



*Asesorías y Tutorías para la Investigación Científica en la Educación Puig-Salabarría S.C.  
José María Pino Suárez 400-2 esq a Lerdo de Tejada. Toluca, Estado de México. 7223898478*

RFC: AT1120618V12

**Revista Dilemas Contemporáneos: Educación, Política y Valores.**

<http://www.dilemascontemporaneoseducacionpoliticayvalores.com/>

**Año: VIII**

**Número: Edición Especial.**

**Artículo no.:12**

**Período: Marzo, 2021**

**TÍTULO:** Obtención de curvas de intensidad-duración-frecuencia a partir de distribuciones de probabilidad en la cuenca media del río Chone.

**AUTORES:**

1. Máster. John Enrique Félix Mera.
2. Ing. Jean Pierre Chávez Álava.
3. Ing. María Auxiliadora Muñoz Mendoza.

**RESUMEN:** En el presente artículo se realizaron las Curvas de Intensidad-Duración-Frecuencia (curva IDF) para la cuenca del río Chone a partir de los datos de intensidad máxima anual para duraciones de 5, 10, 15, 20, 30, 60, 120, 360, 1440 minutos; dichos datos se sometieron a funciones de distribuciones probabilísticas de mejor ajuste, determinado por el mínimo error estándar. Los resultados de esta investigación se compararon con la información proporcionada por INAMHI en sus estudios de lluvias intensas de 1999 y 2015.

**PALABRAS CLAVES:** medición hidrológica, Curvas IDF, diseño hidrológico, intensidades.

**TITLE:** Obtaining intensity-duration-frequency curves from probability distributions in the middle basin of the Chone River.

**AUTHORS:**

1. Master. John Enrique Félix Mera.

2. Eng. Jean Pierre Chávez Álava.

3. Eng. María Auxiliadora Muñoz Mendoza.

**ABSTRACT:** In this article, the Intensity-Duration-Frequency curve (IDF curve) for Chone basin were made from the maximum annual intensity data for durations of 5, 10, 15, 20, 30, 60, 120, 360, 1440 minutes. These data were subjected to functions of probabilistic distributions of best fit, determined by the least standar error. The results of this research were compared with the information provided by INAMHI in 1999 and 2015.

**KEY WORDS:** hydrological measurement, IDF curves, hydrological design, intensities.

## **INTRODUCCIÓN.**

El agua es la sustancia más abundante en el planeta Tierra, es la principal fuente de vida y una fuerza modeladora de la superficie terrestre (UNESCO, 2008); por ello, ante la importancia que reviste al agua, la hidrología es la ciencia encargada de proveer una guía para el manejo y la planeación de este recurso; es una materia de gran contribución para el desarrollo y protección del medio ambiente. Sus aplicaciones van desde el estudio del comportamiento del agua hasta la construcción de obras para el desarrollo, tales como: estructuras hidráulicas para el abastecimiento de agua potable, tratamiento y disposición de aguas residuales, navegación, control de inundaciones, irrigación, uso recreacional y protección de la vida terrestre y acuática (Martínez , Fernández, & Salas, 2010). De forma puntual puede definirse como el estudio del ciclo hidrológico, es decir la circulación de forma ininterrumpida del agua entre la Tierra y la atmósfera (Chow, 1994). El estudio de este ciclo nos sirve como una guía para el manejo y el aprovechamiento del agua.

La precipitación es una etapa del ciclo hidrológico que incluye la lluvia, la nieve y otros procesos en los que el agua llega a la superficie terrestre desde la atmósfera (Ministerio de Transporte y Comunicaciones de Perú, 2013); su estudio, es de gran relevancia para la ingeniería hidráulica, pues

constituye un parámetro fundamental en el diseño de proyectos involucrados a eventos de precipitación.

Vázquez, et al. (1987) afirma que uno de los obstáculos que frecuentan en los trabajos relacionados a la hidrología urbana, es la incertidumbre que existe en cualquier estudio sobre saneamiento pluvial; esto radica en la falta de datos sobre intensidades de lluvia para intervalos temporales pequeños de 10 minutos, 5 minutos e inclusive de 1 minuto de concentración, como suelen ser los tiempos de concentración en cuencas urbanas, mismo argumento que comparte (Caffarena, 1988). En general no se dispone de una información exacta de la intensidad de precipitación, esto se origina en parte a las dificultades que suelen presentarse en un estudio climatológico de cualquier índole (periodo insuficiente de datos, falta de homogeneidad en estos, escasez de instrumentos precisos en la toma de datos, etc.).

En 2015, el Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología (INAMHI) consciente de que es necesario efectuar estudios de base para el diseño de obras hidráulicas como: drenaje vial (puentes, alcantarillas, cunetas, sumideros, resaltos, etc.) considero oportuno y necesario actualizar el anterior estudio de intensidades que se elaboró en el año 1999 (Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología, 2019).

De esta manera se establece como Objetivo General: Generar curvas de intensidad- duración- frecuencia para la selección de tormentas de diseño en la cuenca media del río Chone y como objetivos específicos:

- Determinar el área de influencia de estudio mediante la utilización de polígonos de Thiessen.
- Elaborar curvas intensidad- duración- frecuencia para periodos de retorno seleccionados con la información recolectada.
- Comparar los resultados de la investigación con la ecuación de intensidad obtenida por el INAMHI.

**DESARROLLO.**

La metodología que se empleó está basada en el Manual de Drenaje para Carreteras del Instituto Nacional de Vías de la República de Colombia, (2009) que a la vez se sustenta en las recomendaciones expuestas por autores como Mintegui et al, (1993) y Chow (1994); La metodología se describe a continuación y se ha aplicado en otras cuencas ecuatorianas con el trabajo de (Acosta, 2013) y (Dorigo, 2013):

1. Definir una estación o estaciones provistas de pluviógrafo, representativas de la cuenca de análisis.
2. Para cada año de registros históricos, seleccionar los aguaceros más intensos.
3. Se selecciona una duración de lluvia específica del aguacero.
4. Lo anterior da como resultado una muestra de datos de intensidad máxima anual para todos los años analizados.
5. La muestra de datos se ajusta a una distribución probabilística conocida (Gumbel y Log-Pearson Tipo III; por ejemplo) y se hacen inferencias estadísticas, calculando los valores de precipitación para los periodos de retorno, por ejemplo, de 2, 5, 10, 20, 50 y 100 años.
6. Se calculan o trazan curvas de mejor ajuste a los datos resultantes anteriores, obteniéndose curvas de intensidad de precipitación para cada uno de los periodos de retorno mencionados y duraciones.

