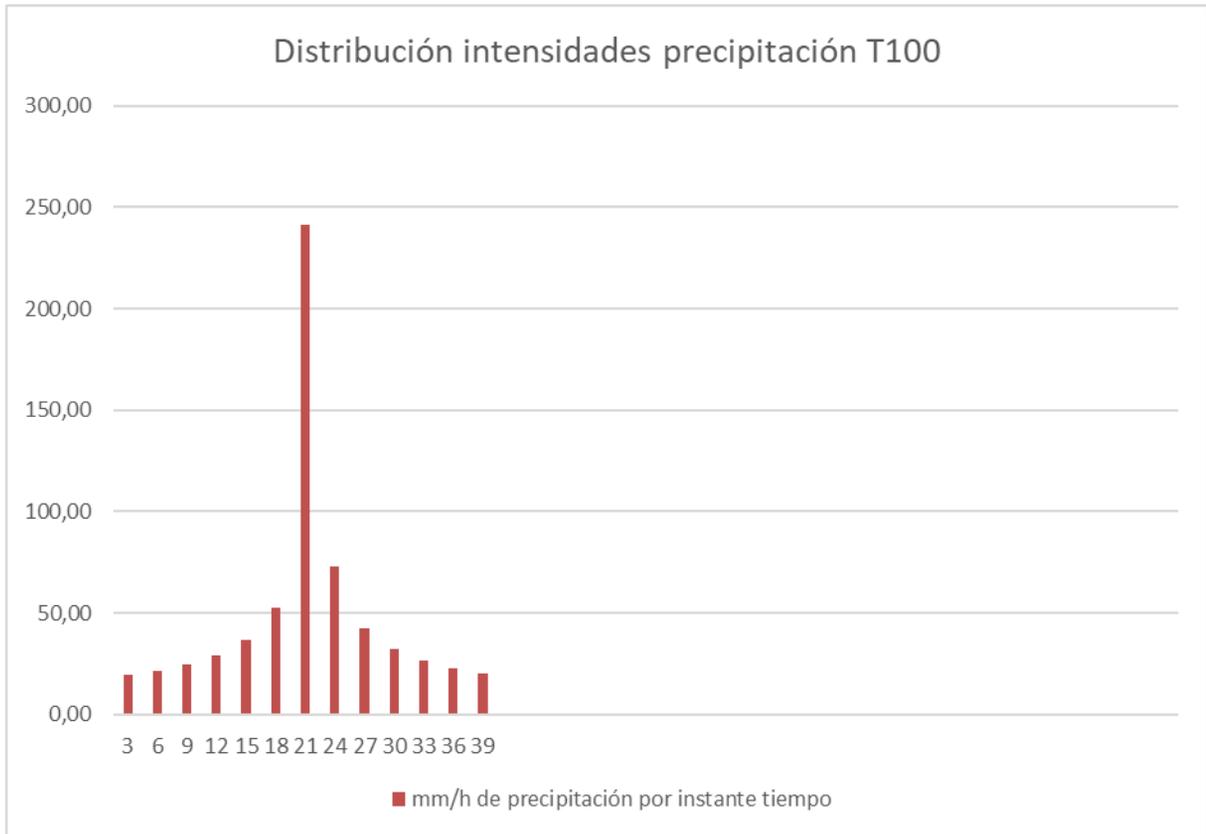




## Periodo de 100 años

HIETOGRAMA PARAPERIODO RETORNO 100 AÑOS		39 min				
Duración de la tormenta (h)	0,65					
Intesidad de lluvia (mm/h)	51,89					
Precipitación en 24 horas (mm)	33,73					
Intervalos de tiempo (min)	3					
Instante (min)	Intensidad (mm/h)	Precipitación acumulada (mm)	Precipitación (mm)	Intensidad parcial (mm/h)	Precipitación Alternada (mm)	Int. Parcial Alternada (mm)
3	241,50	12,07	12,07	241,50	0,96	19,29
6	157,26	15,73	3,65	73,02	1,07	21,49
9	122,36	18,35	2,63	52,56	1,22	24,50
12	102,41	20,48	2,13	42,54	1,45	28,93
15	89,20	22,30	1,82	36,36	1,82	36,36
18	79,68	23,90	1,60	32,09	2,63	52,56
21	72,43	25,35	1,45	28,93	12,07	241,50
24	66,69	26,67	1,32	26,47	3,65	73,02
27	62,00	27,90	1,22	24,50	2,13	42,54
30	58,08	29,04	1,14	22,86	1,60	32,09
33	54,76	30,12	1,07	21,49	1,32	26,47
36	51,89	31,13	1,02	20,31	1,14	22,86
39	49,38	32,10	0,96	19,29	1,02	20,31





