

CURVA INTENSIDAD, DURACION Y FRECUENCIA DEL LA ESTACION HIDROPARAISO

DATOS MENSUALES DE PRECIPITACION MAXIMA EN 24 HORAS

Año	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	Máximo
1986	28,13	34,69	31,03	22	46,53	24,03	15,03	5,5	26,2	78	33,63	17,73	78,00
1987	103,01	11	31	19,6	41,31	22,5	25,83	6,4	54,6	84,7	81,53	30,9	103,01
1988	28,7	34	32,8	31	25,6	20	16,31	32,2	39,11	62,7	57	65	65,00
1989	40,3	12,8	41,23	20	37	11,4	24,31	12,5	35	41	35,31	22,81	41,23
1990	38	26,51	28,6	80	57,31	15	26,91	38	28	35,5	50	41	80,00
1991	17,61	7,21	44,81	43,33	36	20,46	55,43	22,69	67	47,68	67,03	38,07	67,03
1998	4,6	20	22	30	29	35	16	0,9	23	40	20	38,07	40,00
1999	53	70	33	58	33,03	16	10	30	40	45	25	18	70,00
2000	16	35	70	20	30	10	15	45	15	35	25	17	70,00
2001	14	60	41	48	52	16	10	25	19	49	30	53	60,00
2002	14	12	45	90	40	34	18	13	30	38	59	60	90,00
2003	7	31	24	70	28	9	18	17	8	43	19	18	70,00
2004	15	28	29	50	30	12	25	23	52	49	55	31	55,00
2005	18	45	19	19	59	32	31,2	14	40	60,5	51	19	60,50
2006	10	44	24,5	22	19,5	38	44	34,5	44,03	47,68	46,07	38,07	47,68
2007	29,5	24	22	33,5	18	18	11,03	13,1	34	71	30	56	71,00
2008	35	62	65,5	43,3	87	28	20,5	75	12,5	58	78	52	87,00
2009	34,5	34,69	38,13	27,9	5,5	19,9	52,4	37	18,7	52,43	46,07	38,07	52,43
2010	48,5	9	37,4	40,6	54,4	17	24,2	21,1	29,3	42	76,7	38	76,70
2011	27	43,3	43,2	67,9	48,8	42,3	14,3	22,1	24,3	44	34,5	41,3	67,90
2012	40,4	16,9	21,9	38,4	37,1	11,2	12,1	18,3	8,7	37,7	37,6	31,1	40,40
2013	35,93	55,8	42	55,9	30,1	13,9	13,8	26,7	64,7	48	52	55,1	64,70
2014	18,9	48,2	59,5	17,2	60,6	14	40,7	10,6	12,6	35,4	58,7	21,9	60,60
2015	14,7	72,5	55,5	37,4	24,5	17,3	17,33	15,1	6,8	23,8	6,3	72,53	72,53
2016	11,5	29,6	77,2	39,2	29,3	14,5	24,8	8,6	48,6	22,8	77,23	38,07	77,23
MAX	103,01	70,00	70,00	90,00	87,00	42,30	55,43	75,00	67,00	84,70	81,53	65,00	103,01

PRUEBA DE BONDAD DE AJUSTE KOLMOGOROV-SMIRNOV

Se realizo el ajuste de distribucion en donde X_1 son los datos de la precipitacion maxima diaria ordenada de menor a mayor, $F(x)$ es la funcion acumulada de frecuencias calculada por medio de la distribucion que se esta probando y $|\Delta|$ es la diferenencia entre la fuincion acumulada de frecuencias y la frecuencia relavita en valor absoluto.

Una vez realizada la tabla se busca el valor maximo de la columna $|\Delta|$ y se compara con el estadiografo critico C , el cual se obtiene de la tabala de Kolmogorov- Smirnov, si $|\Delta|$ es menor o igual a C entonces la hipotesis se acepta.

