



**PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL ECUADOR
SEDE MANABÍ
CARRERA DE INGENIERÍA HIDRÁULICA**

**TRABAJO DE TITULACIÓN:
ELABORACIÓN DE CURVAS INTENSIDAD – DURACIÓN –
FRECUENCIA A PARTIR DE LA LLUVIA MÁXIMA EN 24 HORAS EN
LA CUENCA DEL RÍO JAMA**

**PREVIO AL TÍTULO DE:
INGENIERO HIDRÁULICO**

**AUTOR:
KEVIN GABRIEL REZABALA ALVAREZ**

**DIRECTOR DEL TRABAJO DE TITULACIÓN:
ING. JOHN ENRIQUE FÉLIX MERA, MGS.**

ABRIL 2021

CHONE – MANABÍ – ECUADOR

CERTIFICACIÓN

Ing. John Enrique Félix Mera, Mgs

DIRECTOR DEL PROYECTO DE GRADO

CERTIFICA:

En mi calidad de tutor del trabajo de integración curricular, certifico haber revisado el presente manuscrito de investigación, el mismo que se ajusta a las normas vigentes de la carrera de Ingeniería Hidráulica de la Pontificia Universidad Católica del Ecuador, Sede Manabí, cumpliendo la Normativa del Trabajo de Integración Curricular; en consecuencia, es apto para su presentación y sustentación.

.....

Ing. John Enrique Félix Mera, Mgs

APROBACIÓN DEL TRIBUNAL

El jurado examinador aprueba el presente trabajo de integración curricular en nombre de la Pontificia Universidad Católica del Ecuador, Sede Manabí.

(f)_____

Ing. John Enrique Félix Mera

(f)_____

Ing. Andy Miguel Giler Ormaza

(f)_____

Ing. José Ramón Alarcón Loor

DECLARACIÓN DE ORIGINALIDAD

Éste manuscrito no contiene ningún tipo de material que ha sido aceptado para la obtención de un título universitario en otra institución, excepto en forma de información de soporte que ha sido debidamente citada en mi trabajo. Este trabajo es de total responsabilidad del autor, quien declara bajo juramento que ninguna sección de este trabajo de integración curricular infringe los derechos de autor de nadie.

.....

Kevin Gabriel Rezabala Alvarez

C.I. 1313524736

DECLARACIÓN DE DERECHOS DE AUTOR

Autorizo a la Pontificia Universidad Católica del Ecuador a distribuir este manuscrito de investigación en medios físicos y electrónicos con el fin de promover la divulgación de mis resultados a la comunidad científica y a la sociedad en general. Adicionalmente autorizo el uso de los contenidos de esta investigación como bibliografía para fines académicos, por cualquier medio o procedimiento, citando como fuente de información al autor de este trabajo.

FECHA:

FIRMA:

DEDICATORIA

A mi Abuelito Milton Antonio Alvarez Cedeño y mi Papá, el Ing. Walter Iván Rezabala García, quienes han estado en todo este proceso, ya que de forma incondicional han estado ayudándome y apoyándome para cumplir esta etapa en mi vida.

Kevin Gabriel Rezabala Alvarez

AGRADECIMIENTOS

A Dios y mis Familiares,
por motivarme a seguir en mis estudios,
la confianza necesaria, gracias a ellos he podido
lograr la meta que me he propuesto

A mi tutor y amigo el Ing. Mgs. John Enrique Félix Mera,
gracias por comprensión y dedicación, conocimiento, experiencia y motivarme,
ya que gracias él y su confianza logré culminar mi meta propuesta

A la Pontificia Universidad Católica del Ecuador,
y cada uno de los docentes de la Carrera de Ingeniería Hidráulica,
por los conocimientos y formación profesional

De una manera especial
A mi mamá que siempre ha estado de manera
Incondicional en cada paso que he dado
Durante este proceso educativo

Kevin Gabriel Rezabala Alvarez

Resumen

En la presente investigación se generaron las curvas de intensidad duración y frecuencia en la cuenca del río Jama, ya que son de mucha importancia para la construcción de obras hidráulicas. Se utilizó los datos históricos de pluviosidad máxima en 24 horas de las estaciones utilizadas, durante los años de 1963 hasta el 2018, información proporcionada por el INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGÍA E HIDROLOGÍA. Esta investigación por ende es cuantitativa ya que se tomaron los datos de la cuenca del río Jama, en la cual se utilizó la metodología (Arteaga&Corella, 2018) basada en la metodología de Terán Guevara, se eligió en base a la poca dispersión de sus datos, porque eran más constantes. Las áreas de influencia se pudieron determinar por medio de los polígonos de Thiessen, la estación de San Isidro es la que más área de influencia ocupa en la cuenca, siendo esta casi la mitad con el 49.65% de la cuenca. Las curvas se desarrollaron gracias a la poca información con la que contábamos, fue indispensable contar con la mayor parte de los datos de pluviosidad máxima para la generación de estas, puesto que su ajuste será mejor y por ende se evidenció los picos más altos y el incremento de la dispersión en los gráficos, como lo fue en la estación meteorológica de Boyacá (M0163), donde se obtuvo el pico más alto con relación a las demás estaciones meteorológicas, esto lo podemos observar en la ilustración 12.

Palabras Claves: *Jama, pluviosidad, meteorología, hidrología, cuenca.*

Abstract

In this quantitative research study, there were developed rainfall Intensity-Duration-Frequency (IDF) curves of the *Jama* River Basin, because of their great importance for the construction of hydraulic works. Thus, this research study was carried out from December 2020 through March 2021, by using historical data of the maximum rainfall in 24 hours from the meteorological stations of *Jama* (M0167), *San Isidro* (M0446), and *Boyacá* (M0163), period 1963-2018, which were provided by the National Institute of Meteorology and Hydrology (*INAMHI*, for its initials in Spanish). It was chosen the methodology given by Arteaga and Corella, which was based on the methodology proposed by *Terán Guevara*, by regarding the low dispersion of data that were more consistent. The areas of influence were determined by Thiessen polygons, using the station of *Río Santo* in order to complete and make correct use of them. The findings reveal that the *San Isidro* Station with 1024.3 km² occupies the largest area of influence, covering almost half of the river basin that corresponds to 49.65%; while the *Río Santo* Station with 163.2 km² covers 12.64% of the river basin, and it is the area that least influences the basin. The findings of the developed curves show graphs with values higher than 2700 mm/h, which determine the trend lines of the IDF curves. It is concluded that the largest data dispersion as regards the other meteorological stations is obtained in the meteorological station of *Boyacá* (M0163), due to its geographical location.

Keywords: *Jama*, rainfall, meteorology, hydrology, basin

Contenido

Resumen.....	vii
Abstract.....	¡Error! Marcador no definido.
1. Introducción.....	1
2. Objetivos:.....	3
2.1. Objetivos Generales.....	3
2.2. Objetivos específicos.....	3
3. Materiales y Métodos.....	3
3.1. Materiales	3
3.2. Métodos	5
3.2.1. Selección de las estaciones pluviométricas.....	5
3.2.2. Aplicación de la Metodología según (Vaca,2020, como se cita en Arteaga & Corella, 2018 y Barcia & Montesdeoca ,2019), basados en la metodología de Terán Guevara para la trasposición de datos de precipitación máxima en 24 horas a intensidad 6	
3.2.3. Comparación y selección del método más apropiado con los resultados de la estación seleccionada.....	8
3.2.4. Aplicación de la metodología seleccionada a las precipitaciones máximas para cada año de registro histórico en diferentes duraciones de lluvias para cada estación.	
9	
3.2.5. Ajuste de los datos con la función de distribución de probabilidad	9
3.2.6. Determinación de las Curvas IDF para distintos periodos de retorno	11
3.2.7. Elaboración de polígonos de Thiessen para determinar el área de influencia de cada estación.....	12

4.	Resultados	13
4.1.	Determinar la metodología de mejor ajuste a los datos de la estación Jama. 13	
4.2.	Elaboración de ecuaciones para la selección de tormentas de diseño en la cuenca del rio Jama.	14
4.3.	Establecer el área de influencia de las estaciones seleccionadas mediante polígonos de Thiessen.	20
5.	Discusión.....	22
6.	Conclusión	25
7.	Bibliografía	26
8.	Anexos	30

Contenido de Ilustraciones

Ilustración 1.	Ubicación Geográfica de la Cuenca del Rio jama	4
Ilustración 2.	Se comparan los gráficos entre los métodos a una duración de 5 minutos. Estación Jama (M0167)	13
Ilustración 3.	Curvas de Intensidad Duración y Frecuencia de 5 a 60 minutos, Estación Jama (M0167)	14
Ilustración 4.	Curvas de Intensidad Duración y Frecuencia de 60 a 360 minutos, Estación Jama (M0167)	15
Ilustración 5.	Curva de Intensidad Duración y Frecuencia de 5 a 60 minutos, Estación San Isidro (M0446).....	16

Ilustración 6. Curvas de Intensidad Duración y Frecuencia de 60 a 360 minutos, estación San Isidro (M0446).....	17
Ilustración 7. Curvas de Intensidad Duración y Frecuencia de 5 a 60 minutos, estación Boyacá (M0163)	18
Ilustración 8. Curvas de Intensidad Duración y Frecuencia de 60 a 360 minutos, estación Boyacá (M0163)	19
Ilustración 9. Polígonos de Thiessen, cuenca del Rio Jama con el mapa base delimitado de las cuencas hidrográficas: Propia, basada en software ARCGIS versión 10.5.	20
Ilustración 10. Polígonos de Thiessen, cuenca del Rio Jama con el mapa base delimitado de los cantones. Fuente: Propia, basada en software ARCGIS versión 10.5.....	21
Ilustración 11. Propia de (Vaca Vera, 2020). Comparación grafica entre los métodos a una duración de 5 minutos. Estación Chorrillos M0453 en la cuenca Jipijapa.	22
Ilustración 12. Propia. Comparación grafica entre los métodos a una duración de 5 minutos. Estación Boyacá M0453 en la cunca Jama.	22
Ilustración 13. Propia de (Acosta & Vera, 2016). Comparación grafica. Estación Radio Sonda (M1096). Cuando del Río Guayas Precipitación media mensual de los años 1992-2014.....	24
Ilustración 14. Datos de pluviosidad máxima proporcionados por el INAMHI de la estación Jama	30
Ilustración 15. Datos de pluviosidad máxima proporcionados por el INAMHI de la estación San Isidro	31
Ilustración 16 Datos de pluviosidad máxima proporcionados por el INAMHI de la estación Boyacá.....	32

Contenido de tablas

Tabla 1 Descripción de las Estaciones Meteorológicas Ubicadas dentro de la Microcuenca Hidrográfica del Río Jama	6
Tabla 2 Funciones de distribución de probabilidad analizadas y métodos de solución en el programa AX_2015	10
Tabla 3 Área de influencia de las estaciones meteorológicas con relación a la cuenca Jama mediante los Polígonos Thiessen.	22
Tabla 4. Datos generales de las curvas IDF de la estación meteorológica de Jama	33
Tabla 5. Datos generales de las curvas IDF de la estación meteorológica de Boyacá	33
Tabla 6. Datos generales de las curvas IDF de la estación meteorológica de San isidro	34

1. Introducción

Las características meteorológicas influyen de diferentes maneras en las estructuras hidráulicas, por esto, se debe tener una gestión adecuada de los recursos hídricos como lo son las precipitaciones, la planificación y el orden territorial según (Abril, *et al.*, 2020, como se citó en Martínez y Villalejo, 2018). Para esto el uso de las curvas de intensidad, duración, frecuencia son las que determinan las máximas intensidades de lluvia, esto nos sirve como instrumentos para diseñar las obras de drenaje urbano y evaluaciones de la estimación de caudales en cuencas pequeñas (Abril *et al.*, 2020, como se citó en Campos, 2010).

Los cursos de agua están estrechamente ligados a los contextos geográficos como lo son el clima y la cobertura vegetal, ellos reflejan de mejor manera el conjunto de realidades climáticas, orográficas, geológicas y biogeográfica, las cuales caracterizan a su cuenca hidrográfica. La clasificación de régimen de cursos de agua ha permitido distinguir cierta cantidad de regiones hidrológicas en el país, ya que dada su diversidad se puede localizar redes hidrográficas con densidades y formas distintas. (Pourrut, 1995).

En los territorios de la zona norte de Manabí se ha evidenciado problemas con el manejo y acceso al líquido vital, el caso del cantón Jama que solo abastece de agua “entubada” a sectores del casco urbano. Al no existir la red de distribución de agua potable los pobladores del sector rural deben acceder al recurso hídrico en otras fuentes, como lo son pozos, ríos o tanqueros (Cortés, 2018). Existen problemas también con relación al control de inundaciones, provocado por la mala gestión de los ríos y sus riberas y que luego se traduce en dificultades para la población asentada en las zonas afectadas por las grandes intensidades de lluvias y el posterior desbordamiento de los ríos. (Giler, *et al.*, 2020).