Con esta información es necesario desglosar la metodología utilizada en nuestra investigación de la siguiente manera: Definir una estación o estaciones provistas de pluviógrafo, representativas de la cuenca de análisis.

Al hacer el trabajo de investigación se escogieron las estaciones provistas de pluviógrafo que tienen influencia en la cuenca del río Chone, la única estación es la estación CHONE-U. Católica ubicada según coordenadas UTM en 566794, 9926740.

**Para cada año de registros históricos, seleccionar los aguaceros más intensos.**

El Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología (INAMHI) proporcionó la información de las intensidades máximas anuales hasta el año 2010, posterior a esto se procedió a realizar el levantamiento de las fajas pluviográficas de los años 2011, 2012, 2013, 2014, 2015. 7. (Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología. 2019).

**Se selecciona una duración de lluvia específica del aguacero.**

Se establecen duraciones de 5,10,15,20,30,60,120,360 y 1440 minutos. Lo anterior da como resultado una muestra de datos de intensidad máxima anual para todos los años analizados.

Los datos de intensidades máximas anuales para todos los años de estudios se presentan en más adelante.

La muestra de datos se ajusta a una distribución probabilística conocida (Gumbel y Log-Pearson Tipo III; por ejemplo) y se hacen inferencias estadísticas, calculando los valores de precipitación para los periodos de retorno, por ejemplo, de 2, 5, 10, 20, 50 y 100 años.

Se procedió a someter a los datos (por cada uno de los tiempos de concentración) a un ajuste de distribución probabilística mediante el software estadístico AX.EXE versión 2.0.0.1. (Jimenez, Dominguez, & Cruz, 1997) dice que esta es una herramienta de cálculo que se utiliza para hacer los ajustes de las distribuciones de probabilidad antes mencionadas, el programa ajusta distintas funciones de probabilidad a muestras de datos y calcula el error estándar a cada una de ellas respecto de la muestra. Las funciones de probabilidad que contempla el programa según (Jiménez, Domínguez, & Cruz, 1997) son:

- Normal.

- Log-Normal.
- Gumbel.
- Exponencial.
- Gamma.
- Doble Gumbel.

Posteriormente, estas distribuciones de probabilidad se someten a una prueba de bondad de ajuste, la cual consiste en encontrar el error estándar para cada función, la función de distribución que presento el menor error estándar fue la función escogida para elaborar la gráfica de las curvas IDF, dando como resultado las intensidades en función de los periodos de retorno.

Se calculan o trazan curvas de mejor ajuste a los datos resultantes anteriores, obteniéndose curvas de intensidad de precipitación para cada uno de los periodos de retorno mencionados y duraciones.

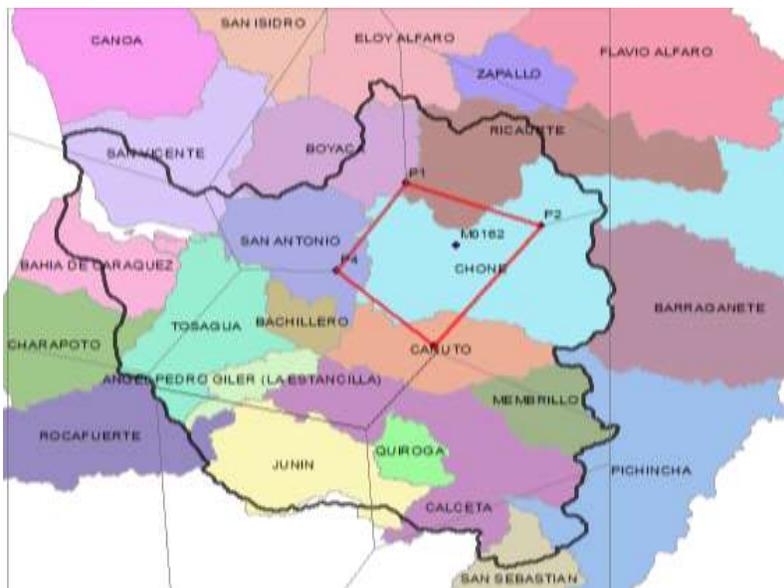
Con los datos expuestos, se procedió a elaborar gráficas de dispersión, para posteriormente someterlos a pruebas de tendencias o regresión, la cual según (Marques Dos Santos, Galindo, & Cervantes, 2007) consiste en modelar las relaciones entre una variable y otra. Estos tipos de regresión suelen según (Departamento de análisis de datos y multivariable, 2013) pueden ser:

- Lineal
- Exponencial
- Logarítmica
- Polinómica
- Potencial

y así obtener la gráfica de las curvas de Intensidad-Duración-Frecuencia indicadas en las figuras correspondientes; además, obtener las ecuaciones de las líneas para comparar nuestra investigación con los resultados arrojados por las ecuaciones en los estudios de intensidades del INAMHI de 1999 y 2015.

## Resultados y Discusiones.

Con lo descrito en el punto 1 de la metodología se procede a realizar los polígonos de Thiessen para delimitar el área de influencia de la estación seleccionada.