El valor de nivel de significancia a usar es de 0,05

PRUEBA DE BONDAD DE AJUSTE KOLMOGOROV - SMIRNOV					
N	Precipitacion MaxDia	X1	F(x)	Frecuencia relativa	$ \Delta $
1	78,00	40,00	0,005659488	0,04	0,03434051
2	103,01	40,40	0,006698182	0,08	0,07330182
3	65,00	41,23	0,009338796	0,12	0,1106612
4	41,23	47,68	0,064548448	0,16	0,09545155
5	80,00	52,43	0,157308235	0,2	0,04269177
6	67,03	55,00	0,224213231	0,24	0,01578677
7	40,00	60,00	0,372146834	0,28	0,09214683
8	70,00	60,50	0,38736196	0,32	0,06736196
9	70,00	60,60	0,390401887	0,36	0,03040189
10	60,00	64,70	0,511751333	0,4	0,11175133
11	90,00	65,00	0,520228422	0,44	0,08022842
12	70,00	67,03	0,575555699	0,48	0,0955557
13	55,00	67,90	0,598074635	0,52	0,07807464
14	60,50	70,00	0,649190996	0,56	0,089191
15	47,68	70,00	0,649190996	0,6	0,049191
16	71,00	70,00	0,649190996	0,64	0,009191
17	87,00	71,00	0,671856401	0,68	0,0081436
18	52,43	72,53	0,704402126	0,72	0,01559787
19	76,70	76,70	0,780257826	0,76	0,02025783
20	67,90	77,23	0,788611408	0,8	0,01138859
21	40,40	78,00	0,800259646	0,84	0,03974035
22	64,70	80,00	0,827930359	0,88	0,05206964
23	60,60	87,00	0,899612932	0,92	0,02038707
24	72,53	90,00	0,920783706	0,96	0,03921629
25	77,23	103,01	0,972274654	1	0,02772535
VALOR MAXIMO DE Δ					0,11175133

El valor máximo de $|\Delta|$ es de 0,11175133 y el valor de la tabla de Kolmogorov – Smirnov es de 0,26404, por tanto la hipotesis se acepta

DISTRIBUCIÓN DE PROBABILIDADES PLUVIOMÉTRICAS MEDIANTE GUMBEL

Nº	Año	Mes Max. Precip.	Precipitación (mm)	
			x_i	$(x_i - \bar{x})^2$
1	1986	0	78,00	127,29
2	1987	0	103,01	1317,14
3	1988	0	65,00	2,95
4	1989	0	41,23	649,62
5	1990	0	80,00	176,42
6	1991	0	67,03	0,10
7	1998	0	40,00	713,83
8	1999	0	70,00	10,77
9	2000	0	70,00	10,77
10	2001	0	60,00	45,13
11	2002	0	90,00	542,07
12	2003	0	70,00	10,77
13	2004	0	55,00	137,30
14	2005	0	60,50	38,66
15	2006	0	47,68	362,43
16	2007	0	71,00	18,34
17	2008	0	87,00	411,38
18	2009	0	52,43	204,14
19	2010	0	76,70	99,65
20	2011	0	67,90	1,40
21	2012	0	40,40	692,62
22	2013	0	64,70	4,07
23	2014	0	60,60	37,43
24	2015	0	72,53	33,78
25	2016	0	77,23	110,51
25		Suma	1667,9	5572,8

Cálculo variables probabilísticas	
$\bar{x} = \frac{\sum x_i}{n} = 66,72 \text{ mm}$	
$S = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}{n-1}} = 15,24 \text{ mm}$	
$\alpha = \frac{\sqrt{6}}{\pi} * s = 11,88 \text{ mm}$	
$u = \bar{x} - 0.5772 * \alpha = 59,86 \text{ mm}$	

Cálculo de las Precipitaciones Diarias Máximas Probables para distintas frecuencias