**ANEXO E**  
**CALCULO DE LOS TIEMPOS DE**  
**CONCENTRACION**

# Cuenca 1:

## Tiempo de concentración de la cuenca (Fórmula California)

L cauce ppal =  km  
 Pendiente =  m/m

$$T_c = 0'066 \cdot \left( \frac{L}{j^{0'55}} \right)^{0'77}$$



Tiempo concentración =  h

Tiempo de duración de la tormenta =  h  min

## Curvas IDF de la cuenca

$$I = \frac{K \cdot T^m}{t^n}$$

$$I = \frac{263,2275 \cdot T^{0,152082}}{t^{0,61885}}$$

Donde:

- I = intensidad de precipitación (mm/hr)
- T = Periodo de Retorno (años)
- t = Tiempo de duración de precipitación (min)

Valores de Intensidad de precipitación según Duración de la misma y Frecuencia de repetición							
Duración (minutos)	Periodo de retorno (años)						
	2	5	10	20	50	100	500
3	148,20	170,36	189,30	210,34	241,80	268,68	343,19
6	96,51	110,94	123,27	136,97	157,46	174,96	223,48
9	75,09	86,32	95,91	106,58	122,51	136,13	173,89
12	62,84	72,24	80,27	89,20	102,53	113,93	145,53
15	54,74	62,92	69,92	77,69	89,31	99,24	126,76
18	48,90	56,21	62,46	69,40	79,78	88,65	113,23
21	44,45	51,10	56,78	63,09	72,52	80,58	102,93
24	40,92	47,04	52,27	58,08	66,77	74,19	94,77
27	38,05	43,74	48,60	54,00	62,08	68,98	88,10
30	35,64	40,97	45,53	50,59	58,16	64,62	82,54
33	33,60	38,63	42,92	47,69	54,83	60,92	77,82
36	31,84	36,60	40,67	45,19	51,95	57,73	73,74
39	30,30	34,83	38,71	43,01	49,44	54,94	70,17
42	28,94	33,27	36,97	41,08	47,22	52,47	67,03
45	27,73	31,88	35,43	39,36	45,25	50,28	64,23
48	26,65	30,63	34,04	37,82	43,48	48,31	61,71

## Cuenca2:

### Tiempo de concentración de la cuenca (Fórmula California)

L cauce ppal = 7,5 km  
 Pendiente = 0,2 m/m

$$T_c = 0'066 \cdot \left( \frac{L}{j^{0'55}} \right)^{0'77}$$



Tiempo concentración = 0,77 h

Tiempo de duración de la tormenta = 1 h      60 min

### Curvas IDF de la cuenca

$$I = \frac{K \cdot T^m}{t^n}$$

$$I = \frac{261,4439 \cdot T^{0,148653}}{t^{0,61885}}$$

Donde:

I = intensidad de precipitación (mm/hr)

T = Periodo de Retorno (años)

t = Tiempo de duración de precipitación (min)

Valores de Intensidad de precipitación según Duración de la misma y Frecuencia de repetición							
Duración (minutos)	Periodo de retorno (años)						
	2	5	10	20	50	100	500
5	107,05	122,67	135,98	150,74	172,73	191,48	243,24
10	69,71	79,88	88,55	98,16	112,48	124,69	158,39
15	54,24	62,15	68,90	76,38	87,52	97,02	123,24
20	45,39	52,02	57,66	63,92	73,25	81,20	103,14
25	39,54	45,31	50,22	55,68	63,80	70,72	89,84
30	35,32	40,47	44,87	49,74	56,99	63,18	80,26
35	32,11	36,79	40,78	45,21	51,81	57,43	72,95
40	29,56	33,87	37,55	41,62	47,70	52,88	67,17
45	27,48	31,49	34,91	38,70	44,35	49,16	62,45
50	25,75	29,50	32,71	36,26	41,55	46,06	58,50
55	24,27	27,81	30,83	34,18	39,17	43,42	55,15
60	23,00	26,36	29,22	32,39	37,11	41,14	52,26