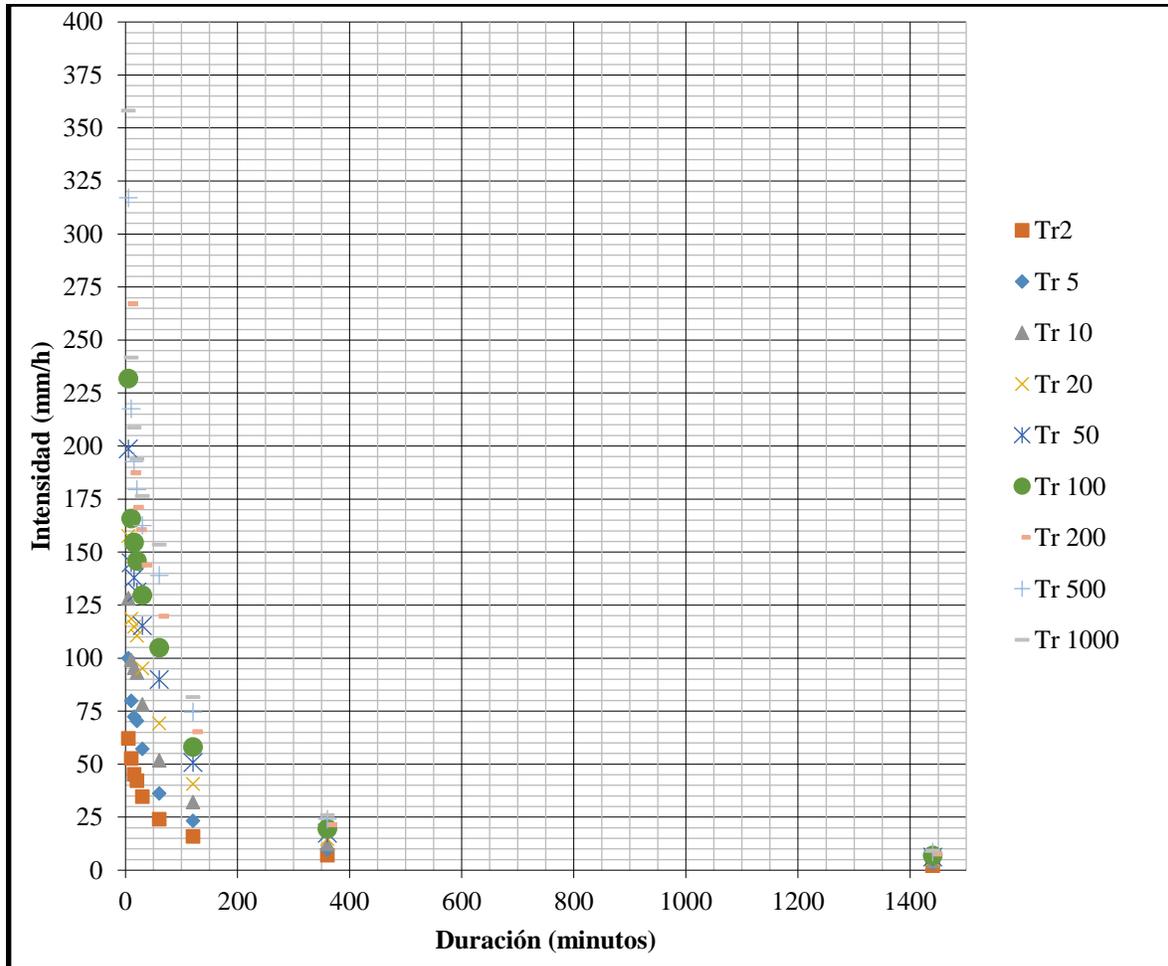
En la cuenca del río Chone con un área total de 2697,67 km<sup>2</sup>, se resaltan el área de influencia de las estaciones con código M0162 con un área de influencia de 270,63 km<sup>2</sup>; la estación también fue establecida por el INAMHI para la elaboración de las ecuaciones de intensidades para la ciudad de Chone en sus estudios de intensidades de 1999 y 2015 su área de influencia se encuentra dividida en las parroquias de Chone, Santa Rita, Ricaurte, Boyacá, San Antonio y Canuto.

Una vez obtenidas las intensidades máximas anuales estas son procesadas en el software AX.EXE tal como se indica en el punto 6, lo que nos da como resultado la siguiente tabla de intensidades en función a un periodo de retorno establecido.

Duración (minutos)	5	10	15	20	30	60	120	360	1440	
Calculado mediante la distribución:	Log normal 2 parámetros - Máxima verosimilitud	Log normal 2 parámetros - Máxima verosimilitud	Doble Gumbel							
Error estándar	7,262	7,685	6,631	5,840	4,809	5,606	2,882	0,801	0,372	
<b>Intensidad de precipitación de diseño (mm/h)</b>										
Periodo de	2	62,1	52,7	45,2	42,2	34,7	24	15,9	7	2,1
	5	100	79,8	72,3	70,4	57,2	36,2	23,3	9,7	3,3

<b>retorno en años</b>	<b>10</b>	128,3	99,1	95,4	93,2	78,1	51,8	32,1	12,3	4,3
	<b>20</b>	157,6	118,5	114,8	110,6	95,2	69,1	40,6	14,7	5,2
	<b>50</b>	198,7	144,9	137,9	131,1	115,2	89,9	50,7	17,4	6,2
	<b>100</b>	231,9	165,8	154,6	145,9	129,7	104,9	58	19,5	6,9
	<b>200</b>	267,1	187,4	171	160,5	143,9	119,7	65,2	21,4	7,6
	<b>500</b>	317,1	217,6	192,6	179,5	162,5	139	74,5	24	8,5
	<b>1000</b>	358,1	241,8	208,7	193,8	176,5	153,5	81,6	26	9,2

Con los datos presentados en la tabla anterior procedemos a procesarlos para generar una gráfica de dispersión para cada uno de los periodos de retorno; lo que nos arroja la siguiente gráfica:



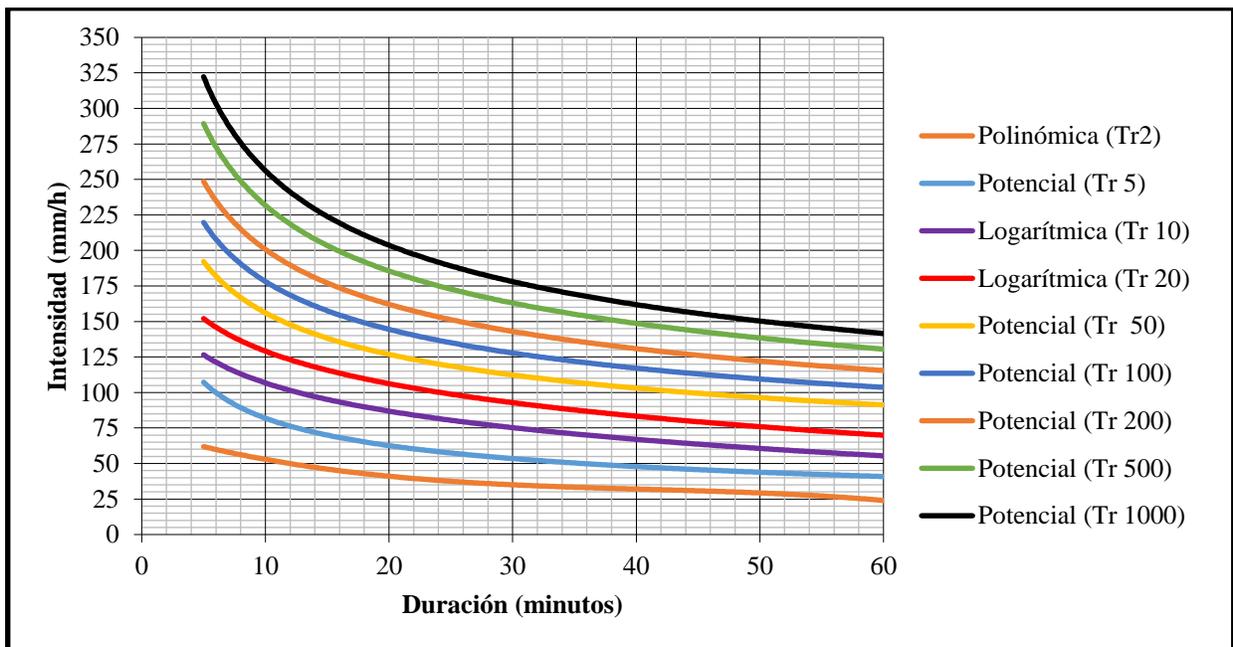
Podemos apreciar una clara diferencia en la dispersión de los datos que se da a partir del minuto 60, en la que los datos pasan de estar dispersos de manera vertical a horizontal; debido a esto se dividió la gráfica en dos partes; la primera abarcara duraciones de precipitación de 5 a <60 minutos; la segunda contiene duraciones de >60 a 1440 minutos, además que se vuelve conveniente en cuestión de apreciación.