Periodo Retorno	Variable Reducida	Precip. (mm)	Prob. de ocurrencia	Corrección intervalo fijo
Años	YT	XT'(mm)	F(xT)	XT (mm)
2	0,3665	64,2144	0,5000	72,5623
5	1,4999	77,6807	0,8000	87,7792
10	2,2504	86,5966	0,9000	97,8542
25	3,1985	97,8619	0,9600	110,5839
50	3,9019	106,2191	0,9800	120,0275
100	4,6001	114,5146	0,9900	129,4015
500	6,2136	133,6842	0,9980	151,0631

$$F_{(x)} = e^{-e^{-\left(\frac{x-u}{\alpha}\right)}}$$

PRECIPITACIONES MÁXIMAS PARA DIFERENTES TIEMPOS DE DURACIÓN DE LLUVIAS

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	72,5623	87,7792	97,8542	110,5839	120,0275	129,4015	151,0631
18 hr	X18 = 91%	66,0317	79,8791	89,0473	88,4671	109,2251	117,7553	137,4674
12 hr	X12 = 80%	58,0498	70,2234	78,2834	88,4671	96,0220	103,5212	120,8505
8 hr	X8 = 68%	49,3424	59,6899	66,5408	75,1971	81,6187	87,9930	102,7229
6 hr	X6 = 61%	44,2630	53,5453	59,6911	67,4562	73,2168	78,9349	92,1485
5 hr	X5 = 57%	41,3605	50,0342	55,7769	63,0328	68,4157	73,7588	86,1060
4 hr	X4 = 52%	37,7324	45,6452	50,8842	57,5036	62,4143	67,2888	78,5528
3 hr	X3 = 46%	33,3787	40,3785	45,0129	50,8686	55,2127	59,5247	69,4890
2 hr	X2 = 39%	28,2993	34,2339	38,1631	43,1277	46,8107	50,4666	58,9146
1 hr	X1 = 30%	21,7687	26,3338	29,3563	33,1752	36,0083	38,8204	45,3189

INTENSIDADES DE LLUVIA A PARTIR DE PRECIPITACIONES MÁXIMAS, SEGÚN DURACIÓN DE PRECIPITACIÓN Y FRECUENCIA DE LA MISMA

Tiempo de duración		Intensidad de la lluvia (mm/hr) según el Periodo de Retorno						
Hr	min	2 años	5 años	10 años	25 años	50 años	100 años	500 años
24 hr	1440	3,0234	3,6575	4,0773	4,6077	5,0011	5,3917	6,2943
18 hr	1080	3,6684	4,4377	4,9471	4,9148	6,0681	6,5420	7,6371
12 hr	720	4,8375	5,8519	6,5236	7,3723	8,0018	8,6268	10,0709
8 hr	480	6,1678	7,4612	8,3176	9,3996	10,2023	10,9991	12,8404
6 hr	360	7,3772	8,9242	9,9485	11,2427	12,2028	13,1558	15,3581
5 hr	300	8,2721	10,0068	11,1554	12,6066	13,6831	14,7518	17,2212
4 hr	240	9,4331	11,4113	12,7210	14,3759	15,6036	16,8222	19,6382
3 hr	180	11,1262	13,4595	15,0043	16,9562	18,4042	19,8416	23,1630
2 hr	120	14,1496	17,1170	19,0816	21,5639	23,4054	25,2333	29,4573
1 hr	60	21,7687	26,3338	29,3563	33,1752	36,0083	38,8204	45,3189

$$I = \frac{P \text{ [mm]}}{t_{\text{duración}} \text{ [hr.]}}$$

Representación matemática de las curvas intensidad – duración – periodo de retorno:

Donde I: intensidad (mm/h)

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

t: Duración de la lluvia (min)

T: Periodo de retorno (años)