Manabí es una provincia con diversas cuencas hidrográficas. Según (Olivo, 2018, párrafo 1), “seis de estas benefician a las comunidades, tanto para consumo humano en el tema de potabilización, como agua cruda y para los sistemas de riego”. Una de estas cuencas cuenta con su cauce natural dentro de la ciudad de Jama, lo cual es de suma importancia para la información requerida por las juntas de agua, las juntas de riego y el Gad municipal.

En Jama el déficit hídrico y la falta de obras de infraestructura dentro de la zona han provocado graves daños al sector productivo del cantón y particularmente a las áreas cercanas a la cuenca del río Jama, los escasos de agua es una de las principales problemáticas que ha llevado a socializar el proyecto multipropósito Jama. Según (Empresa pública del agua, 2019) bajo un riguroso estudio se ha determinado que el factor que limita la producción y la productividad agropecuaria de Manabí es la escasez de agua.

Las curvas de intensidad duración y frecuencia son de fundamental importancia para la construcción de obras hidráulicas. Según (Acosta Castellanos & Sierra Aponte, 2013) se aprovechan los recursos hídricos para la generación de electricidad, obras que sirvan para el control de inundaciones en la ciudad por lo que este viene siendo uno de los principales motivos. Otra de sus ventajas es que son de vital importancia para el estudio de la erosión del suelo.

La vida útil de las obras civiles o hidráulicas se puede ver afectada por los bruscos cambios climáticos. Las curvas IDF nos permite conocer la intensidad de la lluvia que puede presentarse en un periodo de tiempo determinado, es por ello que el conocimiento de estas ayuda de manera importante a la ingeniería, son herramientas que nos permiten determinar las dimensiones de las estructuras de carácter hidráulico, y a su vez conocer los riesgos que

se pueden dar por inundaciones, por lo cual toma relevancia en análisis climáticos, el cual es un factor clave para poder prevenir o disminuir los problemas en un futuro (Ardila Baquero, 2020).

2. Objetivos:

2.1.Objetivos Generales

- Generar curvas, intensidad, duración, frecuencia de lluvias máximas en 24 horas de la Cuenca Jama.

2.2.Objetivos específicos

- Establecer la metodología de mejor ajuste a los datos reales de las estaciones meteorológicas de Jama.
- Determinar ecuaciones de intensidad y frecuencia en función de la duración del evento de lluvia para cada estación de análisis.
- Determinar el área de influencia de las estaciones seleccionadas mediante la utilización de polígonos de Thiessen.

3. Materiales y Métodos

3.1.Materiales

La presente investigación se la desarrolló utilizando los datos históricos de pluviosidad máxima en 24 horas en las estaciones que influyen en el área de estudio de la cuenca del río Jama proporcionados por el INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGÍA E HIDROLOGÍA proporcionada. Esto en base a la metodología propia de (Arteaga&Corella, 2018), para generar las curvas de intensidad duración y frecuencia de las diferentes estaciones meteorológicas.

Ilustración 1.Ubicación Geográfica de la Cuenca del río Jama

La elaboración de curvas parte de seleccionar el método más constante o que mejor se ajuste, para el cual se utilizó el programa Excel versión 2019. En un block de notas se instruyeron los datos de intensidad seleccionados los cuales se pasaron al software AX-2015 para luego obtenidos los resultados poder ingresar los datos a una hoja de Excel y poder obtener los gráficos logarítmicos y exponenciales.

Los polígonos de Thiessen se han elaborado con el programa ArcMap con su versión 10.5 en su última actualización. Nos ha permitido delimitar las áreas de influencia de las estaciones seleccionadas para la investigación, gracias a esto se pudo observar por medio de los polígonos hasta donde influyen cada una de las estaciones meteorológicas ya sea en con un mapa base de los cantones cercanos a la cuenca o con un mapa base de la cuenca Jama.

3.2.Métodos

Esta investigación es cuantitativa ya que se basa en el análisis de los datos pluviométricos que se presenta en un periodo seleccionado para aplicar diversos modelos para convertir la pluviosidad máxima en 24 horas en intensidad (Aparicio, 1992). La cual se utilizada para poder obtener las ecuaciones y proceder a obtener curvas IDF con los valores de intensidades en diferentes duraciones en función de la intensidad máxima en 24 horas (Arteaga *et al.*, 2015).

3.2.1. Selección de las estaciones pluviométricas

El levantamiento de información fue indispensable para el inicio del presente proyecto, ya que gracias a los datos pluviométricos que nos brindó el INAMHI se realizó el análisis de los datos meteorológicos que disponían de las estaciones que se encuentran en la cuenca Jama. En el mapa se evidenció que tres estaciones están ubicadas en la cuenca, las cuales son: Jama (M0167), San Isidro (M0446), Boyacá (M0163), las cuales tendrán una participación directa en las curvas IDF. Otras estaciones como Bahía (MB91) y Rio Santo (MA33) fueron de ayuda para poder realizar los polígonos de Thiessen. Se ha pedido de manera rigurosa la información de los datos históricos de pluviosidad máxima de cada estación mencionada proporcionado por el INAMHI.

Tabla 1 Descripción de las Estaciones Meteorológicas Ubicadas dentro de la Microcuenca Hidrográfica del Río Jama

CÓDIGO	NOMBRE	COORDENADAS		ALTURA (msnm)
		LATITUD	LONGITUD	
M0167	JAMA	0G 11' 49" S	80G 15' 53" W	46
M0446	SAN ISIDRO	0G 22' 34" S	80G 11' 1" W	138
M0163	BOYACÁ	0G 34' 14.5" S	80G 10' 41.5"W	70
MB91	BAHÍA	0G 39' 33.76" S	80G 23' 50.88"W	12
MA33	RÍO SANTO	0G 34' 0,7" S	80G 0' 3"W	71

Fuentes: INAMHI, 2020

3.2.2. Aplicación de la Metodología según basado en la metodología de Terán Guevara para la trasposición de datos de precipitación máxima en 24 horas a intensidad.

Para la presente investigación se aplicaron la metodología de (Arteaga&Corella, 2018), ya que ellos empezaron los análisis basados en el método propio de Terán Guevara, para obtener ecuaciones respectivamente y así determinar la tendencia y poder escoger el método que mejor se ajuste para lograr desarrollar las curvas IDF. Se basaron en los datos de pluviosidad máxima cercanos a los 50 años de las estaciones meteorológicas elegidas por su investigación, esto con el fin de obtener resultados más exactos.

3.2.2.1. Metodología de Montesdeoca Delgado & Barcia Rodríguez (2018), basado en la metodología de Terán Guevara.

Se ha logrado establecer dos ecuaciones que se han aplicado en base a la metodología según (Vaca, 2020, como se citó en, Montesdeoca Delgado & Barcia Rodríguez, 2018), en la

cual se utiliza una para duraciones de $5 > 60$ minutos con una distribución exponencial y en duraciones de $60 > 360$ minutos la misma que nos muestra ser logarítmica.

Ecuación para duraciones de $5 > 60$ minutos

$$Pb = P24 * \{[-0.0002 * (d^2)] + [0.0162 * d] + 0.0334\}$$

Donde:

Pb: Precipitación máxima en 24 horas (mm) en un año determinado.

d: Duraciones entre 5 y 960 minutos.

P24: Precipitación máxima (mm) para distintas duraciones d.

Ecuación para duraciones de $60 > 360$ minutos.

$$Pb = P24 * [0.1649 * \ln(d) - 0.1882]$$

Donde:

Pb: Precipitación máxima en 24 horas (mm) en un año determinado.

d: Duraciones entre 5 y 960 minutos.

P24: Precipitación máxima (mm) para distintas duraciones d.

3.2.2.2. Metodología de Roberth Arteaga y Karen Corella (basado en la metodología de Terán Guevara)

Se parte de un punto principal, según lo explica (Vaca, 2020, como se citó en Terán, 2017), el cual explica que se aplicó la misma metodología que se escribió en su documento, la cual durante el análisis de la misma se logró hallar dos ecuaciones en la que se

emplean duraciones de $5 < 60$ minutos con una distribución exponencial y en duraciones de $60 > 360$ minutos la misma que nos muestra ser logarítmica.

Ecuación para duraciones de $5 < 60$ minutos.

$$P_b = P_{24} * \{[-0.00007 * (d^2)] + [0.01 * d] + 0.0306\}$$

Donde:

P_b: Precipitación máxima en 24 horas (mm) en un año determinado.

d: Duraciones entre 5 y 960 minutos.

P₂₄: Precipitación máxima (mm) para distintas duraciones d.

Ecuación para duraciones de $60 > 360$ minutos.

$$P_b = P_{24} * [0.1338 * \ln(d) - 0.1666]$$

Donde:

P_b: Precipitación máxima en 24 horas (mm) en un año determinado.

d: Duraciones entre 5 y 960 minutos.

P₂₄: Precipitación máxima (mm) para distintas duraciones d.

3.2.3. Comparación y selección del método más apropiado con los resultados de la estación seleccionada

Se va tomar como punto de comparación los resultados de ambos métodos obtenidos, como muestra hemos tomado la estación meteorológica Jama (M0167).

Tras analizar los resultados de ambos métodos, hemos optado por seleccionar el método más constante en el cual se observó menor dispersión y una reducción considerable de picos, según (Vaca, 2020, como se citó en Arteaga&Corella,2018), misma que se basa por lo expuesto por Terán, 2017. Esta metodología es la que se recomienda para elaborar las curvas de intensidad-duración-frecuencia de las estaciones seleccionas para la presente investigación, en este caso en la cuenca Jama.

3.2.4. Aplicación de la metodología seleccionada a las precipitaciones máximas para cada año de registro histórico en diferentes duraciones de lluvias para cada estación.

Se utilizó el programa Excel con su versión 2019 en el cual se realizaron las tabulaciones del levantamiento de información que se realizó previamente y que lo proporcionó el Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología, el cual nos brindó datos históricos de pluviosidad máxima en 24 horas en un periodo que partía de 1963 al 2018, se lo hizo en intervalos de tiempo para cada año de 5, 10, 15, 20, 30, 60, 120 y 360 minutos. Para obtener la intensidad de esto valores previos se los dividió por su duración (D) en horas el cual nos arroja los valores de su intensidad con sus respectivas unidades en mm/h.

3.2.5. Ajuste de los datos con la función de distribución de probabilidad

Básicamente lo que se con el programa AX_2015 es lograr obtener el mejor ajuste en distintas funciones de probabilidades para distintos periodos de retorno (Murillo Jiménez & Cervantes Rico , 2018). Este programa nos permite seleccionar una variedad de métodos, ya que mediante un análisis se puede seleccionar la función que mejor ajuste la probabilidad de datos y calcular el error estándar con respectos a la muestra. Estas funciones son: Gumbel, Log – Normal dos parámetros y Doble Gumbel, fueron las que el programa nos arrojó esos resultados ya que son las que mejor se ajustan, las cuales realizan inferencias estadísticas para

así poder calcular los periodos de retorno en diferentes intervalos de años, que varían de 2, 5, 10, 20, 50, 100, 200 etc.

En la siguiente tabla se muestran las combinaciones de solución posible que dio el programa AX.