Luego los datos previamente mencionados se someten a pruebas de tendencias o regresión, la cual consiste en modelar las relaciones entre una variable y otra. Estos tipos de regresión suelen ser:

- Lineal
- Exponencial
- Logarítmica
- Polinómica
- Potencial

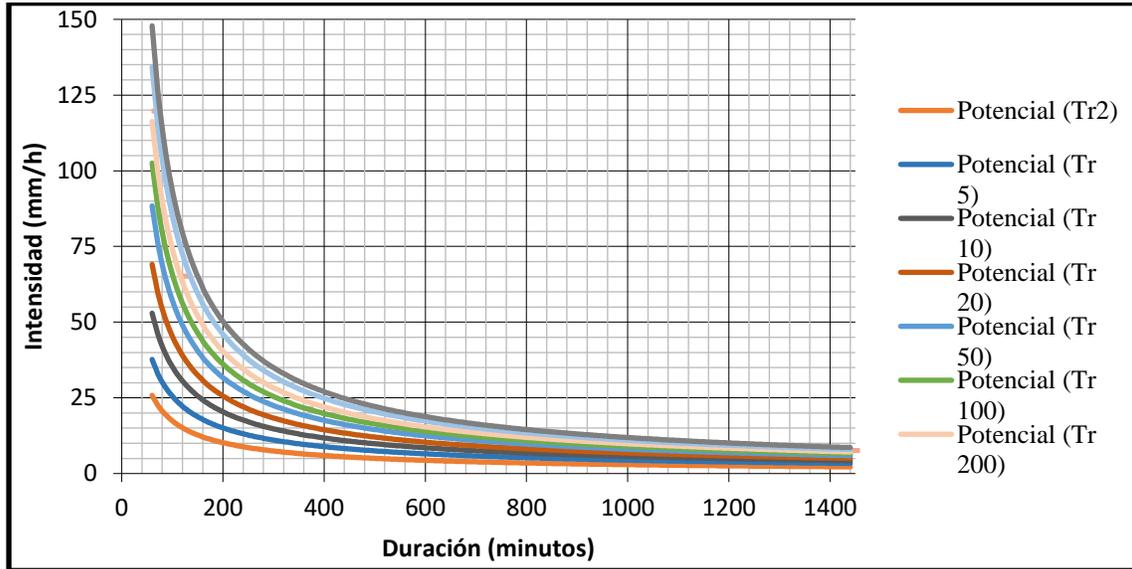
Dándonos como resultado final las siguientes gráficas de las curvas IDF:

**Curvas IDF para duraciones de 5 a <60 minutos.**



En la gráfica anterior se cumple el principio de que a mayor duración de evento hidrológico menor intensidad se presenta, y que a mayores años de período de retorno se presentan eventos de mayores magnitudes.

### Curvas IDF para duraciones de >60 a 1440 minutos.



En esta gráfica se cumple el mismo principio al que se indicó en la figura inicial. Además, se logra constatar que las intensidades a mayores duraciones no presentan grandes variaciones en función a los periodos de retorno.

### Ecuaciones de intensidades.

Para llevar a cabo el proceso de comparación de los resultados se presentan las siguientes ecuaciones, como se indica en el punto 6 de la metodología:

Ecuaciones de intensidades para tiempos de concentración entre 5 a <60 minutos.

Periodo de Retorno (Años)	Duración (Minutos)	Ecuación de Intensidad (Mm/H)
Tr2	5 a <60 min	$y = -0,0005x^3 + 0,0569x^2 - 2,5658x + 73,328$
Tr5	5 a <60 min	$y = 200,32x^{-0,388}$
Tr10	5 a <60 min	$y = -28,64\ln(x) + 172,67$
Tr20	5 a <60 min	$y = -33,05\ln(x) + 205,23$
Tr50	5 a <60 min	$y = 311,3x^{-0,3}$
Tr100	5 a <60 min	$y = 357,49x^{-0,302}$
Tr200	5 a <60 min	$y = 408,43x^{-0,309}$
Tr500	5 a <60 min	$y = 484,41x^{-0,32}$
Tr1000	5 a <60 min	$y = 549,2x^{-0,331}$

Siendo: x= duración en minutos.

Ecuaciones de intensidades para tiempos de concentración entre >60 a 1440 minutos.

Periodo De Retorno (años)	Duración (minutos)	Ecuación de Intensidad (mm/h)
Tr2	>60 a 1440 min	$y = 610,05x^{-0,772}$
Tr5	>60 a 1440 min	$y = 852,32x^{-0,762}$
Tr10	>60 a 1440 min	$y = 1363,6x^{-0,793}$
Tr20	>60 a 1440 min	$y = 2015,2x^{-0,824}$
Tr50	>60 a 1440 min	$y = 2888,1x^{-0,852}$
Tr100	>60 a 1440 min	$y = 3555,4x^{-0,866}$
Tr200	>60 a 1440 min	$y = 4226x^{-0,878}$
Tr500	>60 a 1440 min	$y = 5120x^{-0,889}$
Tr1000	>60 a 1440 min	$y = 5786,6x^{-0,897}$
Siendo x= duración en minutos.		

Ecuaciones de intensidades para la ciudad de Chone según estudio de lluvias intensas del INAMHI

1999.

Duración	Ecuación
5min < 20min	$I=56,507 t^{(-0,2694)} Id$
20min < 1440min	$I=247,71 t^{(-0,7621)} Id$
Siendo: t= tiempo de concentración; Id= coeficientes para periodos de retorno (Tr5=2,94; Tr10=3,18; Tr25= 3,42; Tr50=3,58; Tr100=3,73).	

Ecuaciones de intensidades para la ciudad de Chone según estudio de lluvias intensas del INAMHI

2015.