K, m, n: Parámetros de ajuste

Realizando un cambio de variable: $d = K \cdot T^m$

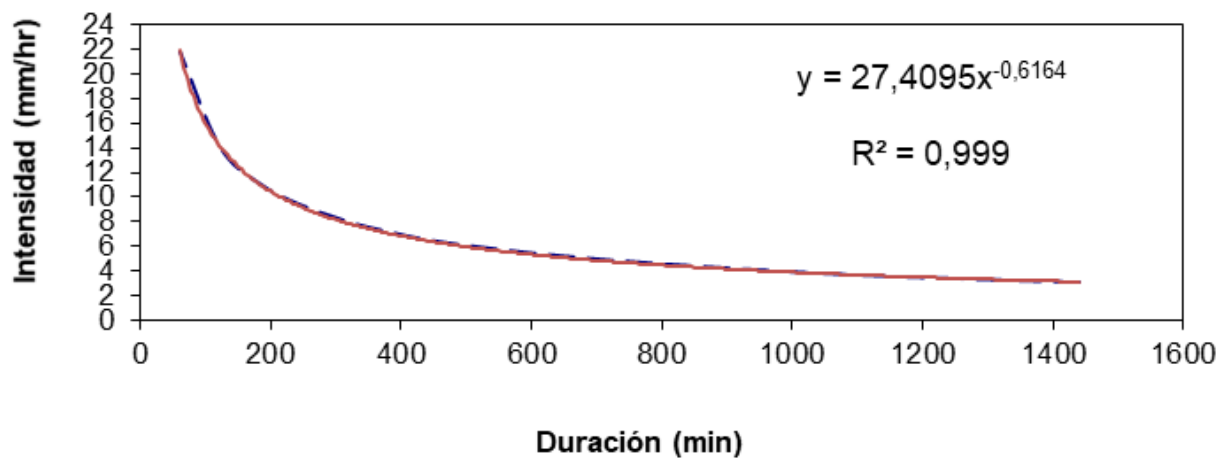
Con lo que da la anterior expresión se obtiene:

$$I = \frac{d}{t^n} \Rightarrow I = d \cdot t^{-n}$$

Periodo de retorno para T = 2 años						
Nº	x	y	ln x	ln y	ln x*ln y	(lnx)^2
1	1440	3,0234	7,2724	1,1064	8,0461	52,8878
2	1080	3,6684	6,9847	1,2998	9,0785	48,7863
3	720	4,8375	6,5793	1,5764	10,3715	43,2865
4	480	6,1678	6,1738	1,8193	11,2322	38,1156
5	360	7,3772	5,8861	1,9984	11,7627	34,6462
6	300	8,2721	5,7038	2,1129	12,0515	32,5331
7	240	9,4331	5,4806	2,2442	12,2998	30,0374
8	180	11,1262	5,1930	2,4093	12,5114	26,9668
9	120	14,1496	4,7875	2,6497	12,6854	22,9201
10	60	21,7687	4,0943	3,0805	12,6125	16,7637
10	4980	89,8240	58,1555	20,2969	112,6516	346,9435
Ln (d) = 5,6143		d = 274,3235		n = -0,6164		

Serie T= 2 años	
x	y
1440	3,0234
1080	3,6684
720	4,8375
480	6,1678
360	7,3772
300	8,2721
240	9,4331
180	11,1262
120	14,1496
60	21,7687