Tabla 2 Funciones de distribución de probabilidad analizadas y métodos de solución en el programa AX_2015

Estación	Función	Momentos		Max. Verosimilitud	
		2.PAR	3.PAR	2.PAR	3.PAR
Jama	Log-normal		X		
San Isidro	Gumbel			X	
Boyacá	Doble Gumbel				

Función Gumbel: Es uno de los métodos más utilizados en el cual se calcula la frecuencia de probabilidades que ocurren en las precipitaciones extremas por medio del análisis de frecuencia. Esta se caracteriza por ser de valor extremo Tipo I o Gumbel (Rojas Morales, 2011). Al hablar de la función Gumbel de una variable aleatoria teniendo en cuenta que α y β son los parámetros de escala y forma respectivamente, según (Arganis et al., 2019)

$$F(x) = \exp\{-\exp(-W)\}$$

donde:

W es la variable reducida obtenida como:

$$W = \alpha (x - \beta)$$

Log-Normal dos parámetros: En esta distribución podemos encontrar dos parámetros los cuales: m que es la media aritmética del logaritmo de datos o la tasa de fallos y también σ que es la desviación estándar del logaritmo de datos o la tasa de fallos (Cejalvo & Tamborero, 1992).

$$\frac{1}{\sigma \sqrt{2\pi}} \exp \left[-\frac{1}{2} \left(\frac{\ln t - \ln m}{\sigma} \right)^2 \right]$$

Función Normal: Una de las principales distribuciones teóricas que más se estudia en los textos de bioestadística y la que es utilizada de manera frecuente en la práctica es la distribución normal o bien llamada distribución gaussiana. Según (Pértegas Díaz & Pita Fernandez, 2001) la importancia de esta función se debe básicamente a la frecuencia que tiene con distintas variables asociadas con los fenómenos naturales y cotidianos siguen aproximadamente esta función.

$$f(x) = \left(\frac{1}{\sigma \sqrt{2\pi}} \right) \exp \left\{ -\frac{(x-\mu)^2}{2\sigma^2} \right\} \quad \text{Donde } -\infty < x < +\infty$$

3.2.6. Determinación de las Curvas IDF para distintos periodos de retorno

Las curvas de IDF resultan de unir los puntos que representan la intensidad media de precipitación que tiene intervalos con diferente duración y que corresponden a ellos con una misma frecuencia o periodo de retorno. Según (Belda *et al.*, 2008, como se citó en Temez, 1978). Se puede ver un cambio a la curva tomando una duración cualquiera y analizar la intensidad de corte en todas las curvas IDF. Para esto se determina que la precipitación máxima esperada en una cierta duración, vendrá en función al periodo de retorno, esta dependencia se da por la ley de Gumbel (Belda *et al.*, 2008, como se citó en Temez, 1978).

Una vez obtuvimos los resultados que mejores se ajustaron según su función graficaremos las curvas de intensidad, duración y frecuencia, así poder encontrar los puntos de una manera que se genera la curva con de una manera asociada a los periodos de retornos, así misma para cada estación pluviográfica. Dichos periodos de retornos son $T= 2, 5, 10, 20, 30, 50, 100$ y 200 años.

Para elaborar los gráficos de dispersión se someten a evaluaciones de tendencias o regresiones, las mismas que sirven para modelar la relación entre las variables. En el caso del gráfico hay que analizar cada una de estas, las cuales son: Lineal, Exponencial, Logarítmica, Polinómica y Potencial. Cabe recalcar que importante para seleccionar estas líneas de tendencia es que el valor de R cuadrado sea cercano o igual a 1. Esto se aplicará para cada una de las estaciones meteorológicas que influyen en la cuenca del Río Jama.

3.2.7. Elaboración de polígonos de Thiessen para determinar el área de influencia de cada estación.

El primero paso para elaborar los polígonos es conocer la ubicación de cada uno de las estaciones meteorológicas, cabe recalcar que para esto no solo utilizaremos las estaciones propias de la cuenca, si no, también cercanas a ella como lo son la estación de Bahía (MB91) y Río Santo (MA33), las cuales también tienen cierta área de influencia en la cuenca. Se necesitará un Mapa base de la delimitación de las cuencas hidrográficas y hemos optado también por un mapa delimitado de los cantones con el fin de conocer con exactitud el área de influencia de estas estaciones hidrográficas, con esto se podrá efectuar la elaboración de los polígonos y por ende su influencia lo cual se desarrollará en el software Arcgis.

4. Resultados

4.1. Determinar la metodología de mejor ajuste a los datos de la estación Jama.

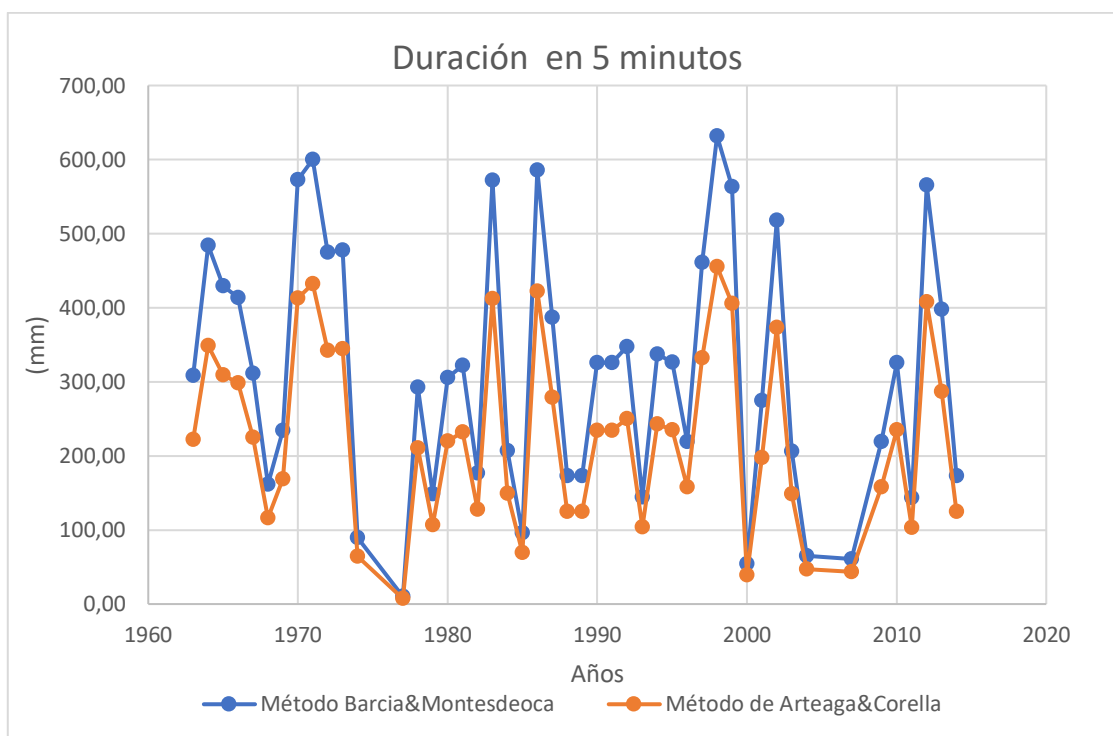


Ilustración 2. Se comparan los gráficos entre los métodos a una duración de 5 minutos.

Estación Jama (M0167)

En el presente grafico se ha hecho una comparación con el levantamiento de información proporcionado por el INSTITUTO NACIONAL DE METEROLOGÍA E HIDROLOGÍA, en este caso se generó el grafico en el programa Excel en su versión 2019. Se presenta una dispersión menos marcada en el método de (Arteaga&Corella, 2018) pues los picos acumulados de las intensidades son inferiores a los de (Montesdeoca Delgado & Barcia Rodríguez, 2018), ya que esta presenta una dispersión de datos notoria, es decir sus picos son mucho más altos en los gráficos obtenidos en la cuenca del río Jama con su respectiva estación Jama (M0167).

4.2.Elaboración de ecuaciones para la selección de tormentas de diseño en la cuenca del río Jama.

Curvas IDF, estación JAMA, 5-60 min.

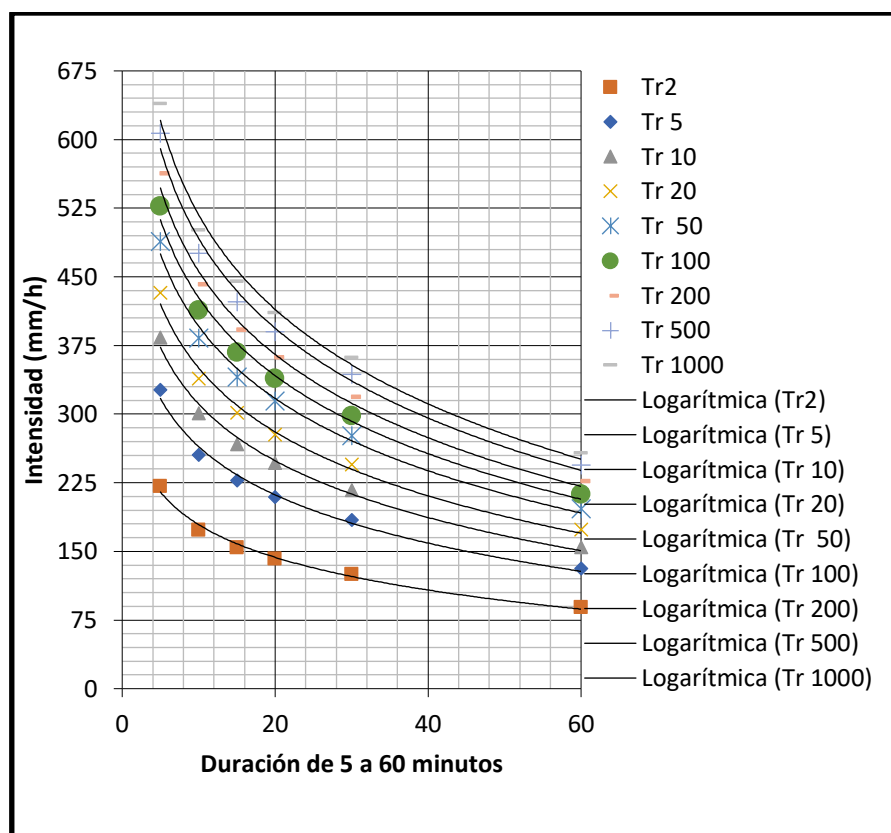


Ilustración 3. Curvas de Intensidad Duración y Frecuencia de 5 a 60 minutos, Estación
Jama (M0167)

Curvas IDF, estación JAMA, 60 a 360 min.

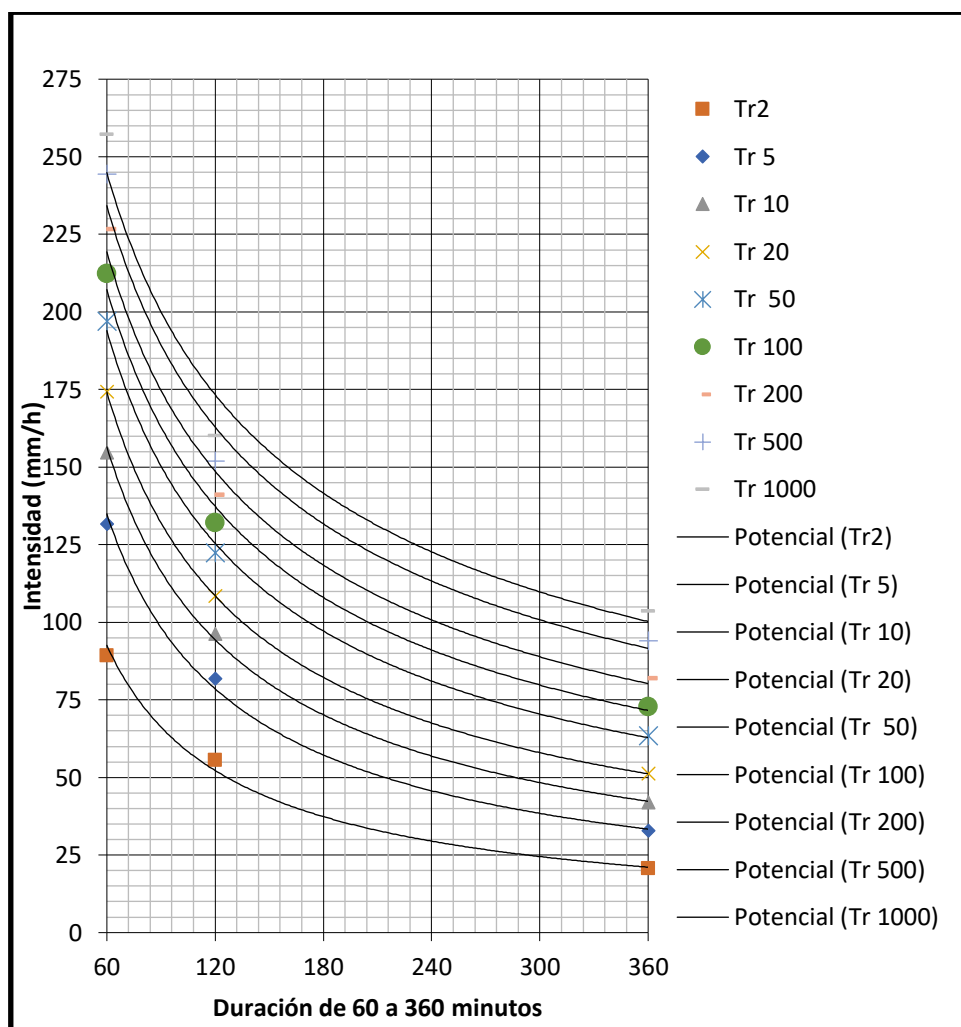


Ilustración 4. Curvas de Intensidad Duración y Frecuencia de 60 a 360 minutos, Estación Jama (M0167)

Curvas IDF, estación San Isidro, 5 a 60 min.