Intervalos de Tiempo (minutos)	Ecuaciones
5<30	$i=105,1001 * T^{(0,2806)} * t^{(-0,3123)}$
30<120	$i=261,8121 * T^{(0,3179)} * t^{(-0,6055)}$
120<1440	$i=705,4143 * T^{(0,2716)} * t^{(-0,7985)}$
Siendo: T= periodo de retorno; t= tiempo de concentración	

Aplicando las ecuaciones antes indicadas generamos el siguiente cuadro comparativo:

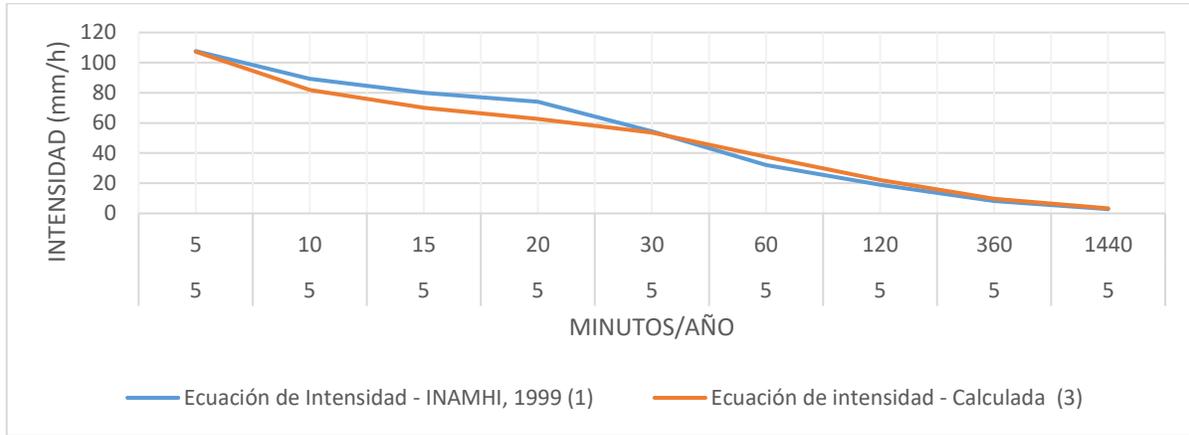
Comparación de los estudios de lluvias del INAMHI de 1999, 2015 y la presente investigación:

Tr (período de retorno en años)	Duración (minutos)	Intensidad (mm/h) calculada mediante:			Variación de valores (1-3) mm/h	Variación de valores (2-3) mm/h
		Ecuación de Intensidad - INAMHI, 1999 (1)	Ecuación de Intensidad - INAMHI, 2015 (2)	Ecuación de intensidad - CALCULADA (3)		
5	5	107,68	99,87	107,28	0,40	-7,41
5	10	89,34	80,43	81,98	7,36	-1,55
5	15	80,10	70,87	70,05	10,05	0,82
5	20	74,12	64,78	62,65	11,47	2,13
5	30	54,52	55,69	53,53	0,99	2,16
5	60	32,15	36,60	37,64	-5,49	-1,04
5	120	18,96	24,06	22,20	-3,24	1,86
5	360	8,21	9,93	9,61	-1,40	0,32
5	1440	2,85	3,28	3,34	-0,49	-0,06
10	5	116,47	121,32	126,58	-10,10	-5,26
10	10	96,63	97,70	106,72	-10,09	-9,02
10	15	86,63	86,08	95,11	-8,48	-9,03
10	20	80,17	78,68	86,87	-6,70	-8,19
10	30	58,97	69,42	75,26	-16,29	-5,84
10	60	34,77	45,63	53,04	-18,27	-7,41
10	120	20,50	29,99	30,61	-10,11	-0,62
10	360	8,88	11,99	12,81	-3,93	-0,82
10	1440	3,09	3,96	4,27	-1,18	-0,30
50	5	101,88	190,57	192,08	-90,20	-1,52
50	10	104,47	153,47	156,02	-51,55	-2,55
50	15	88,87	135,22	138,15	-49,29	-2,93
50	20	79,23	123,60	126,73	-47,50	-3,13
50	30	89,76	115,80	112,21	-22,45	3,58
50	60	52,92	76,11	88,23	-35,31	-12,13
50	120	31,21	50,02	48,88	-17,68	1,14
50	360	13,51	18,56	19,17	-5,66	-0,61
50	1440	4,70	6,14	5,88	-1,19	0,25
100	5	136,62	231,48	219,87	-83,26	11,61
100	10	113,35	186,42	178,35	-65,00	8,08
100	15	101,62	164,25	157,79	-56,17	6,46
100	20	94,04	150,14	144,66	-50,62	5,48
100	30	69,17	144,34	186,94	-117,77	-42,60
100	60	40,79	94,87	102,57	-61,78	-7,70
100	120	24,05	62,35	56,28	-32,23	6,08
100	360	10,41	22,41	21,73	-11,32	0,68
100	1440	3,62	7,41	6,54	-2,92	0,87

Cabe recalcar que en los estudios del INAMHI solo presentan ecuaciones para los periodos de retornos de 5, 10, 50, y 100 años. A continuación, se realiza un análisis de los resultados.

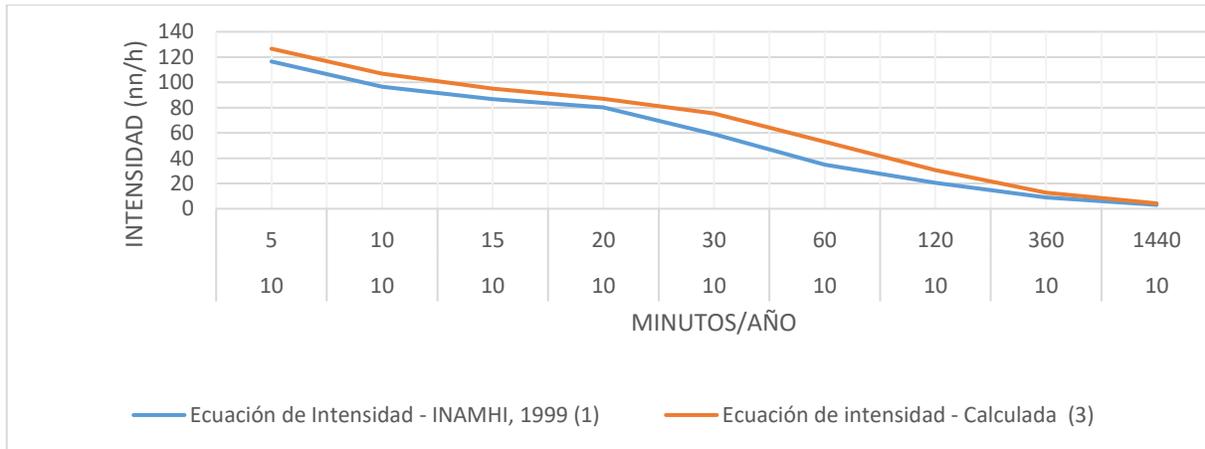
Comparación entre Estudio de Lluvias Intensas del INAMHI 1999 – Presente investigación.