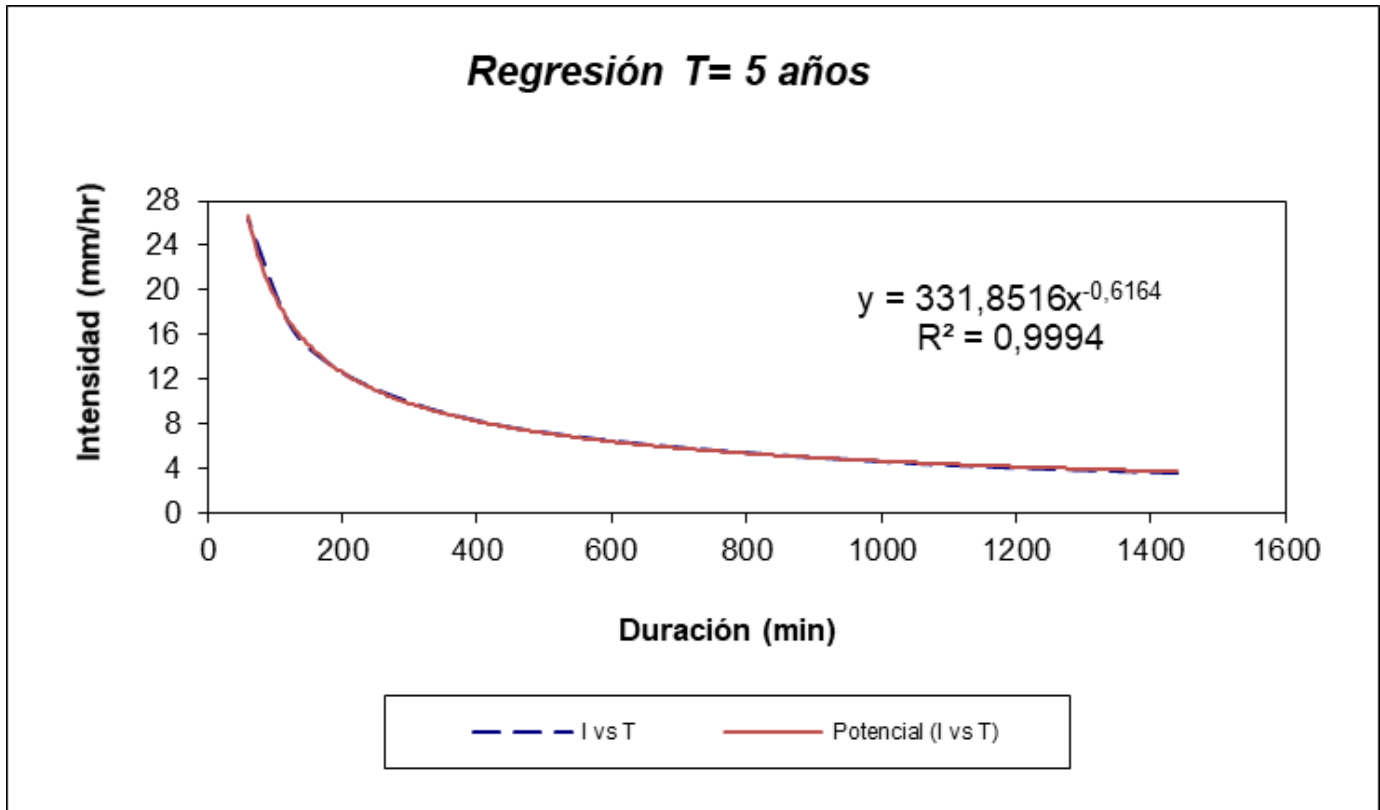
Regresión T= 2 años