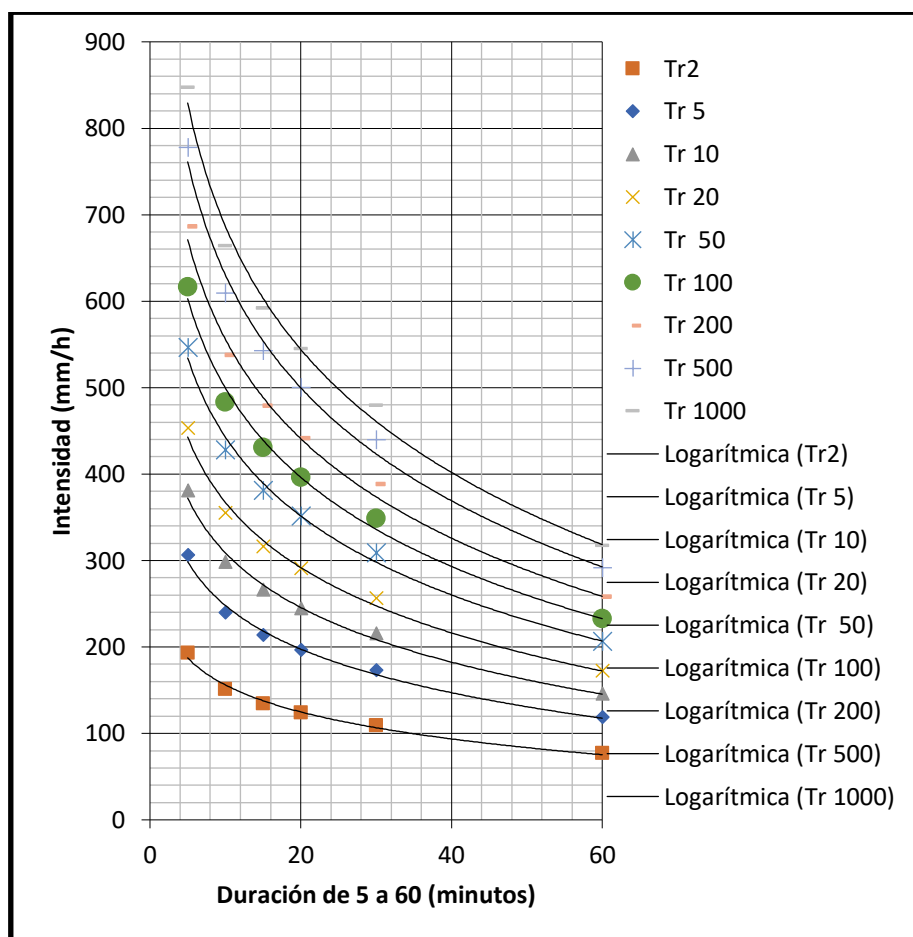


Ilustración 5. Curva de Intensidad Duración y Frecuencia de 5 a 60 minutos, Estación San Isidro (M0446)

Curvas IDF, estación San Isidro, 60 a 360 min.

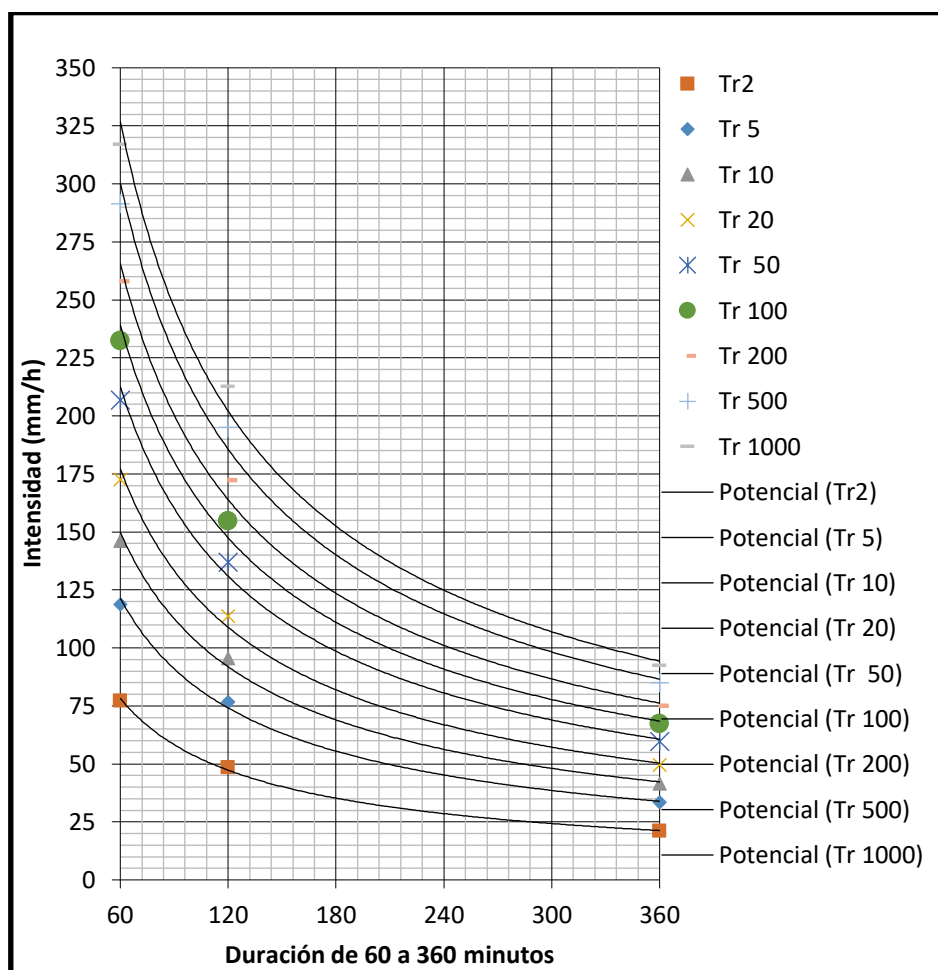


Ilustración 6. Curvas de Intensidad Duración y Frecuencia de 60 a 360 minutos, estación San Isidro (M0446)

En esta estación el incremento de la intensidad y cantidad de lluvia que se pudo apreciar fue mayor en comparación a la estación anterior, por ende, los valores incrementaron, esto se debe a la ubicación de las estaciones meteorológicas, en el gráfico se podrá observar el incremento de la intensidad en mm/h.

Curvas IDF, estación Boyacá, 5 a 60 min.

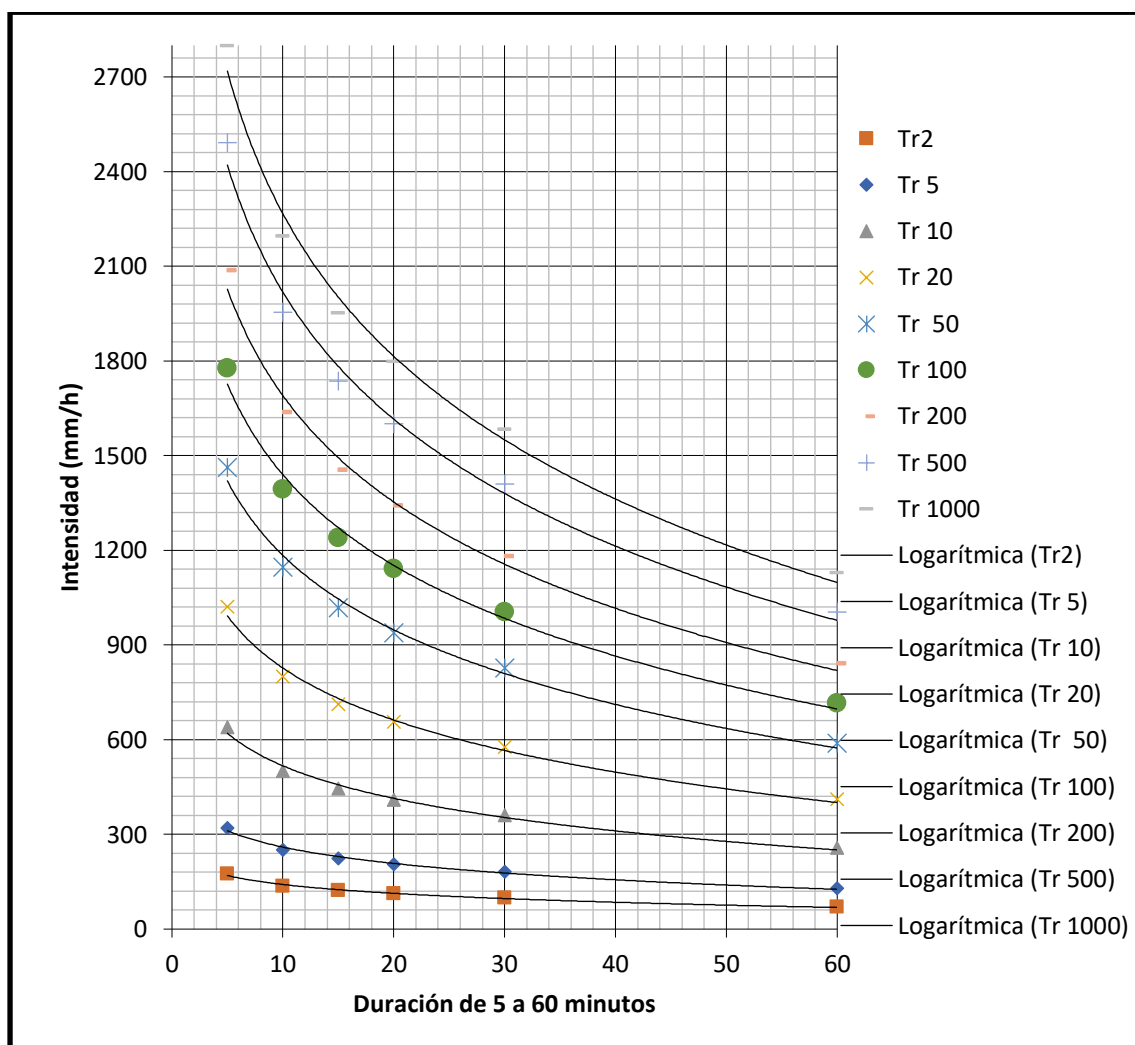


Ilustración 7. Curvas de Intensidad Duración y Frecuencia de 5 a 60 minutos, estación Boyacá (M0163)

Curvas IDF, estación Boyacá, 60 a 360 min.

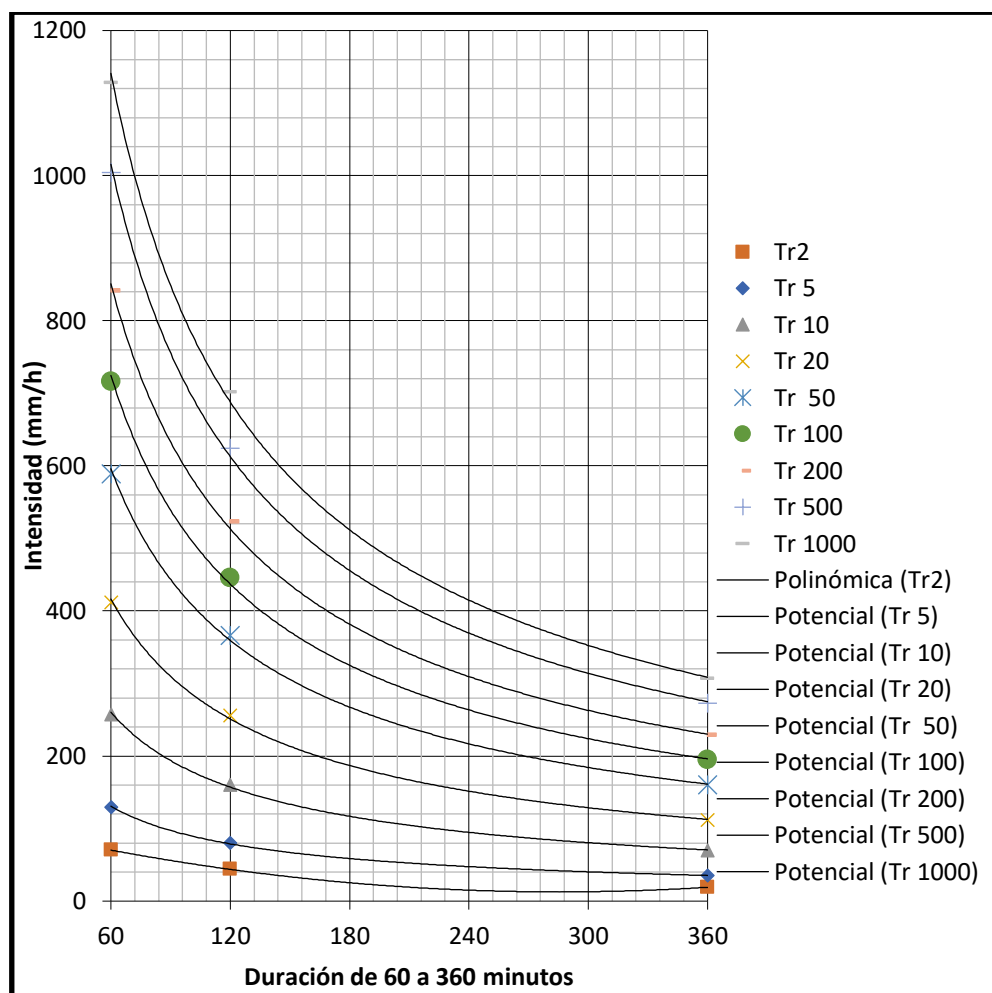


Ilustración 8. Curvas de Intensidad Duración y Frecuencia de 60 a 360 minutos, estación Boyacá (M0163)

La estación meteorológica de Boyacá nos muestra resultados diferentes, bien se pueden apreciar en las curvas IDF mostradas en el gráfico, en este caso se pudo evidenciar un aumento considerable y poco inusual en los picos y dispersión de datos, esto se debe al fenómeno ocurrido en el año 1998, donde las precipitaciones fueron dos y hasta tres veces mayores que en las demás estaciones utilizadas para la presente investigación.