Periodo de retorno 5 años.



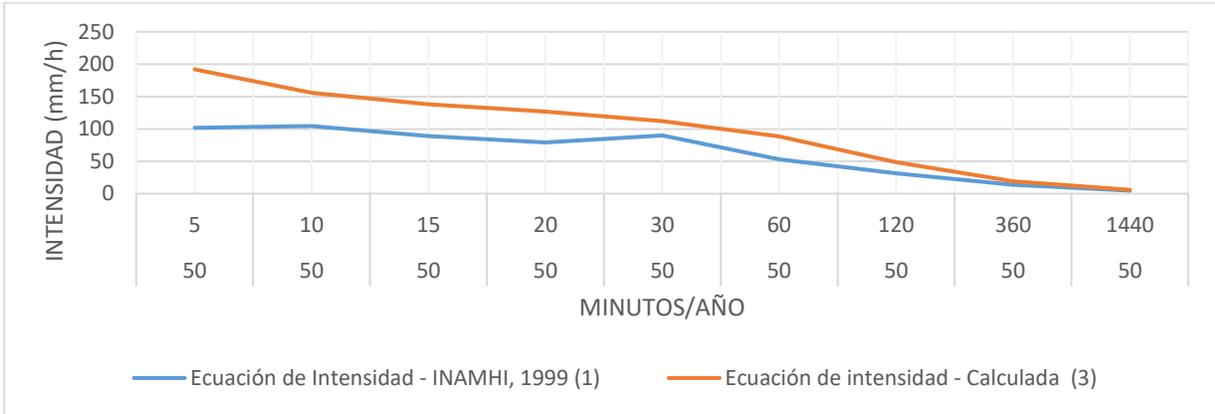
Para periodos de retorno de 5 años la ecuación proporcionada por el INAMHI nos arroja intensidades superiores a las obtenidas en la presente investigación con una variación máxima de 11.47 mm/h en 20 minutos de concentración; a partir de duraciones mayores a 30 minutos se presenta un cambio, en el que los valores de la ecuación del INAMHI son inferiores a los de nuestra investigación. Pasando duraciones mayores a 120 minutos los valores de ambos estudios van presentando mayor igualdad con variaciones por debajo de los 3 mm/h.

Periodo de retorno 10 años.



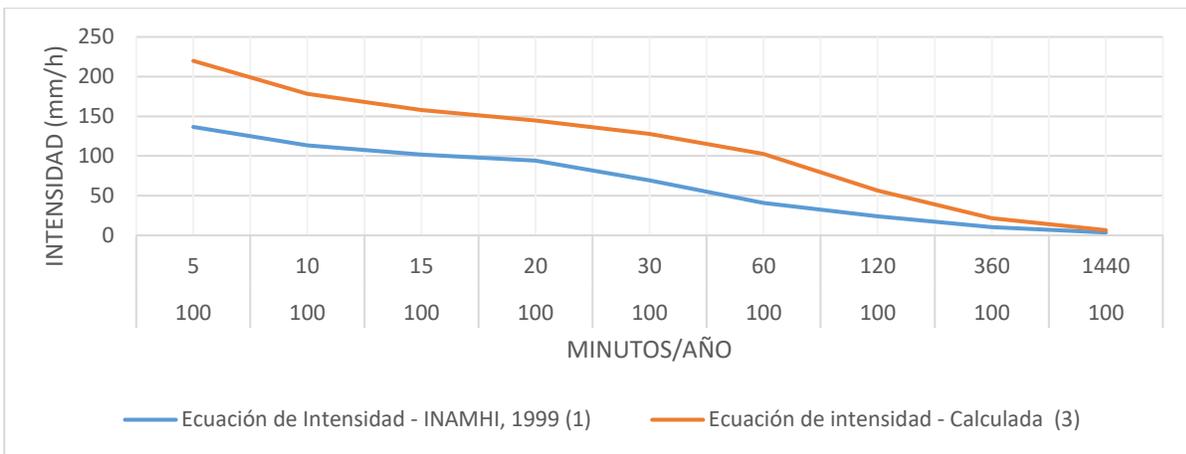
En periodos de retornos de 10 años, todas las intensidades obtenidas en la presente investigación están por encima de las que se obtienen en el estudio del INAMHI, presentando una variación máxima de 18.27 mm/h a los 60 minutos de concentración.

Periodo de retorno 50 años.



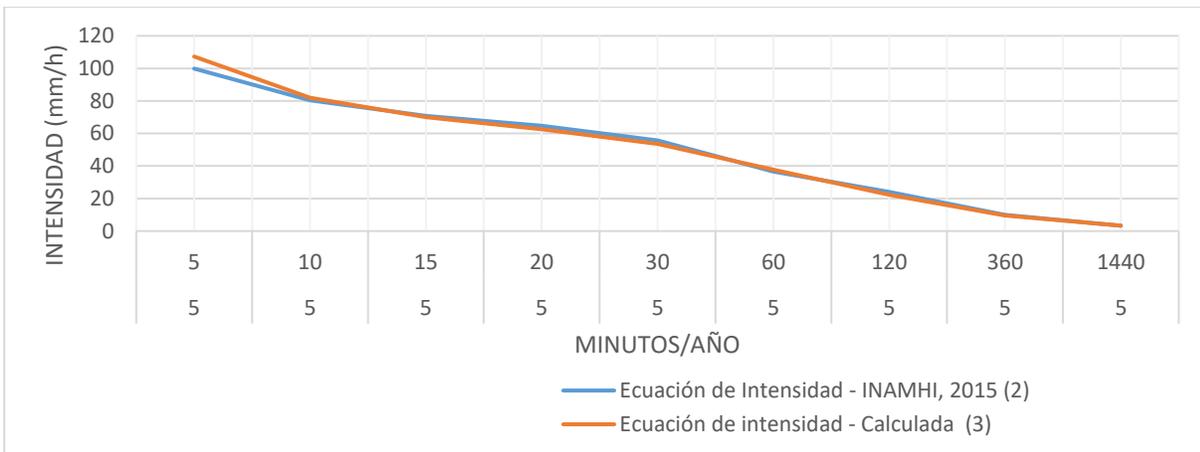
En periodos de retornos de 50 años todas las intensidades obtenidas en la presente investigación están por encima de las que se obtienen en el estudio del INAMHI, presentando grandes variaciones que van hasta los 90.20 mm/h en tiempos de concentración de 5 minutos. En la gráfica del INAMHI se nota un aumento en la intensidad en tiempo de concentración de 30 minutos.