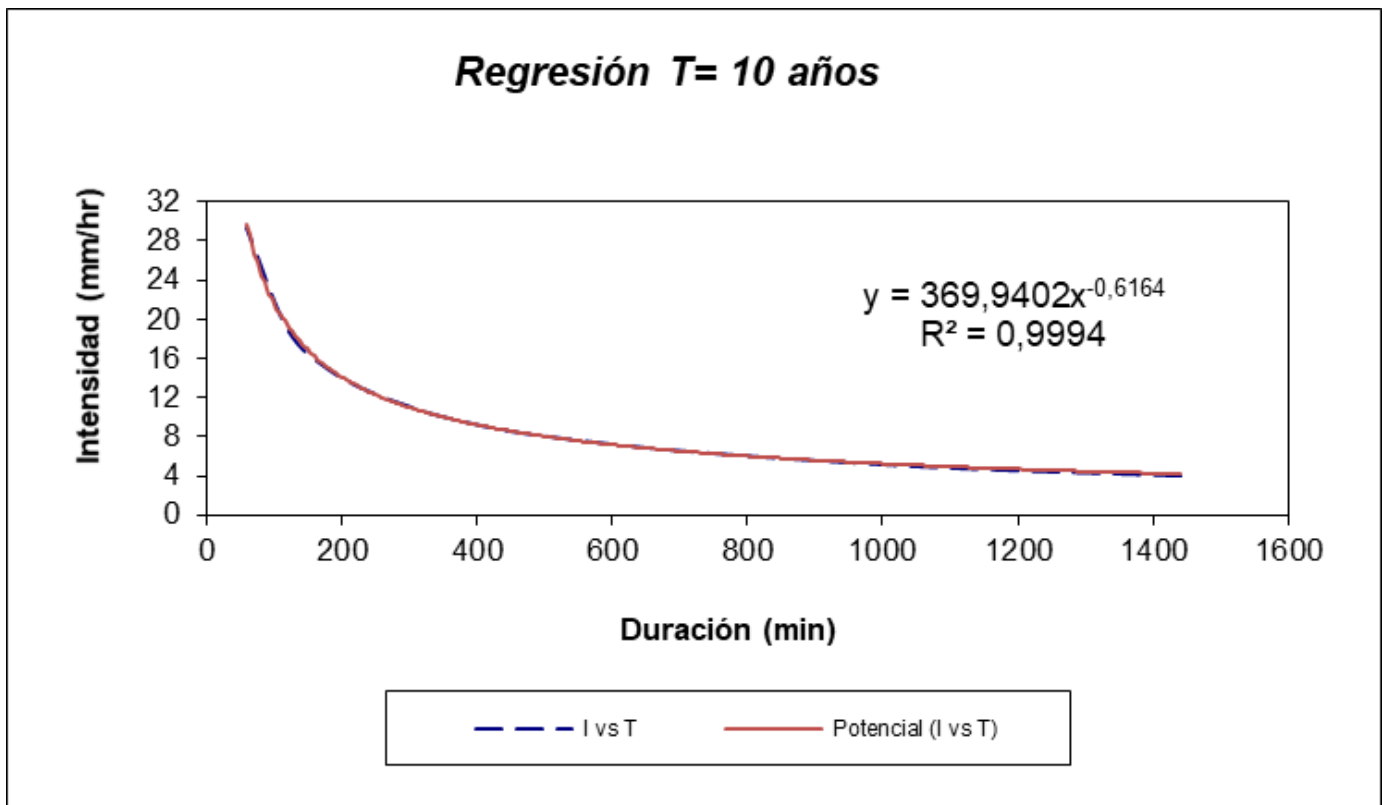
--- I Vs. t — Potencial (I Vs. t)