4.3. Establecer el área de influencia de las estaciones seleccionadas mediante polígonos de Thiessen.

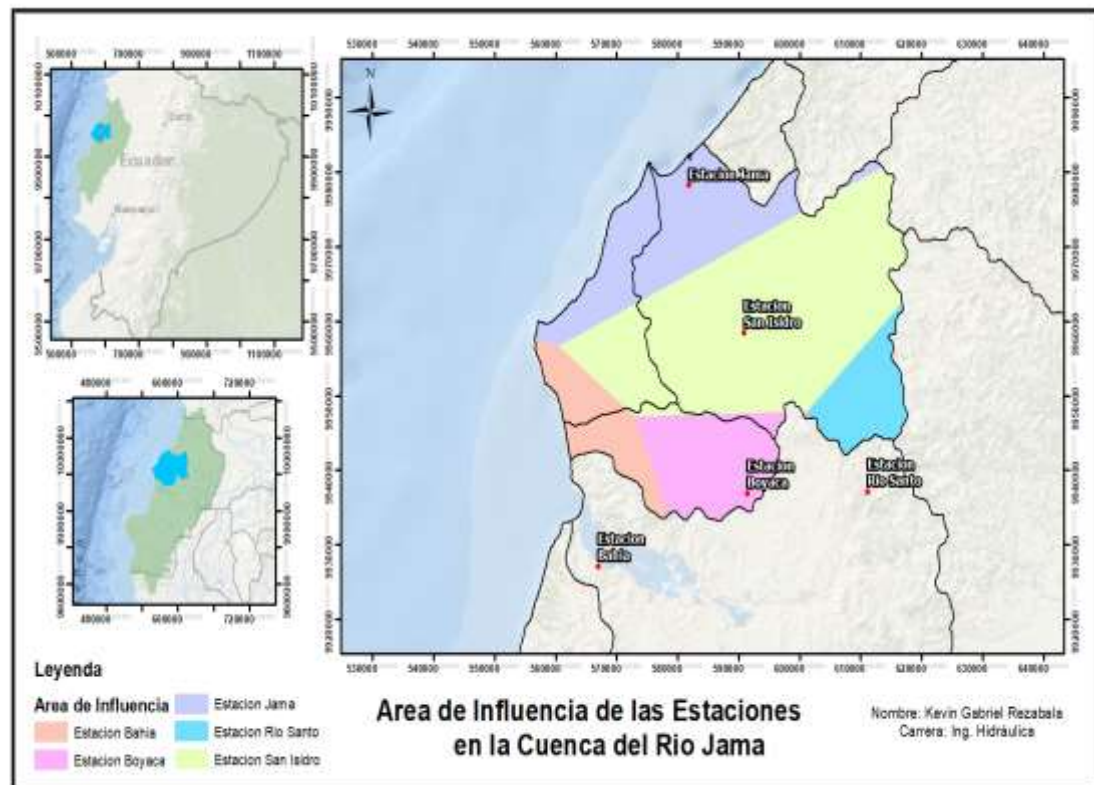


Ilustración 9. Cuenca del río Jama con el mapa base delimitado de las cuencas hidrográficas: Propia, basada en software ARCGIS versión 10.5.

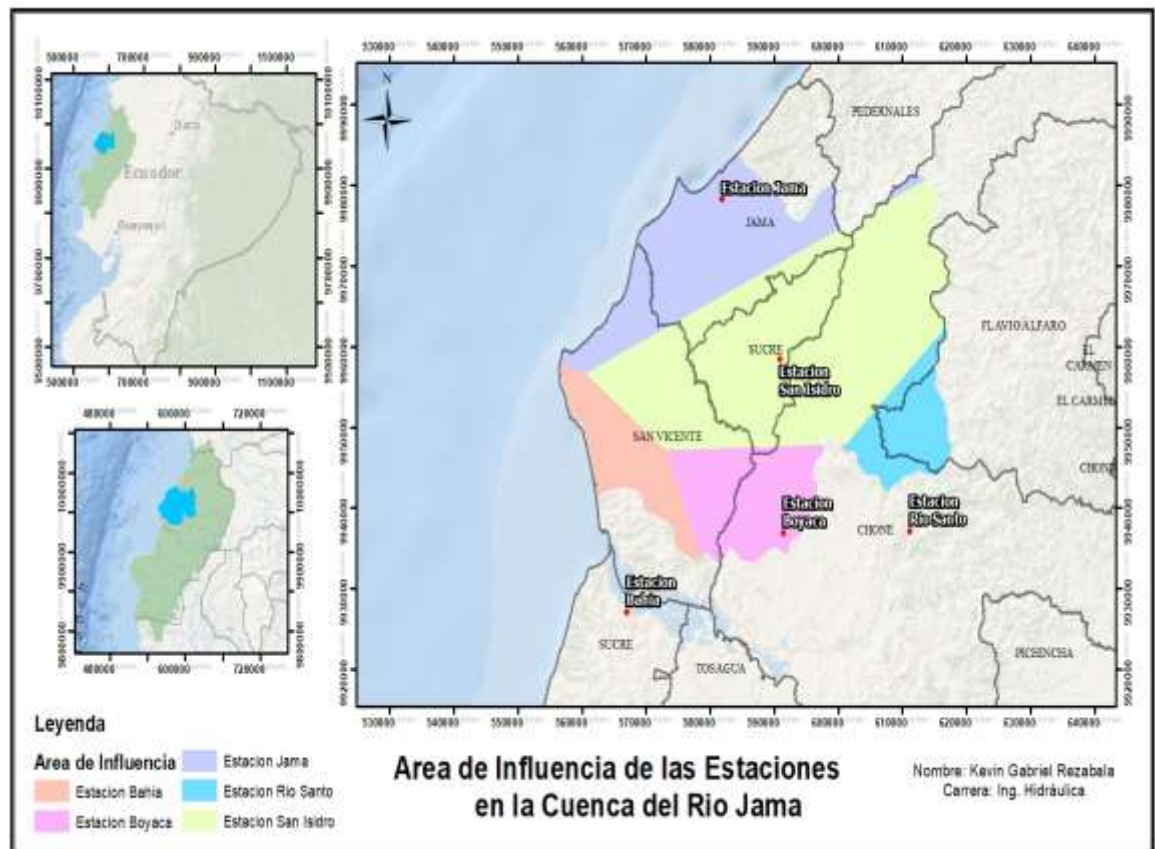


Ilustración 10. Cuenca del río Jama con el mapa base delimitado de los cantones.

Fuente: Propia, basada en software ARCGIS versión 10.5.

Hemos evidenciado que las áreas de influencias de la cuenca del río Jama varían en su tamaño, siendo la estación de San Isidro la más grande con un área igual a 1024.32054 Km². En la ilustración 10, se ha tomado como mapa base el de las cuencas hidrográficas delimitada, pudiendo observar de manera exacta como se han delimitado cada una de las estaciones, en el caso de la ilustración 9, se observa hasta donde es la influencia en cada uno de los cantones relacionados con las estaciones meteorológicas.

Tabla 3 Área de influencia de las estaciones meteorológicas con relación a la cuenca Jama mediante los Polígonos Thiessen.

FID	Id_1	Nombre	Área (Km2)
1	JAMA	M0167	437.62064
2	SAN ISIDRO	M0446	1024.32054
3	BOYACÁ	M0163	264.90521
4	BAHÍA	MB91	172.86644
5	RIO SANTO	MA33	163.20375

Fuente: Propia realizada en en software ARCGIS versión 10.5

5. Discusión

Se realizó una comparación y análisis de gráficos correspondientes a tres cuencas hidrológicas. Se ha podido observar que hay variaciones entre estas, ya que se nota el incremento de dispersión de datos por parte de la cuenca del río Jama observado en la ilustración 12, esta estación es la de Boyacá, la cual nos mostró resultados con picos muy elevados, esto se debe por el fenómeno del niño ocurrido en el año 1998. Comparándolo con la ilustración 11, que es la de la estación chorrillos en la cuenca del río Jipijapa no vemos tanta dispersión de datos y sus picos no son tan altos (Vaca Vera, 2020).

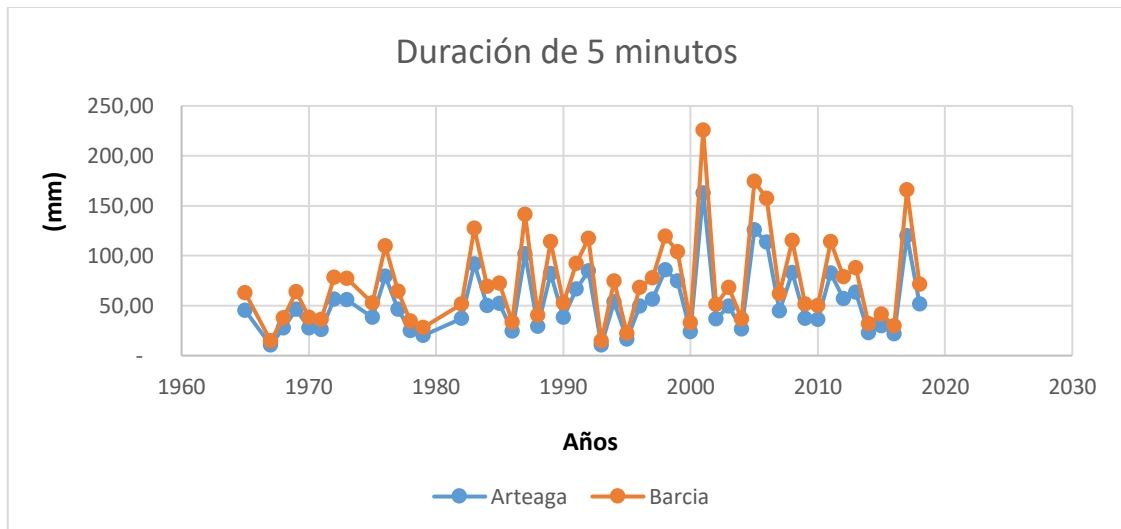


Ilustración 11. Propia de (Vaca Vera, 2020). Comparación gráfica entre los métodos a una duración de 5 minutos. Estación Chorrillos M0453 en la cuenca Jipijapa.