Periodo de retorno 100 años.



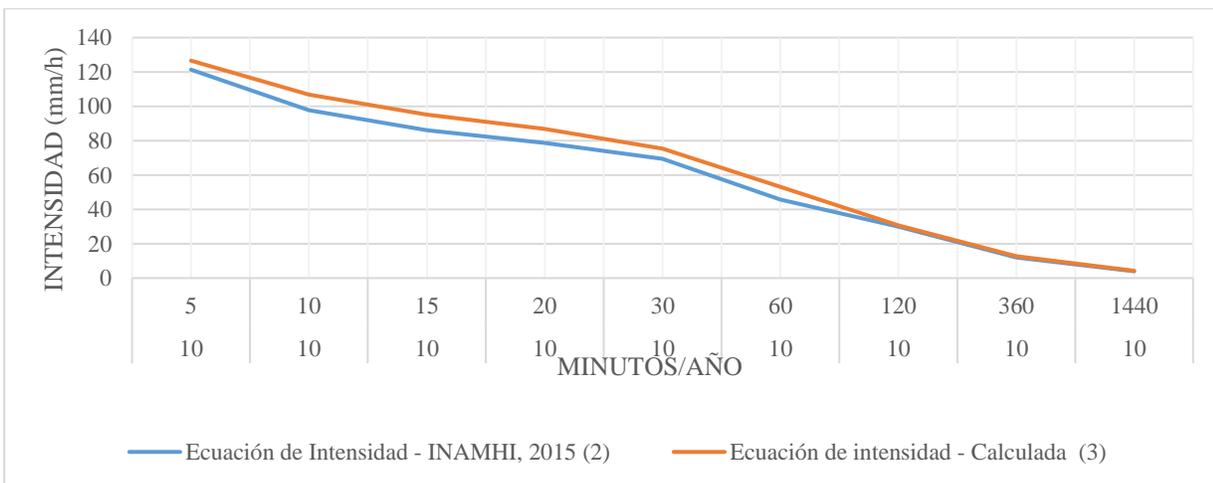
En periodo de retornes de 100 años las intensidades de la presente investigación están por encima de las del estudio del INAMHI, presentado variaciones de hasta 83.26mm/h en tiempos de concentración de 5 minutos.

Comparación Estudio de Lluvias Intensas INAMHI 2015 – Esta investigación. Periodo de retorno 5 años.



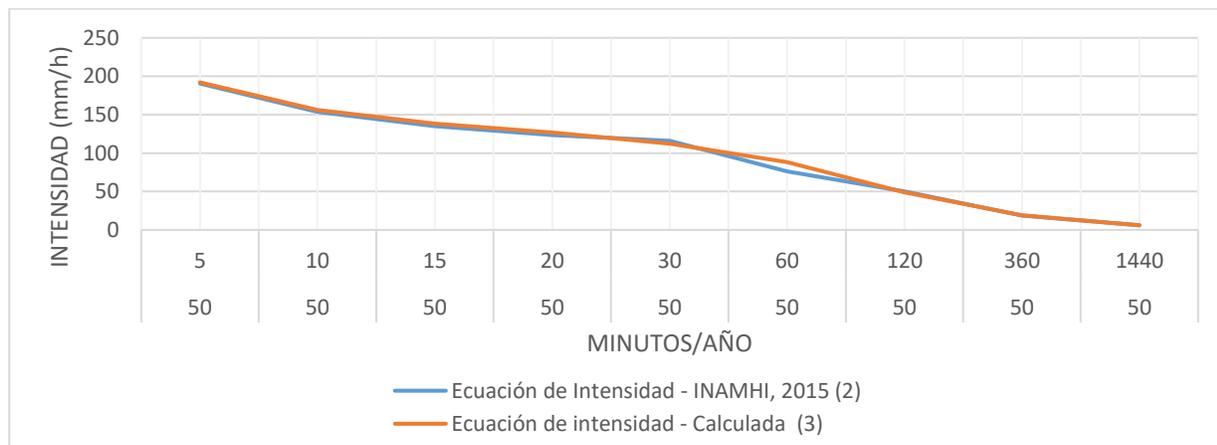
En periodos de retorno de 5 años la gráfica del INAMHI y de la presente investigación son más simétricas con pequeñas variaciones de intensidades menores a 2mm/h, exceptuando el tiempo de concentración de 5 minutos que tiene una variación de 7.41mm/h la cual es la variación máxima.

Periodo de retorno 10 años.



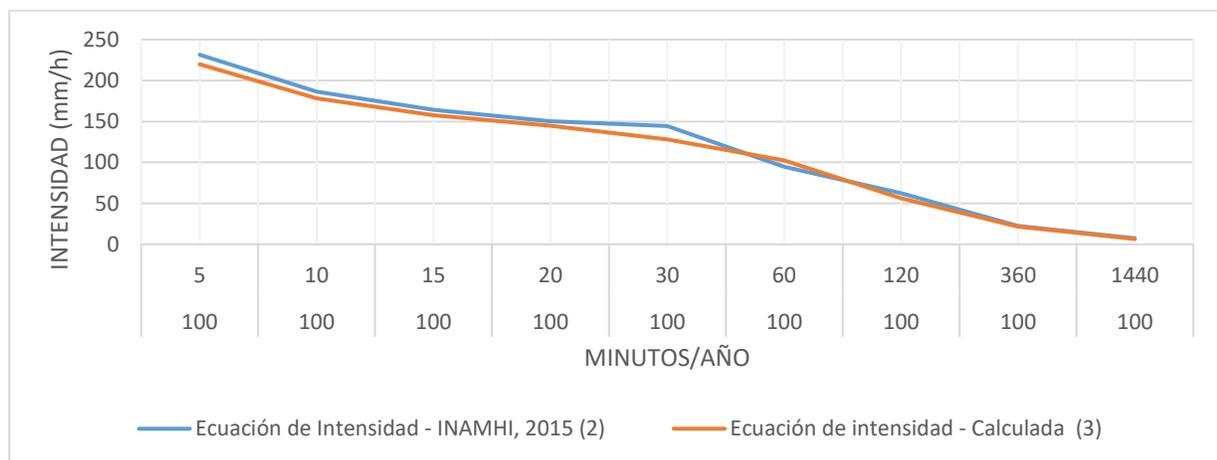
Para periodos de retornos de 10 años en la gráfica se muestra una simetría a pesar de que nuestro estudio presenta mayores intensidades con variaciones máximas de 9mm/h en repetidos tiempos de concentración.