Periodo de retorno para T = 5 años						
Nº	x	y	ln x	ln y	ln x*ln y	(lnx)^2
1	1440	3,6575	7,2724	1,2968	9,4306	52,8878
2	1080	4,4377	6,9847	1,4901	10,4082	48,7863
3	720	5,8519	6,5793	1,7668	11,6241	43,2865
4	480	7,4612	6,1738	2,0097	12,4076	38,1156
5	360	8,9242	5,8861	2,1888	12,8833	34,6462
6	300	10,0068	5,7038	2,3033	13,1373	32,5331
7	240	11,4113	5,4806	2,4346	13,3432	30,0374
8	180	13,4595	5,1930	2,5997	13,5000	26,9668
9	120	17,1170	4,7875	2,8401	13,5968	22,9201
10	60	26,3338	4,0943	3,2709	13,3920	16,7637
10	4980	108,6609	58,1555	22,2007	123,7232	346,9435
Ln (d) =	5,8047	d =	331,8516	n =	-0,6164	

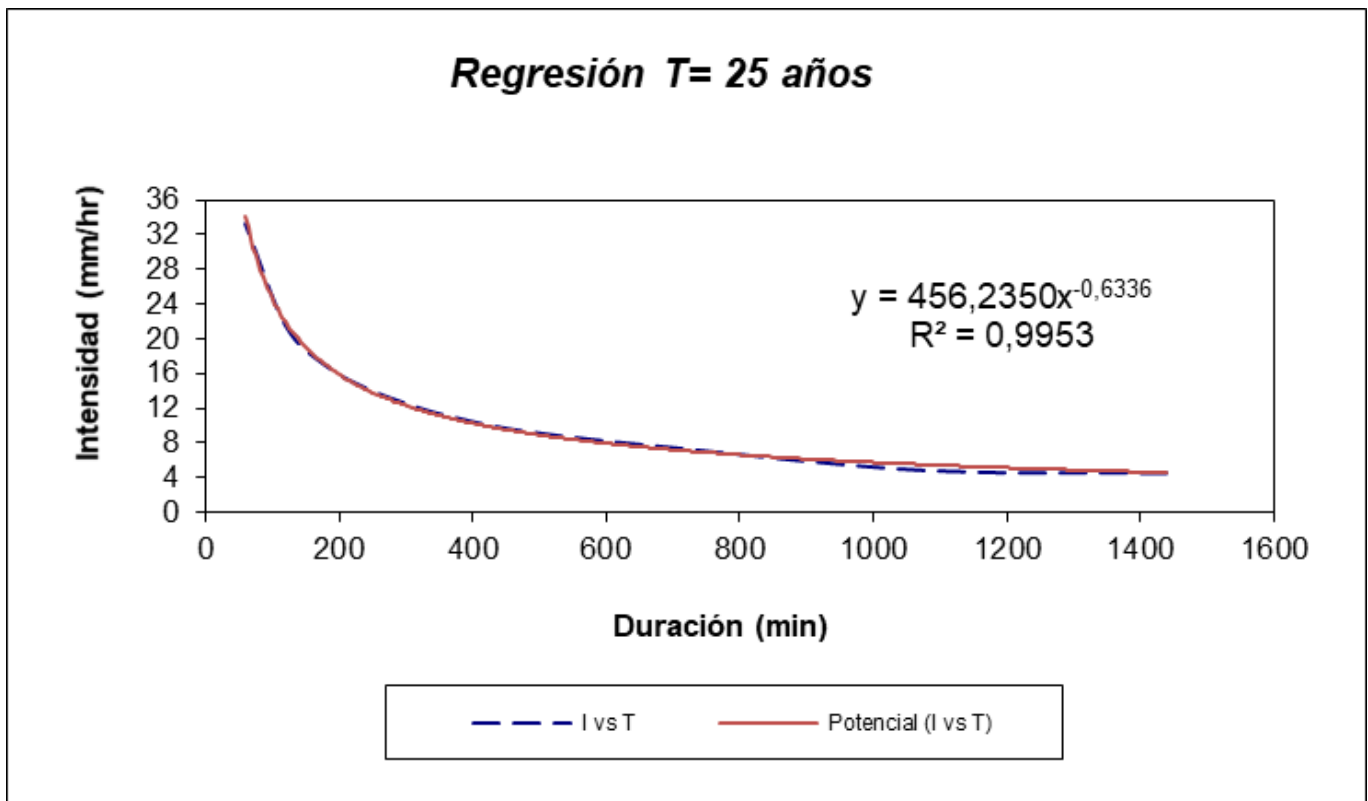
Serie T= 5 años	
x	y
1440	3,6575
1080	4,4377
720	5,8519
480	7,4612
360	8,9242
300	10,0068
240	11,4113
180	13,4595
120	17,1170
60	26,3338



Periodo de retorno para T = 10 años							Serie T= 10 años	
Nº	x	y	ln x	ln y	ln x*ln y	(lnx)^2	x	y
1	1440	4,0773	7,2724	1,4054	10,2208	52,8878	1440	4,0773
2	1080	4,9471	6,9847	1,5988	11,1671	48,7863	1080	4,9471
3	720	6,5236	6,5793	1,8754	12,3389	43,2865	720	6,5236
4	480	8,3176	6,1738	2,1184	13,0784	38,1156	480	8,3176
5	360	9,9485	5,8861	2,2974	13,5229	34,6462	360	9,9485
6	300	11,1554	5,7038	2,4119	13,7571	32,5331	300	11,1554
7	240	12,7210	5,4806	2,5433	13,9387	30,0374	240	12,7210
8	180	15,0043	5,1930	2,7083	14,0643	26,9668	180	15,0043
9	120	19,0816	4,7875	2,9487	14,1170	22,9201	120	19,0816
10	60	29,3563	4,0943	3,3795	13,8369	16,7637	60	29,3563
10	4980	121,1326	58,1555	23,2872	130,0420	346,9435		
Ln (d) = 5,9133		d = 369,9402		n = -0,6164				