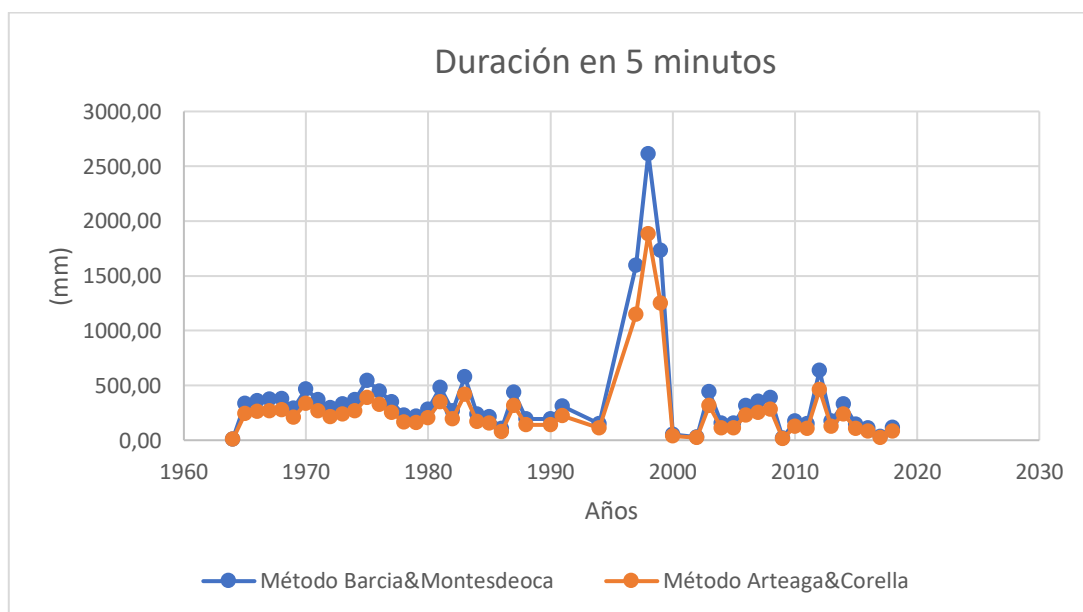


Ilustración 12. Propia. Comparación gráfica entre los métodos a una duración de 5 minutos. Estación Boyacá M0453 en la cunca Jama.

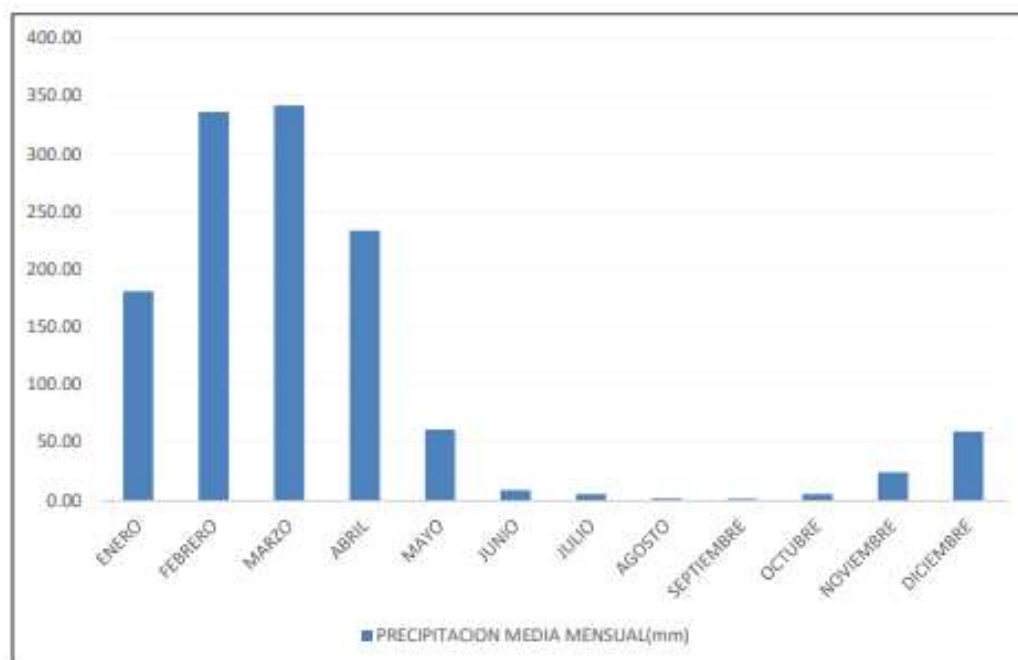


Ilustración 13. Propia de (Acosta & Vera, 2016). Comparación gráfica. Estación Radio Sonda (M1096). Cuenca del río Guayas. Precipitación media mensual de los años 1992-2014

Nos encontramos con que la precipitación máxima del área de estudio en un periodo de 22 años es por debajo de los 400 mm, esto con respecto al catón Durán donde se encuentra ubicada la estación Radio Sonda. Los meses de mayor precipitación se dieron entre febrero y marzo, lo que nos evidencia que la zona norte de Manabí específicamente en el cantón Jama los picos se elevaron por encima de los 2500 mm, por lo que se puede observar una gran diferencia entre ambas, en gran parte eso se debe a la ubicación geográfica de las estaciones meteorológicas que recolectan la información.

Se debe tener en cuenta un análisis de cómo afecta el cambio climático sobre precipitaciones extremas, esto con relación a las zonas urbanas que tienen una población importante y que tienen complejos sistemas de alcantarillados generalmente vulnerables a precipitaciones muy fuertes (Casas *et al.*, 2013). Según (Losilla & Gunther , 1999) las bandas pluviográficas de

cada evento de lluvia son medidas cada 10 minutos, en los cuales obtienen los valores de lluvia con intensidades menores o iguales. Para un correcto diseño de obras hidráulicas se analiza el comportamiento de las intensidades de las lluvias en una serie de registros de 30 años ya que al ver mucha variabilidad de cambios climáticos se debe estar atento a los cambios de los niveles de precipitación (Serrano, 2018). Para nuestra investigación en la cuenca del río Jama se hizo el levantamiento de información datos históricos de pluviosidad máxima de hasta 40 años.

6. Conclusión

De acuerdo con lo señalado en la presente investigación, el levantamiento de información fue la base fundamental para poder realizar las curvas de intensidad, duración y frecuencia, ya que pudimos conocer las diferentes intensidades en algunos intervalos de tiempo, lo cual nos permitió generar las curvas en cada una de las estaciones meteorológicas de la cuenca del río Jama.

Se logró determinar por medio de los polígonos de Thiessen las áreas de influencias de las estaciones relacionadas con la cuenca del río Jama, también que el área de la estación San Isidro es la mayor en consideración a las otras estaciones, la cual ocupa el 49.65% de toda el área de influencia, y que la estación con menos porcentaje de influencia en la cuenca es la estación meteorológica río Santo con un 7.911%.

Cada una de las estaciones demuestra sus propias características, la enorme diferencia entre una y otra suele darse por diversos factores, uno de ellos es la ubicación geográfica de estas, el tipo de clima y la altura sobre el nivel del mar, todo esto se refleja en los gráficos y en los diferentes picos y dispersiones de cada una de estas.

7. Bibliografía

- Acosta Castellanos, P., & Sierra Aponte, L. (7 de Noviembre de 2013). Evaluación de métodos de construcción de curvas IDF a partir de distribuciones de probabilidad y parámetros de ajuste. *Revista Scielo*, Vol 22(No. 35). Obtenido de <http://www.scielo.org.co/pdf/rfing/v22n35/v22n35a03.pdf>
- Losilla, M., & Gunther , S. (13 de Agosto de 1999). *Modelo Analítico para determinar la infiltración con base en la lluvia mensual*. Obtenido de Revista Geológica de América Central: <https://revistas.ucr.ac.cr/index.php/geologica/article/view/8579/8102>
- Murillo Jiménez, J., & Cervantes Rico , V. (2018). Software libre para el análisis hidrológicos primera etapa, análisis de frecuencia. Buenos aires , Argentina.
- Abril, R., Maldonado , J., Samaniego, J., & Ramos, D. (01 de Abril de 2020). Curvas de intensidad, duración y frecuencia de la estación meteorológica Puyo. *Ingeniería Hidráulica y Ambiental*, 41(1). Obtenido de http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1680-03382020000100127#B11
- Acosta, E., & Vera, J. (2016). *EVALUACIÓN HIDROLÓGICA - HIDRÁULICA DE LA CIUDADELA EL RECREO ETAPA 1 EN EL CANTÓN DURÁN PARA EL CONTROL DE INUNDACIONES*. Obtenido de Universidad de Guayaquil: [file:///C:/Users/Usuario/Downloads/ACOSTA_EDER_TRABAJOTITULACI%C3%92N_HIDR%C3%80ULUCA_2016%20\(2\).pdf](file:///C:/Users/Usuario/Downloads/ACOSTA_EDER_TRABAJOTITULACI%C3%92N_HIDR%C3%80ULUCA_2016%20(2).pdf)
- Anuario Hidrológico. (2013). *Instituto Nacional de Meterología e Hidrología(51)*. Obtenido de <http://www.serviciometeorologico.gob.ec/wp-content/uploads/anuarios/hidrologicos/Ah%202013.pdf>
- Aparicio, F. J. (1992). *Fundamentos de hidrología de superficies*. Mexico D.F: (C. V. G. NORIEGA, Ed.) (L1MUSA, S. ed.).

- Ardila Baquero, S. (2020). *Proyecto de Investigación regionalización de curvas IDF en el noroccidente del meta*. Obtenido de <https://repository.usta.edu.co/bitstream/handle/11634/21721/2020santiagoardila1.pdf?sequence=15>
- Arganis, M., Carrizosa, E., Domínguez, R., Mendoza, R., & Rojas, J. (2019). *Análisis de Estaciones Climatológicas e Hidrométricas de la Presa Cointzio*. Obtenido de [http://www.iiiisci.org/journal/CV\\$/risci/pdfs/CA340QV19.pdf](http://www.iiiisci.org/journal/CV$/risci/pdfs/CA340QV19.pdf)
- Arteaga&Corella. (2018). *Generación de Curvas, intensidad, duración, frecuencia a partir de la lluvia máxima en 24 horas de la cuencia del río Chone*. Chone.
- Arteaga, M., Cadena, J., Guachamín, W., & Garcia, F. (2015). *Determinación de ecuaciones para el calculo de intencidades máximas en precipitaciones* . Obtenido de Instituto nacional de hidrología y meteorología : http://www.serviciometeorologico.gob.ec/Publicaciones/Hidrologia/ESTUDIO_DE_INTENSIDADES_V_FINAL.pdf
- Belda, F., Caselles, V., & Moncho, R. (10 de Julio de 2018). *Estudio climatico del exponente “n” de las curvas IDF: ‘aplicacion para la Pen’insula Ib ‘erica*. Obtenido de Revista del tiempo y el clima del Mediterraneo occidental: <https://repositorio.aemet.es/bitstream/20.500.11765/12353/1/6tethys-01-cas.pdf>
- Casas, C., Navarro, J., Redaño, A., Pouget, L., Ribalaygua, J., Rodrguez, R., & Russo, B. (06 de Mayo de 2013). *Influence of climate change on IDF curves for the metropolitan area of Barcelona (Spain)*. Obtenido de international journal of climatology: <https://rmets.onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1002/joc.3712>
- Cejalvo, A., & Tamborero, J. (1992). *Distribución Log Normal*. Obtenido de Ministerio de Trabajo y Asuntos sociales España:

https://www.insst.es/documents/94886/326962/ntp_418.pdf/6d691f1b-0e27-4236-a0ce-63766f0cdf5d

Cortés, E. M. (2018). *Dinamica y relaciones entre los actores de Jama y Pedernales alrededor del acceso de agua, en un contextos de inequidades preexistentes, desastre (terremoto de abril 2016) y cambios ambientales*. Obtenido de Revista de la Universidad Andina Simón Bolívar: <https://repositorio.uasb.edu.ec/bitstream/10644/6135/1/T2639-MCCNA-Mejia-Dinamicas.pdf>

Empresa publica del agua. (2019). Obtenido de Estudios del proyecto multipropósito Jama: <http://www.empresaagua.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2019/11/Perfil-Estudio-del-Proyecto-Multiproposito-Jama.pdf>

Giler Ormaza, A., Arteaga Zambrano , R., Donoso Lucas, S., & Zaldumbide Peralvo, D. (28 de Marzo de 2020). Manejo sostenible de inundaciones, cuencas hidrográficas y riberas en la provincia de Manabí. *Revista de las Agrociencias*(23). Obtenido de [file:///C:/Users/Usuario/Downloads/1442-146-8481-1-10-20200725%20\(1\).pdf](file:///C:/Users/Usuario/Downloads/1442-146-8481-1-10-20200725%20(1).pdf)

Montesdeoca Delgado , M., & Barcia Rodríguez, K. (2018). *Obtención de curvas IDF a partir de la lluvia máxima en 24 horas de la cuenca del río Portoviejo*.