# Cuenca3:

## Tiempo de concentración de la cuenca (Fórmula California)

L cauce ppal = 7,5 km  
 Pendiente = 0,2 m/m

$$Tc = 0'066 \cdot \left( \frac{L}{j^{0'55}} \right)^{0'77}$$



Tiempo concentración = 0,77 h

Tiempo de duración de la tormenta = 0,65 h      39 min

## Curvas IDF de la cuenca

$$I = \frac{K \cdot T^m}{t^n}$$

$$I = \frac{257,6329 \cdot T^{0,140805}}{t^{0,61885}}$$

Donde:

I = intensidad de precipitación (mm/hr)

T = Periodo de Retorno (años)

t = Tiempo de duración de precipitación (min)

Valores de Intensidad de precipitación según Duración de la misma y Frecuencia de repetición							
Duración (minutos)	Periodo de retorno (años)						
	2	5	10	20	50	100	500
3	143,92	163,74	180,53	199,03	226,44	249,66	313,16
6	93,72	106,63	117,56	129,61	147,46	162,58	203,93
9	72,92	82,96	91,47	100,85	114,73	126,50	158,67
12	61,03	69,43	76,55	84,40	96,02	105,87	132,79
15	53,16	60,48	66,68	73,51	83,64	92,21	115,67
18	47,49	54,03	59,56	65,67	74,71	82,37	103,33
21	43,17	49,11	54,14	59,70	67,92	74,88	93,92
24	39,74	45,21	49,85	54,96	62,53	68,94	86,47
27	36,95	42,04	46,35	51,10	58,13	64,09	80,40
30	34,62	39,38	43,42	47,87	54,46	60,05	75,32
33	32,63	37,13	40,93	45,13	51,34	56,61	71,01
36	30,92	35,18	38,79	42,76	48,65	53,64	67,28
39	29,43	33,48	36,91	40,70	46,30	51,05	64,03

# Cuenca4:

## Tiempo de concentración de la cuenca (Fórmula California)

L cauce ppal = 7,5 km  
 Pendiente = 0,2 m/m

$$T_c = 0'066 \cdot \left( \frac{L}{J^{0'55}} \right)^{0'77}$$



Tiempo concentración = 0,77 h

Tiempo de duración de la tormenta = 0,8 h      48 min

## Curvas IDF de la cuenca

$$I = \frac{K \cdot T^m}{t^n}$$

$$I = \frac{255,2879 \cdot T^{0,135572}}{t^{0,61885}}$$

Donde:

I = intensidad de precipitación (mm/hr)

T = Periodo de Retorno (años)

t = Tiempo de duración de precipitación (min)

Duración (minutos)	Periodo de retorno (años)						
	2	5	10	20	50	100	500
4	118,92	134,65	147,92	162,49	183,98	202,11	251,39
8	77,44	87,68	96,32	105,81	119,81	131,61	163,70
12	60,25	68,22	74,95	82,33	93,22	102,41	127,38
16	50,43	57,10	62,72	68,90	78,02	85,71	106,60
20	43,92	49,73	54,63	60,02	67,96	74,65	92,85
24	39,24	44,43	48,80	53,61	60,70	66,69	82,95
28	35,67	40,38	44,36	48,74	55,18	60,62	75,40
32	32,84	37,18	40,85	44,87	50,80	55,81	69,42
36	30,53	34,57	37,97	41,72	47,23	51,89	64,54
40	28,60	32,39	35,58	39,08	44,25	48,61	60,46
44	26,96	30,53	33,54	36,84	41,72	45,83	57,00
48	25,55	28,93	31,78	34,91	39,53	43,43	54,01