#### Periodo de retorno 50 años.



En tiempos de retornos de 50 años existe una similitud en las intensidades de ambos estudios, con variaciones que no van más allá de 3.5mm/h, exceptuando el tiempo de concentración de 60 minutos que presenta la variación máxima de 12.13mm/h.

#### Periodo de retorno 100 años.



Para periodo de retorno de 100 años existe una similitud en las intensidades de ambos estudios, a diferencia de otros periodos de retornos, en este los valores arrojados por la ecuación de INAMHI 2015 son mayores a los de la presente investigación; se presenta una variación máxima 16.35 mm/h a los 30 minutos de tiempo de concentración.

## **CONCLUSIONES.**

Se escogió la estación CHONE-U Católica debido a que el resto de las estaciones dentro de la cuenca del Río Chone carecían de datos suficientes para esta investigación; además, la estación mencionada fue seleccionada por el INAMHI para los estudios mencionados.

Con la generación de las curvas se pudo denotar el principio de que, a mayor duración de fenómeno registrado menor es la intensidad obtenida. Que las mayores intensidades se presentan en tiempos de concentración menores. Los mayores fenómenos son los que tienen un mayor periodo de retorno.

La comparación de nuestra investigación con el estudio de lluvias intensas del 1999 elaborado por el INAMHI, debido a que contaban con datos pluviográficos menores a 30 años y el número de estaciones pluviográficas o pluviométricas era escaso por lo que era necesario recurrir a métodos de interpolación y extrapolación para el cálculo de intensidades en diversas zonas del Ecuador, quedando varias de estas zonas con áreas de influencia de pluviógrafo demasiado extensas.

La escasez de registros pluviométricos y los eventos extraordinarios de 1997 y 1998 (fenómeno del niño) excluidos de dicho estudio, crea incertidumbre en los estudios de lluvias de 1999 del INAMHI.

En comparación de nuestro estudio con el del INAMHI de 2015 se presentan variaciones mínimas; además, cabe recalcar, que el número de años de información que se tuvo para realizar los estudios mencionados hace que los valores obtenidos para periodos de retorno de 100 años sean poco confiables.

**REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.**

1. Acosta, V. (2013). Derivación de las curvas Intensidad-Duración-Frecuencia (I.D.F.) para la ciudad de Guayaquil. Guayaquil: Universidad Católica de Santiago de Guayaquil.
2. Caffarena, C. G. (1988). Hacia el conocimiento de la intensidad máxima absoluta de las precipitaciones atmosféricas. *Revista de Obras Públicas*, 577-578.
3. Chow, V. T. (1994). *Hidrología Aplicada*. Santafé de Bogotá, Colombia: Mc-Graw Gill.
4. Departamento de análisis de datos y multivariable. (2013). *Análisis de regresión*. Madrid: Universidad Complutense de Madrid.
5. Dorigo, A. (2013). Derivación de las curvas Intensidad- Duración- Periodo de retorno (I.D.T) para las ciudades de Portoviejo y Chone. Guayaquil: Universidad Católica de Santiago de Guayaquil.
6. Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología. (2019). Determinación de ecuaciones para el cálculo de intensidades máximas de precipitación. INAMHI, Quito.  
[http://www.serviciometeorologico.gob.ec/Publicaciones/Hidrologia/ESTUDIO\\_DE\\_INTENSI\\_DADES\\_V\\_FINAL.pdf](http://www.serviciometeorologico.gob.ec/Publicaciones/Hidrologia/ESTUDIO_DE_INTENSI_DADES_V_FINAL.pdf)
7. Instituto Nacional de Vías República de Colombia. (2009). *Manual de Drenaje para Carreteras*. Ministerio de Transporte. Obtenido de: <https://www.invias.gov.co/index.php/archivo-y-documentos/documentos-tecnicos/especificaciones-tecnicas/984-manual-de-drenaje-para-carreteras/file>
8. Jiménez, M., Domínguez, R., & Cruz, M. (1997). Programa para ajuste de funciones de probabilidad univariada AX.EXE. México: Instituto de ingeniería de la UNAM.
9. Marques Dos Santos, M., Galindo, M., & Cervantes, A. (2007). *Análisis de Regresión*. México: Universidad Nacional Autónoma de México.

10. Martínez, M., Fernández, D., & Salas, R. (2010). Hidrología aplicada a las pequeñas obras hidráulicas. México: SAGARPA (secretaría de agricultura, ganadería, desarrollo rural, pesca y alimentación). <https://dialnet.unirioja.es/download/articulo/5210356.pdf>
11. Ministerio de Transporte y Comunicaciones de Perú. (2013). Manual de Hidrología, Hidráulica y Drenaje. Obtenido de:  
[http://transparencia.mtc.gob.pe/idm\\_docs/normas\\_legales/1\\_0\\_2950.pdf](http://transparencia.mtc.gob.pe/idm_docs/normas_legales/1_0_2950.pdf)
12. Mintegui, J. A., & Robredo, J. C. (1993). Métodos para la estimación de los efectos torrenciales en una cuenca hidrográfica. Fundación Conde del Valle de Salazar.
13. UNESCO. (2008). Water for people, water for life: The United Nations World Water Development Report; Executive summary. Electrónico papel. Disponible en:  
<https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000129556>
14. Vázquez, R., Redaño, A., & Lorente, J. (1987). Curvas IDF. Barcelona-Fabra. Revista de Obras Públicas. Febrero, 91-102.

#### **DATOS DE LOS AUTORES.**

1. **John Enrique Félix Mera.** Máster en Hidrología y Gestión de los Recursos Hídricos. Docente de la Pontificia Universidad Católica del Ecuador, Sede Manabí. PUCEM-Ecuador. E-mail: [jfelix@pucem.edu.ec](mailto:jfelix@pucem.edu.ec)
2. **Jean Pierre Chávez Álava.** Ingeniero Hidráulico. Pontificia Universidad Católica del Ecuador, Sede Manabí. PUCEM-Ecuador. E-mail: [jeanchavez\\_a@hotmail.es](mailto:jeanchavez_a@hotmail.es)
3. **María Auxiliadora Muñoz Mendoza.** Ingeniera Hidráulica. Pontificia Universidad Católica del Ecuador, Sede Manabí. PUCEM-Ecuador. E-mail: [auxy@hotmail.es](mailto:auxy@hotmail.es)

**RECIBIDO:** 9 de febrero del 2021.

**APROBADO:** 20 de febrero del 2021.