Olivo, K. (26 de Noviembre de 2018). *Manabí tiene seis cuencas hidrográficas*. Obtenido de Manabí Noticias: <https://manabinoticias.com/manabi-tiene-seis-cuencas-hidrograficas/>

Pértegas Díaz, S., & Pita Fernandez, S. (10 de Diciembre de 2001). *La distribución normal*. Obtenido de Investigación de la distribución normal: https://d1wqtxts1xzle7.cloudfront.net/56695193/_0_CurvaNormal_Pita_1_1.pdf?1527721026=&response-content-disposition=inline%3B+filename%3DInvestigacion_La_distribucion_normal_La.pdf&Expires=1611286705&Signature=Da--MjLXmy~aZUY8ujjz5Cr6~9qtx5C8-YYee46skLsb

- Pourrut, P. (1995). *Clima, precipitaciones, Escorrentía*. Obtenido de El agua en el Ecuador:
[https://horizon.documentation.ird.fr/exl-
 doc/pleins_textes/pleins_textes_7/divers2/010014823.pdf](https://horizon.documentation.ird.fr/exl-doc/pleins_textes/pleins_textes_7/divers2/010014823.pdf)
- Rojas Morales, N. (2011). *Curvas de Intensidad Duración y Frecuencia de algunas estaciones
 meterológicas mecánicas* . Obtenido de Departamento de Climatología e
 Investigaciones aplicadas :
http://www.mag.go.cr/informacion/curso_agua_pluvial/cidf_mecanicas.pdf
- Serrano, D. E. (Octubre de 2018). *Evaluación y análisis de la intensidad de lluvia de diseño
 influenciada por oscilaciones decadales de precipitación mediante la determinación de
 una metodología de cálculo para la cuenca del río Paute* . Obtenido de Revista de la
 Universidad de Cuenca:
<http://dspace.ucuenca.edu.ec/bitstream/123456789/31528/3/TesisGuerreroCoronel.pdf>
- Vaca Vera, J. (Febrero de 2020). ELABORACIÓN DE CURVAS INTENSIDAD –
 DURACIÓN – FRECUENCIA A PARTIR DE LA LLUVIA MÁXIMA EN 24
 HORAS EN LA CUENCA DEL RÍO JIPIJAPA. Chone.

8. Anexos

Ilustración 14. Datos de pluviosidad máxima proporcionados por el INAMHI de la estación Jama

INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGÍA E HIDROLOGÍA														
Precipitación Total Mensual (mm)							08/11/2019							
SERIES MENSUALES DE DATOS METEOROLÓGICOS														
NOMBRE: JAMA							CODIGO: PM167							
PERIODO: 1980 - 2019 LATITUD: 06 11' 49" S							LONGITUD: 88 15' 53" W ELEVACION: 46.00							
AÑOS	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	SUMA	MEDIA
1963	93.2	38.1	234.9	6.1	12.0	3.5	8.7	1.9	1.9	3.9	1.6	53.6	459.4	38.2
1964	133.6	68.8	369.0	86.9	10.9	6.9	11.5	4.4	8.9	13.8	5.9	8.3	728.9	60.7
1965	85.6	138.9	327.1	193.8	45.8	53.1	39.0	11.7	11.7	17.9	11.2	6.3	942.1	78.5
1966	167.1	66.1	315.1	24.9	112.4	13.5	8.7	14.7	33.9	14.8	10.0	23.2	804.4	67.0
1967	156.0	237.4	27.4	83.6	93.2	8.9	9.2	5.8	5.4	2.3	1.5	7.0	637.7	53.1
1968	123.0	90.3	122.1	19.9	10.8	31.0	1.4	8.4	12.7	4.7	14.6	7.5	446.4	37.2
1969	99.2	41.8	178.6	47.8	95.6	52.2	19.8	5.4	9.1	0.4	17.2	5.0	572.1	47.6
1970	140.2	126.8	147.0	436.1	135.2	30.8	15.4	15.5	15.4	10.7	3.5	7.7	1084.3	90.3
1971	102.9	250.3	457.2	33.4	5.2	34.4	18.1	9.3	17.2	13.8	1.7	19.5	963.0	80.2
1972	66.5	339.0	361.7	189.4	28.8	86.9	37.4	15.3	7.1	16.6	4.9	47.5	1201.1	100.0
1973	363.9	249.3	124.9	172.1			32.9	17.4	29.1					
1974	23.1	68.4	3.3	11.3	0.0	0.0		0.0	0.0	0.0	7.2	34.2		
1977							7.7	3.4	3.3	0.0	0.0	3.7		
1978	222.8	128.9	141.7	25.5	12.0	4.0	0.5	0.0	0.0	2.0	9.3	3.5	550.2	45.8
1979	187.5	113.3	41.6	32.8	2.9	26.2	0.0	5.9	22.2	10.7	0.4	1.1	364.6	30.3
1980	116.1	232.6	126.3	93.1	23.0	9.3	0.1	1.7	0.0	5.4	4.5	2.1	614.2	51.1
1981	56.9	245.2	69.7	67.9	0.0	2.7	3.3	1.2	4.2	26.0	4.3	15.5	496.9	41.4
1982	47.3	56.4	16.8	38.2	25.2	8.5	0.0	0.0	5.6	27.4	134.7	71.2	431.3	35.9
1983	435.5	282.0	255.2	275.9	356.6	429.7	274.8	12.1	34.3	2.4	1.4	91.4	2451.3	204.2
1984	61.0	136.5	157.6	58.7	3.4	9.3	1.1	1.4	1.2	3.2	9.3	134.9	577.6	48.1
1985	66.3	73.3	67.0	5.1	58.4	56.1	1.3	8.4	0.5	0.6	0.3	65.3	402.6	33.5
1986	445.9	8.2	38.9	70.5	3.6			1.9	1.1	1.2	1.2	14.4		
1987	123.5	295.0	129.8	176.0										
1988	131.8	90.2		47.1	43.1	3.5	2.4	1.0	5.6	3.4	4.4	8.3		
1989	159.9	178.5	75.4	112.4	22.5	1.0	48.9	0.2	0.6	0.0	0.1	0.0	591.5	49.2
1990	92.6	248.0	34.5	38.4	4.0	3.6	6.9	0.0	0.0	5.6	6.5	3.0	443.1	36.9
1991	43.5	264.0	169.3	38.5	5.1	25.0	2.6	0.0	0.2	1.0	96.4	0.3	645.9	53.8
1992	78.2	151.8	187.9	264.7	181.3	9.5	4.7	0.9	1.4	0.1	1.2	16.2	897.9	74.8
1993	109.9		79.6	27.4	4.0	9.1	25.6	0.0	0.2	14.8	0.0	10.4		
1994	49.1	256.8	50.8	78.6	30.2	15.5	0.0	0.6	0.0	4.1	0.0	76.4	562.1	46.8
1995	145.5	248.5	11.5	105.5	27.7		10.2	1.1	0.0	0.0	0.2	9.0		
1996	30.4	167.2	127.4	56.6	8.7	0.1	6.7	0.0	0.2	0.0	0.0	0.0	397.3	33.1
1997	80.9		96.0	30.5	14.5	82.6	31.2	21.4	19.3	22.6	220.5	351.1		
1998	409.2	426.9	481.3	322.2	347.6	124.3	47.9	0.0	55.5	11.0	13.0	0.0	2238.9	186.5
1999	23.1	428.9	141.2	124.5	80.6	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	9.5	22.9	830.7	69.2
2000	10.6		38.9	41.6	14.3	8.1	0.0	0.5	0.0	0.0	0.3	35.0		
2001	193.7	98.2	85.7	209.1	24.6	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.7	3.5	615.5	51.2
2002	73.8	346.6	394.7	164.5	52.1	86.2	0.0	0.0	21.4	0.0	17.5	49.9	1206.7	100.5
2003	115.4	157.1	77.0	113.9	8.2		0.9	0.5	0.0	3.5	2.3	16.8		
2004	12.1	49.6	49.8	3.0		0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0		
2005	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0									
2007						46.1					4.2	9.6		
2009	123.7	167.1	77.4	34.8	9.7	0.0	4.6	3.5	3.5					
2010	143.3	203.2	248.1	101.5	52.1	10.5	6.8	2.1	1.1	1.3		168.9		
2011	77.6	109.4		39.2	4.2	7.8	22.3	1.0	0.5	2.5	0.0	10.2		
2012	375.0	430.9				3.0	0.0	0.0	0.0	2.1	0.0	6.6		
2013	303.0					6.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0			
2014	132.0	22.0	108.2	64.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0					
suma	6151.4	7323.5	6247.6	4167.1	1969.5	1308.9	712.6	178.6	334.3	249.8	621.5	1421.0	30685.8	2557.1
media	133.7	174.3	148.7	94.7	48.0	31.9	16.5	4.0	7.4	5.9	14.7	33.8	714.1	59.5
minima	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0		0.0
maxima	445.9	430.9	481.3	436.1	356.6	429.7	274.8	21.4	55.5	27.4	220.5	351.1		481.3

Ilustración 15. Datos de pluviosidad máxima proporcionados por el INAMHI de la estación San Isidro

INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGIA E HIDROLOGIA														
Precipitación Total Mensual (mm)										08/11/2019				
SERIES MENSUALES DE DATOS METEOROLOGICOS														
NOMBRE: SAN ISIDRO-MANABI					CODIGO: MM46									
PERIODO: 1900 - 2019 LATITUD: 08 22' 34" S					LONGITUD: 80 11' 1" W			ELEVACION: 130.00						
AÑOS	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	SUMA	MEDIA
1963										4.0	0.0	0.0		
1964									0.3	8.3	4.4	6.9		
1965	45.1	182.2	292.3	104.3	116.5	66.5	73.5	8.7	4.5	24.5	7.0	23.0	1026.9	85.5
1966	197.1	84.5	300.7	70.6	72.5	9.6	6.0	15.8	10.4	3.7	0.1	14.3	873.3	72.7
1967	291.7	342.2	65.9	69.0	85.8	6.5	3.6	1.0	5.7	8.5	0.0	3.1	883.0	73.5
1968	94.7	97.4	94.6	80.0	15.7	8.1	0.7	0.0	0.0	0.0	10.0	3.9	405.1	33.7
1969	123.5	43.7	135.2	120.8	140.6	61.2	26.2	0.0	2.0	0.0	10.3	8.4	671.9	55.9
1970	118.8	82.4	223.4	307.6	61.3	23.2	4.5	3.8	11.2	22.1	14.4	23.0	895.7	74.6
1971	60.9	165.6	344.5	55.1	11.4	25.3	16.7	8.2	4.1	13.2	0.0	10.5	715.5	59.6
1972	60.7	279.2	298.4	95.1	40.6	221.9	13.9	13.7	2.9	24.1	5.5	43.4	1099.4	91.6
1973	216.1	135.9	104.3	73.1	73.1	6.5	20.9	4.3	7.0	0.0	0.0	2.8		
1974	75.2	63.1	30.4	156.6	10.2	9.3	6.9	1.0	7.7	2.5	0.8	99.7	463.4	38.6
1975	374.2	157.0	282.9	208.2		14.9	12.4	10.7	1.0	0.5	4.0	18.2		
1976	253.4	234.0	124.5	160.4	81.8	57.5	15.2	9.3	3.1	0.0	5.9	46.4	991.5	82.6
1977	242.3	337.1	482.0	68.3	16.7	16.4	4.1	0.4	13.1	0.5	0.0	14.5	1195.4	99.6
1978	185.7	46.0	118.5	33.6	35.2	3.1	0.6	0.5	5.5	19.3	6.3	14.6	468.9	39.0
1979	172.6	159.6	29.0	76.2	10.7	54.9	0.0	2.0	37.9	0.5	0.2	0.2	544.6	45.3
1980	53.1	93.3	100.0	65.2	15.0	0.7	0.9	1.4	0.0	6.2	26.0	10.5	373.9	31.1
1981	28.4	39.0	213.2	131.3	8.5	4.3	0.1	4.6	0.0	1.2	2.4	44.0	469.0	39.0
1982	83.6	57.5	156.1	174.8	14.2	2.1	0.0	0.0	0.0	39.5	32.2	63.1	623.9	51.9
1983	242.0	237.6	248.3	337.3	458.3	219.6	260.3	32.6	60.0	2.7	9.5			
1984	3.2	258.7	172.7	88.2	6.7	7.1	0.9	2.0	4.0	10.8	0.0	162.2	716.5	59.7
1985	184.0	183.0	183.0	53.5	73.8	16.7	0.6		0.0	1.1		69.7		
1986	333.5	69.0	77.0	75.9	9.9	0.0	0.0	0.0	1.0	5.3		2.2		
1987	79.8			181.5	63.5	9.5	0.8	18.2	4.0	0.5	0.1	43.5		
1988	102.0	135.2	52.9	123.4	87.7	2.0	0.2	2.5	1.7	0.2	5.2	3.8	516.8	43.0
1989	220.2	222.9	71.0	83.9	63.3	4.8	6.3	0.0	5.2	7.5	0.3	6.4	691.8	57.6
1990	86.1	92.2	144.5	131.3	23.6	21.4	5.5	0.0	0.0		0.0			
1991	70.6	236.0	91.4	92.7	13.6	13.0	0.8	5.1	0.8	0.0	8.3	36.3	568.6	47.3
1992	53.1	162.6	185.1	289.6	211.5	20.6	0.0	0.0		1.5	1.0			
1993	182.3	171.8	245.3	148.8								7.9		
1994	115.6	213.7	122.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	34.5	486.3	40.5
1995	107.0	132.4	12.1	54.2	14.8	3.6				1.2		0.8		
1996	27.4	155.4	121.3	80.6				4.0				3.3		
1997	68.5	145.2	118.3	142.9	139.3	64.2	61.8	64.8	25.1	41.5	205.8	305.3	1382.7	115.2
1998	160.6	189.2	576.4	329.1	234.3	26.2	37.7		13.4	0.0	4.0	2.5		
1999	32.8	270.0		88.5	87.7				1.1	4.5	3.2	21.3		
2000	59.6	60.5	74.6	83.0	37.5	15.0	0.0	0.0	4.0	0.0	0.0	70.0	404.2	33.6
2001	76.7	33.3	229.0		8.7	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0		
2002	34.2	285.9			108.1	17.6	1.7	0.0	0.0	8.4	10.0	31.4		
2003	115.0		94.8	142.2				0.9	0.3	118.0	31.0			
2004			111.0	54.5								20.0		
2005	116.9	170.9	69.5	218.0	0.0	0.0	0.0	0.0	2.0			8.3		
2006										0.0	18.6	6.8		
2007	116.1	135.7	160.1	180.7	58.3	20.7								
2008		203.8	143.2	143.0	45.7	39.4	16.2	28.4	4.9	2.5	3.7	0.2		
2009	186.3													
2010										0.0		104.3		
2011	256.3	282.4	109.6	78.1	0.0				0.0	0.0	0.0			
2012							0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	16.5		
2013	487.1	171.3	236.1	47.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	11.5			
2014	235.1	325.5		156.3	68.0	0.0	0.0							
suma	6349.1	7008.0	7157.2	5573.6	2616.9	1093.4	598.6	243.9	243.9	384.3	442.5	1408.5	33119.9	2759.9
media	141.0	166.8	170.4	126.6	63.8	27.3	15.3	6.4	5.9	8.7	10.7	32.7	776.1	64.6
minima	3.2	33.3	12.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0		0.0
maxima	487.1	342.2	576.4	337.3	458.3	221.9	260.3	64.8	60.0	118.0	205.8	305.3		576.4