# Cuenca5:

## Tiempo de concentración de la cuenca (Fórmula California)

L cauce ppal = 7,5 km  
 Pendiente = 0,2 m/m

$$T_c = 0'066 \cdot \left( \frac{L}{j^{0'55}} \right)^{0'77}$$



Tiempo concentración= 0,77 h

Tiempo de duración de la tormenta = 0,55 h      33 min

## Curvas IDF de la cuenca

$$I = \frac{K \cdot T^m}{t^n}$$

$$I = \frac{255,2879 \cdot T^{0,135572}}{t^{0,61885}}$$

Donde:

I = intensidad de precipitación (mm/hr)

T = Periodo de Retorno (años)

t = Tiempo de duración de precipitación (min)

Duración (minutos)	Periodo de retorno (años)						
	2	5	10	20	50	100	500
4	118,92	134,65	147,92	162,49	183,98	202,11	251,39
8	77,44	87,68	96,32	105,81	119,81	131,61	163,70
12	60,25	68,22	74,95	82,33	93,22	102,41	127,38
16	50,43	57,10	62,72	68,90	78,02	85,71	106,60
20	43,92	49,73	54,63	60,02	67,96	74,65	92,85
24	39,24	44,43	48,80	53,61	60,70	66,69	82,95
28	35,67	40,38	44,36	48,74	55,18	60,62	75,40
32	32,84	37,18	40,85	44,87	50,80	55,81	69,42

# Cuenca6:

## Tiempo de concentración de la cuenca (Fórmula California)

L cauce ppal = 7,5 km  
 Pendiente = 0,2 m/m

$$Tc = 0'066 \cdot \left( \frac{L}{j^{0'55}} \right)^{0'77}$$



Tiempo concentración = 0,77 h

Tiempo de duración de la tormenta = 0,55 h 33 min

## Curvas IDF de la cuenca

$$I = \frac{K \cdot T^m}{t^n}$$

$$I = \frac{257,9614 \cdot T^{0,141512}}{t^{0,61885}}$$

Donde:

I = intensidad de precipitación (mm/hr)

T = Periodo de Retorno (años)

t = Tiempo de duración de precipitación (min)

Valores de Intensidad de precipitación según Duración de la misma y Frecuencia de repetición							
Duración (minutos)	Periodo de retorno (años)						
	2	5	10	20	50	100	500
3	144,17	164,14	181,05	199,71	227,36	250,79	314,94
6	93,88	106,88	117,90	130,05	148,05	163,31	205,08
9	73,05	83,16	91,73	101,19	115,20	127,07	159,57
12	61,14	69,60	76,77	84,69	96,41	106,35	133,55
15	53,25	60,62	66,87	73,76	83,98	92,63	116,32
18	47,57	54,16	59,74	65,89	75,02	82,75	103,91
21	43,24	49,23	54,30	59,90	68,19	75,22	94,46
24	39,81	45,32	49,99	55,15	62,78	69,25	86,97
27	37,01	42,14	46,48	51,27	58,37	64,38	80,85
30	34,68	39,48	43,55	48,03	54,68	60,32	75,75
33	32,69	37,22	41,05	45,28	51,55	56,87	71,41

# Cuenca7:

## Tiempo de concentración de la cuenca (Fórmula California)

L cauce ppal =  km  
 Pendiente =  m/m

$$T_c = 0'066 \cdot \left( \frac{L}{J^{0'55}} \right)^{0'77}$$



Tiempo concentración =  h

Tiempo de duración de la tormenta =  h  min

## Curvas IDF de la cuenca

$$I = \frac{K \cdot T^m}{t^n}$$

$$I = \frac{260,6174 \cdot T^{0,147014}}{t^{0,61885}}$$

Donde:

I = intensidad de precipitación (mm/hr)

T = Periodo de Retorno (años)

t = Tiempo de duración de precipitación (min)

Duración (minutos)	Periodo de retorno (años)						
	2	5	10	20	50	100	500
5	106,59	121,96	135,04	149,53	171,09	189,44	240,01
10	69,41	79,42	87,94	97,37	111,41	123,36	156,29
15	54,01	61,79	68,42	75,76	86,69	95,99	121,61
20	45,20	51,72	57,26	63,41	72,55	80,33	101,78
25	39,37	45,05	49,88	55,23	63,19	69,97	88,65
30	35,17	40,24	44,56	49,34	56,45	62,51	79,19
35	31,97	36,58	40,50	44,85	51,31	56,82	71,99
40	29,43	33,68	37,29	41,29	47,24	52,31	66,28
45	27,36	31,31	34,67	38,39	43,92	48,63	61,62

## Cuenca8:

### Tiempo de concentración de la cuenca (Fórmula California)

L cauce ppal =  km  
 Pendiente =  m/m

$$T_c = 0'066 \cdot \left( \frac{L}{j^{0'55}} \right)^{0'77}$$



Tiempo concentración =  h

Tiempo de duración de la tormenta =  h  min

### Curvas IDF de la cuenca

$$I = \frac{K \cdot T^m}{t^n}$$

$$I = \frac{255,2879 \cdot T^{0,135572}}{0,61885 \cdot t}$$

Donde:

I = intensidad de precipitación (mm/hr)

T = Periodo de Retorno (años)

t = Tiempo de duración de precipitación (min)

Valores de Intensidad de precipitación según Duración de la misma y Frecuencia de repetición							
Duración (minutos)	Periodo de retorno (años)						
	2	5	10	20	50	100	500
3	142,09	160,89	176,74	194,15	219,84	241,50	300,38
6	92,53	104,77	115,09	126,43	143,15	157,26	195,60
9	72,00	81,52	89,55	98,37	111,39	122,36	152,20
12	60,25	68,22	74,95	82,33	93,22	102,41	127,38
15	52,48	59,42	65,28	71,71	81,20	89,20	110,95
18	46,88	53,08	58,31	64,06	72,53	79,68	99,11
21	42,62	48,25	53,01	58,23	65,93	72,43	90,09
24	39,24	44,43	48,80	53,61	60,70	66,69	82,95
27	36,48	41,30	45,37	49,84	56,44	62,00	77,11
30	34,18	38,70	42,51	46,70	52,87	58,08	72,25
33	32,22	36,48	40,07	44,02	49,85	54,76	68,11
36	30,53	34,57	37,97	41,72	47,23	51,89	64,54
39	29,05	32,90	36,14	39,70	44,95	49,38	61,42

**ANEXO F**  
**CALCULO DE INTENSIDADES**

# Cuenca 1:

La ecuación de intensidad válida para la cuenca resulta:

$$I = \frac{263,2275 \cdot T^{0,152082}}{0,61885 \cdot t}$$

Donde:

I = intensidad de precipitación (mm/hr)  
 T = Período de Retorno (años)  
 t = Tiempo de duración de precipitación (min)

Tabla de intensidades - Tiempo de duración												
Frecuencia años	Duración en minutos											
	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60
2	108,03	70,35	54,74	45,81	39,90	35,64	32,40	29,83	27,73	25,98	24,50	23,21
5	124,19	80,87	62,92	52,66	45,87	40,97	37,25	34,29	31,88	29,87	28,16	26,68
10	137,99	89,86	69,92	58,52	50,97	45,53	41,39	38,10	35,43	33,19	31,29	29,65
25	158,63	103,30	80,37	67,27	58,59	52,34	47,58	43,80	40,72	38,15	35,97	34,08
50	176,26	114,78	89,31	74,74	65,10	58,16	52,87	48,67	45,25	42,39	39,97	37,87
100	195,86	127,54	99,24	83,05	72,34	64,62	58,74	54,08	50,28	47,11	44,41	42,08
500	250,17	162,91	126,76	106,09	92,40	82,54	75,03	69,08	64,23	60,17	56,73	53,75

# Cuenca 2:

La ecuación de intensidad válida para la cuenca resulta:

$$I = \frac{261,4439 \cdot T^{0,148653}}{0,61885 \cdot t}$$

Donde:

I = intensidad de precipitación (mm/hr)  
 T = Período de Retorno (años)  
 t = Tiempo de duración de precipitación (min)

Tabla de intensidades - Tiempo de duración												
Frecuencia años	Duración en minutos											
	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60
2	107,05	69,71	54,24	45,39	39,54	35,32	32,11	29,56	27,48	25,75	24,27	23,00
5	122,67	79,88	62,15	52,02	45,31	40,47	36,79	33,87	31,49	29,50	27,81	26,36
10	135,98	88,55	68,90	57,66	50,22	44,87	40,78	37,55	34,91	32,71	30,83	29,22
25	155,82	101,47	78,95	66,08	57,55	51,41	46,73	43,03	40,00	37,48	35,33	33,48
50	172,73	112,48	87,52	73,25	63,80	56,99	51,81	47,70	44,35	41,55	39,17	37,11
100	191,48	124,69	97,02	81,20	70,72	63,18	57,43	52,88	49,16	46,06	43,42	41,14
500	243,24	158,39	123,24	103,14	89,84	80,26	72,95	67,17	62,45	58,50	55,15	52,26