Ilustración 16 Datos de pluviosidad máxima proporcionados por el INAMHI de la estación Boyacá

INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGIA E HIDROLOGIA														
Precipitación Total Mensual (mm)										08/11/2019				
SERIES MENSUALES DE DATOS METEOROLOGICOS														
NOMBRE: BOYACA										CODIGO: M0163				
PERIODO: 1900 - 2019 LATITUD: 06 34' 14.5" S										LONGITUD: 80G 10' 41.5" W ELEVACION: 70.00				
AÑOS	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	SUMA	MEDIA
1964									2.6	8.5	8.0	0.8		
1965	113.6	143.6	256.8	215.6	69.5	41.4	22.7	13.6	15.6	23.3	11.1	16.2	943.0	78.5
1966	160.3	172.4	274.2	93.1	49.0	18.8	12.6	22.6	10.3	23.0	4.9	18.7	859.9	71.6
1967	219.4	283.3	43.9	41.5	101.3	9.2	9.9	5.0	11.5	5.0	0.0	3.3	733.3	61.1
1968	114.1	290.2	78.7	101.2	4.0	31.2	0.7	4.6	4.2	5.3	0.0	4.7	638.9	53.2
1969	67.2	37.3	222.1	135.2	90.8	49.4	19.7	3.8	2.3	1.5	17.3	13.7	660.3	55.0
1970	150.1	80.6	194.2	353.6	71.2	13.0	12.5	4.7	16.9	16.5	10.4	15.1	947.6	78.9
1971	53.4	218.4	280.8	24.3	5.8	46.0	8.8	5.7	9.2	25.7	0.0	12.0	690.1	57.5
1972	61.3	224.7	217.5	120.8	23.9	172.3	28.4	14.5	25.5	6.6	6.2	71.4	973.1	81.0
1973	252.4	177.9	210.6	127.8	106.0	17.4	21.0	12.2	10.8	11.2	3.6	6.1	957.0	79.7
1974	99.0	281.4	77.6	95.3	23.1	8.9	7.8	2.3	10.4	6.9	5.0	46.4	664.1	55.3
1975	375.6	412.8	346.8	121.4	8.2	10.3	25.0	7.0	4.5	3.2	6.4	27.4	1348.6	112.3
1976	341.6	129.7	135.3	122.7	89.1	44.3	8.2	8.6	6.4	0.0	5.0	21.4	912.3	76.0
1977	191.2	266.8	214.6	122.6	1.3	130.3	28.4	9.7	32.9	36.5	0.3	7.6	1042.2	86.8
1978	166.8	171.7	104.7	28.5	13.7	1.1	8.9	4.1	23.4	41.7	1.5	31.6	597.7	49.8
1979	106.0	167.8	64.0	53.7	10.2	25.3	1.3	10.2	19.1	8.2	2.5	35.0	503.3	41.9
1980	77.0	161.8	214.7	64.3	60.2	9.1	1.9	5.6	0.6	9.8	9.7	11.0	625.7	52.1
1981	114.4	367.4	230.1	120.3	0.2	2.5	18.8	23.8	75.3	5.2	4.6	32.6	995.2	82.9
1982	90.1	41.6	203.0	60.8	25.8	11.3	1.9	0.0	4.4	71.1	132.2	106.2	748.4	62.3
1983	244.6	208.2	425.4	391.1	441.3	162.0	246.2	73.6	86.0	12.1	18.1	26.8	2335.4	194.6
1984	4.5	111.8	63.0	118.4	13.2	46.5	13.3	4.1	10.8	6.8	3.8	179.6	576.6	48.0
1985	118.8	163.9		32.6	43.7	7.4	4.7	10.3						
1986		50.9	65.4	82.3	1.7	0.3	0.6	1.1				2.9		
1987	55.3	331.2	227.4	117.9	221.4	1.2	3.1	42.8	5.4	31.3	0.0	5.8	1042.8	86.9
1988	146.2	134.8		88.6	13.8	2.0	0.0	1.0	38.9					
1990	57.3	104.1	118.6	148.2	5.1	18.1	2.9		4.4	4.6		6.6		
1991	111.1	133.4	57.8	81.5	19.2									
1994	0.0	0.0	0.0	115.9	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	115.9	9.6
1997				469.1	193.1	72.8	181.2	0.2	274.3	340.5	761.7	1213.4		
1998	1991.4	1685.7	1673.9	593.0	19.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	5963.0	496.9
1999	0.0	1320.0	750.0	830.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	40.5	0.0	0.0	2940.5	245.0
2000	40.0				0.0	0.0	0.0	0.0	0.0					
2002								7.5	11.3	22.8	7.5			
2003		335.7	89.8	15.7	17.4	12.6	44.9	3.8	5.4	5.4	9.1			
2004			117.7	21.1		11.3	8.7	3.4	18.2	19.3		12.9		
2005	112.2	119.4					3.2	0.2		3.1	12.0	14.3		
2006	70.6	203.7	239.0	83.0	53.5	3.2	0.0	72.7	10.2	0.0	7.5	23.1	766.5	63.8
2007	137.9	103.6	247.8	268.1	42.5	22.7	9.6	0.0	2.0	3.0		43.5		
2008	296.0	236.9	259.7	85.6	7.1				9.3					
2009										2.5	1.0	15.2		
2010	134.1	117.2	40.0	63.8	32.5	11.8	54.8	38.4	8.2	8.3	6.2	61.1	576.4	48.0
2011	83.9	114.2			8.6	15.0	27.2	4.0	0.0	20.0	0.0	20.2		
2012	253.8	485.4	237.2	138.5	154.3	4.5	26.0	0.2		0.0	4.6	8.4		
2013	96.4	39.0	32.9	132.5	9.9	1.2	3.2	7.1	1.0	4.5	0.2	24.5	352.4	29.3
2014	251.3	119.9	51.1	78.4	7.9	17.5	28.2	0.0	20.8	5.4	0.0	1.5	582.0	48.5
2015	111.8	99.7	81.0	10.9	25.6	18.2		0.0						
2016	40.1	84.0	46.0	57.2	0.0									
2017									12.4	26.2	2.7	7.7		
2018	77.3		87.9	40.6	36.1	21.5	5.3							
suma	7196.1	9932.1	8282.0	6066.7	2120.2	1092.4	901.6	428.4	804.5	865.5	1063.1	2148.7	40901.3	3408.4
media	175.5	242.2	212.3	144.4	49.3	26.6	21.9	10.4	19.6	21.6	28.7	55.0	1008.0	84.0
minima	0.0	0.0	0.0	10.9	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0		0.0
maxima	1991.4	1685.7	1673.9	830.0	441.3	172.3	246.2	73.6	274.3	340.5	761.7	1213.4		1991.4

Tabla 4. Datos generales de las curvas IDF de la estación meteorológica de Jama

Duración (minutos)		5	10	15	20	30	60	120	360
Calculado mediante la distribución:		Log normal 3 parámetros - Momentos	Log normal 3 parámetros - Momentos	Log normal 3 parámetros - Momentos	Log normal 3 parámetros - Momentos	Log normal 3 parámetros - Momentos	Log normal 3 parámetros - Momentos	Log normal 3 parámetros - Momentos	Log normal 3 parámetros - Momentos
Error estándar		19,51	15,293	13,565	12,467	11,012	7,92	4,93	2,134
Intensid									
Período de retorno en años	2	221,3	173,4	154,3	142,1	125,2	89,2	55,5	20,6
	5	326,5	255,9	227,6	209,8	184,8	131,6	81,8	32,8
	10	384	301	267,6	246,7	217,3	154,7	96,2	42
	20	432,7	339,2	301,5	278	244,9	174,3	108,4	51,2
	50	489	383,3	340,6	314,3	276,8	196,9	122,4	63,4
	100	527,4	413,5	367,3	339	298,5	212,3	132	72,7
	200	563,1	441,5	392,1	362	318,8	226,6	141	81,9
	500	607,3	476,2	422,8	390,4	343,8	244,4	152	94,1
	1000	639,2	501,2	444,9	410,9	361,9	257,2	160	103,4

Tabla 5. Datos generales de las curvas IDF de la estación meteorológica de Boyacá

Duración (minutos)	5	10	15	20	30	60	120	360	
Calculado mediante la distribución:	Doble Gumbel	Doble Gumbel	Doble Gumbel	Doble Gumbel	Doble Gumbel	Doble Gumbel	Doble Gumbel	Doble Gumbel	
Error estándar	100,505	78,822	70,081	64,589	56,855	40,531	25,207	10,999	
Intensid									
Período de retorno en años	2	174,6	136,8	121,7	112,2	98,8	70,4	43,8	19,1
	5	320,9	251,5	223,6	206,1	181,4	129,3	80,5	35,1
	10	639	500,6	445,1	410,4	361,4	257,3	160,2	70
	20	1021,6	800,6	711,7	656,1	577,8	411,5	256	111,9
	50	1461,9	1146,1	1018,7	939	826,8	589	366,4	160,1
	100	1777,3	1393,6	1238,7	1141,7	1005,3	716,1	445,4	194,6
	200	2086,9	1636,4	1454,3	1340,6	1180,6	840,9	523,1	228,5
	500	2492	1953,6	1736,3	1600,8	1409,4	1004	624,4	272,9
	1000	2798	2194,6	1950,5	1797,4	1581,9	1127,8	701,1	306,3

Tabla 6. Datos generales de las curvas IDF de la estación meteorológica de San isidro

Duración (minutos)	5	10	15	20	30	60	120	360	
Calculado mediante la distribución:	Gumbel Max	Gumbel Max	Gumbel Max	Gumbel Max	Gumbel Max	Gumbel Max	Gumbel Max	Gumbel Max	
Error estándar	14,117	11,098	9,861	9,143	7,986	5,766	3,584	1,574	
Intensi									
Periodo de retorno en años	2	192,9	150,7	134,5	123,8	109	77,2	48,3	21,1
	5	306,2	239,6	213,7	196,7	173,2	118,8	76,7	33,4
	10	381,3	298,5	266,1	245	215,7	146,2	95,6	41,6
	20	453,3	354,9	316,4	291,3	256,4	172,6	113,6	49,5
	50	546,5	428	381,4	351,3	309,1	206,7	137	59,6
	100	616,4	482,8	430,2	396,2	348,7	232,3	154,6	67,2
	200	686	537,3	478,8	440,9	388	257,8	172	74,8
	500	777,8	609,3	542,9	500	440	291,4	195,1	84,9
	1000	847,2	663,7	591,4	544,6	479,2	316,8	212,5	92,4