# Cuenca 3:

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

La ecuación de intensidad válida para la cuenca resulta:

$$I = \frac{257,6329 \cdot T^{0,140805}}{0,61885 \cdot t}$$

Donde:

I = intensidad de precipitación (mm/hr)  
 T = Período de Retorno (años)  
 t = Tiempo de duración de precipitación (min)

Tabla de intensidades - Tiempo de duración												
Frecuencia años	Duración en minutos											
	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60
2	104,91	68,32	53,16	44,49	38,75	34,62	31,47	28,97	26,93	25,23	23,79	22,54
5	119,36	77,73	60,48	50,61	44,09	39,38	35,80	32,96	30,64	28,71	27,06	25,65
10	131,60	85,70	66,68	55,80	48,61	43,42	39,47	36,34	33,78	31,65	29,84	28,27
25	149,72	97,50	75,86	63,49	55,30	49,40	44,90	41,34	38,44	36,01	33,95	32,17
50	165,07	107,49	83,64	70,00	60,97	54,46	49,51	45,58	42,38	39,70	37,43	35,47
100	181,99	118,51	92,21	77,17	67,22	60,05	54,58	50,25	46,72	43,77	41,27	39,10
500	228,28	148,66	115,67	96,80	84,32	75,32	68,47	63,04	58,61	54,91	51,76	49,05

## Cuenca 4:

La ecuación de intensidad válida para la cuenca resulta:

$$I = \frac{255,2879 \cdot T^{0,135572}}{0,61885 \cdot t}$$

Donde:

I = intensidad de precipitación (mm/hr)  
 T = Período de Retorno (años)  
 t = Tiempo de duración de precipitación (min)

Tabla de intensidades - Tiempo de duración												
Frecuencia años	Duración en minutos											
	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60
2	103,58	67,45	52,48	43,92	38,26	34,18	31,07	28,60	26,59	24,91	23,49	22,26
5	117,28	76,37	59,42	49,73	43,32	38,70	35,18	32,39	30,11	28,21	26,59	25,20
10	128,84	83,90	65,28	54,63	47,59	42,51	38,64	35,58	33,08	30,99	29,21	27,68
25	145,88	95,00	73,91	61,86	53,88	48,13	43,75	40,28	37,45	35,09	33,08	31,34
50	160,25	104,36	81,20	67,96	59,19	52,87	48,06	44,25	41,14	38,54	36,34	34,43
100	176,04	114,64	89,20	74,65	65,02	58,08	52,80	48,61	45,19	42,34	39,92	37,82
500	218,97	142,59	110,95	92,85	80,88	72,25	65,67	60,46	56,21	52,67	49,65	47,05

## Cuenca 5:

La ecuación de intensidad válida para la cuenca resulta:

$$I = \frac{255,2879 \cdot T^{0,135572}}{0,61885 \cdot t}$$

Donde:

I = intensidad de precipitación (mm/hr)  
 T = Período de Retorno (años)  
 t = Tiempo de duración de precipitación (min)

Tabla de intensidades - Tiempo de duración												
Frecuencia años	Duración en minutos											
	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60
2	103,58	67,45	52,48	43,92	38,26	34,18	31,07	28,60	26,59	24,91	23,49	22,26
5	117,28	76,37	59,42	49,73	43,32	38,70	35,18	32,39	30,11	28,21	26,59	25,20
10	128,84	83,90	65,28	54,63	47,59	42,51	38,64	35,58	33,08	30,99	29,21	27,68
25	145,88	95,00	73,91	61,86	53,88	48,13	43,75	40,28	37,45	35,09	33,08	31,34
50	160,25	104,36	81,20	67,96	59,19	52,87	48,06	44,25	41,14	38,54	36,34	34,43
100	176,04	114,64	89,20	74,65	65,02	58,08	52,80	48,61	45,19	42,34	39,92	37,82
500	218,97	142,59	110,95	92,85	80,88	72,25	65,67	60,46	56,21	52,67	49,65	47,05

## Cuenca 6:

La ecuación de intensidad válida para la cuenca resulta:

$$I = \frac{257,9614 \cdot T^{0,141512}}{0,61885 \cdot t}$$

Donde:

I = intensidad de precipitación (mm/hr)  
 T = Período de Retorno (años)  
 t = Tiempo de duración de precipitación (min)

Tabla de intensidades - Tiempo de duración												
Frecuencia años	Duración en minutos											
	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60
2	105,10	68,44	53,25	44,57	38,82	34,68	31,52	29,02	26,98	25,28	23,83	22,58
5	119,65	77,91	60,62	50,74	44,19	39,48	35,89	33,04	30,72	28,78	27,13	25,71
10	131,98	85,94	66,87	55,97	48,75	43,55	39,58	36,44	33,88	31,74	29,93	28,36
25	150,25	97,84	76,13	63,71	55,50	49,58	45,06	41,49	38,57	36,14	34,07	32,28
50	165,74	107,93	83,98	70,28	61,22	54,68	49,71	45,77	42,55	39,86	37,58	35,61
100	182,82	119,05	92,63	77,52	67,53	60,32	54,83	50,48	46,93	43,97	41,45	39,28
500	229,58	149,50	116,32	97,35	84,80	75,75	68,86	63,40	58,94	55,22	52,06	49,33

## Cuenca 7:

La ecuación de intensidad válida para la cuenca resulta:

$$I = \frac{260,6174 \cdot T^{0,147014}}{0,61885 \cdot t}$$

Donde:

I = intensidad de precipitación (mm/hr)  
 T = Período de Retorno (años)  
 t = Tiempo de duración de precipitación (min)

Tabla de intensidades - Tiempo de duración												
Frecuencia años	Duración en minutos											
	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60
2	106,59	69,41	54,01	45,20	39,37	35,17	31,97	29,43	27,36	25,64	24,17	22,90
5	121,96	79,42	61,79	51,72	45,05	40,24	36,58	33,68	31,31	29,33	27,65	26,20
10	135,04	87,94	68,42	57,26	49,88	44,56	40,50	37,29	34,67	32,48	30,62	29,01
25	154,51	100,62	78,29	65,52	57,07	50,98	46,34	42,67	39,67	37,16	35,03	33,20
50	171,09	111,41	86,69	72,55	63,19	56,45	51,31	47,24	43,92	41,15	38,79	36,76
100	189,44	123,36	95,99	80,33	69,97	62,51	56,82	52,31	48,63	45,56	42,95	40,70
500	240,01	156,29	121,61	101,78	88,65	79,19	71,99	66,28	61,62	57,73	54,42	51,57

## Cuenca 8:

La ecuación de intensidad válida para la cuenca resulta:

$$I = \frac{255,2879 \cdot T^{0,135572}}{0,61885 \cdot t}$$

Donde:

I = intensidad de precipitación (mm/hr)  
 T = Período de Retorno (años)  
 t = Tiempo de duración de precipitación (min)

Tabla de intensidades - Tiempo de duración												
Frecuencia años	Duración en minutos											
	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60
2	103,58	67,45	52,48	43,92	38,26	34,18	31,07	28,60	26,59	24,91	23,49	22,26
5	117,28	76,37	59,42	49,73	43,32	38,70	35,18	32,39	30,11	28,21	26,59	25,20
10	128,84	83,90	65,28	54,63	47,59	42,51	38,64	35,58	33,08	30,99	29,21	27,68
25	145,88	95,00	73,91	61,86	53,88	48,13	43,75	40,28	37,45	35,09	33,08	31,34
50	160,25	104,36	81,20	67,96	59,19	52,87	48,06	44,25	41,14	38,54	36,34	34,43
100	176,04	114,64	89,20	74,65	65,02	58,08	52,80	48,61	45,19	42,34	39,92	37,82
500	218,97	142,59	110,95	92,85	80,88	72,25	65,67	60,46	56,21	52,67	49,65	47,05