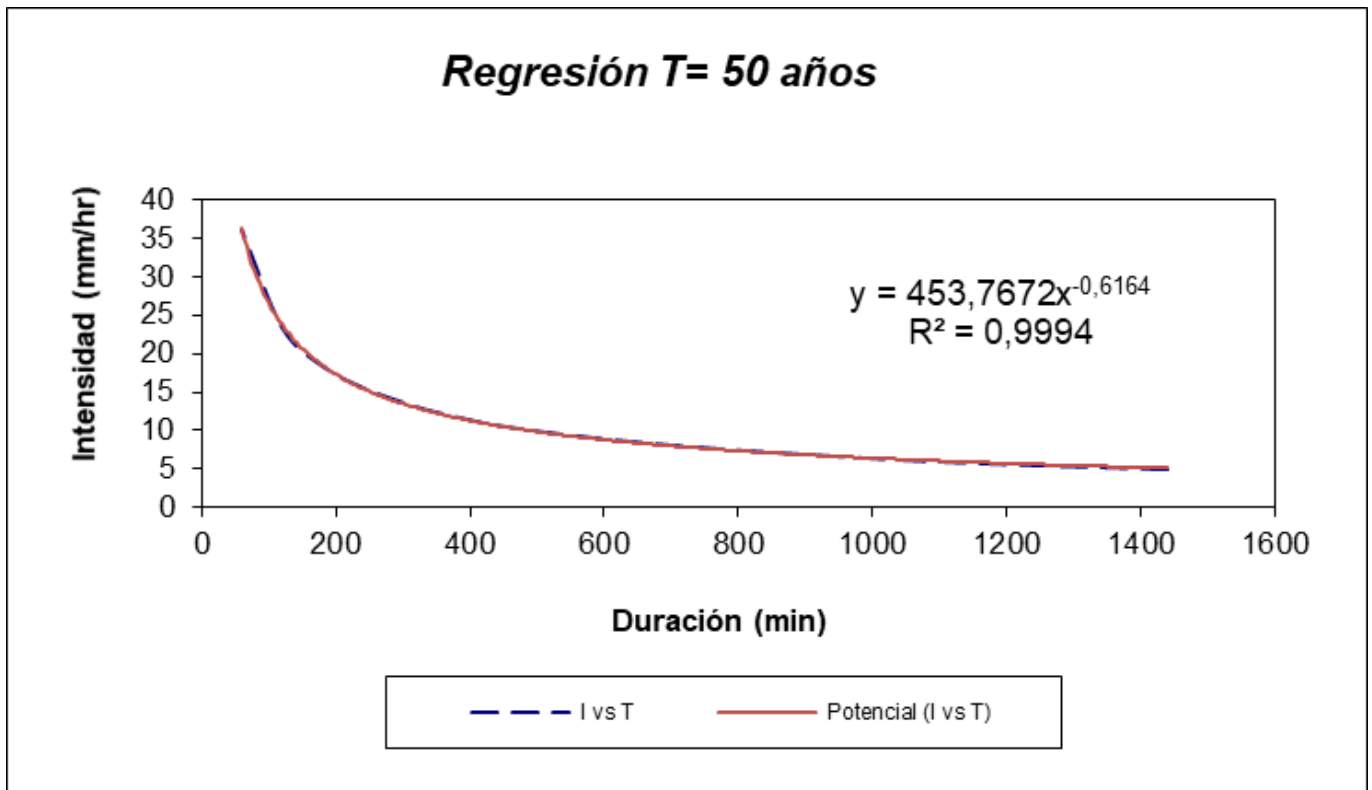


Periodo de retorno para T = 25 años							Serie T= 25 años	
Nº	x	y	ln x	ln y	ln x*ln y	(lnx)^2	x	y
1	1440	4,6077	7,2724	1,5277	11,1102	52,8878	1440	4,6077
2	1080	4,9148	6,9847	1,5923	11,1215	48,7863	1080	4,9148
3	720	7,3723	6,5793	1,9977	13,1435	43,2865	720	7,3723
4	480	9,3996	6,1738	2,2407	13,8334	38,1156	480	9,3996
5	360	11,2427	5,8861	2,4197	14,2427	34,6462	360	11,2427
6	300	12,6066	5,7038	2,5342	14,4546	32,5331	300	12,6066
7	240	14,3759	5,4806	2,6656	14,6089	30,0374	240	14,3759
8	180	16,9562	5,1930	2,8306	14,6994	26,9668	180	16,9562
9	120	21,5639	4,7875	3,0710	14,7025	22,9201	120	21,5639
10	60	33,1752	4,0943	3,5018	14,3376	16,7637	60	33,1752
10	4980	136,2148	58,1555	24,3813	136,2543	346,9435		
Ln (d) = 6,1230		d = 456,2350		n = -0,6336				



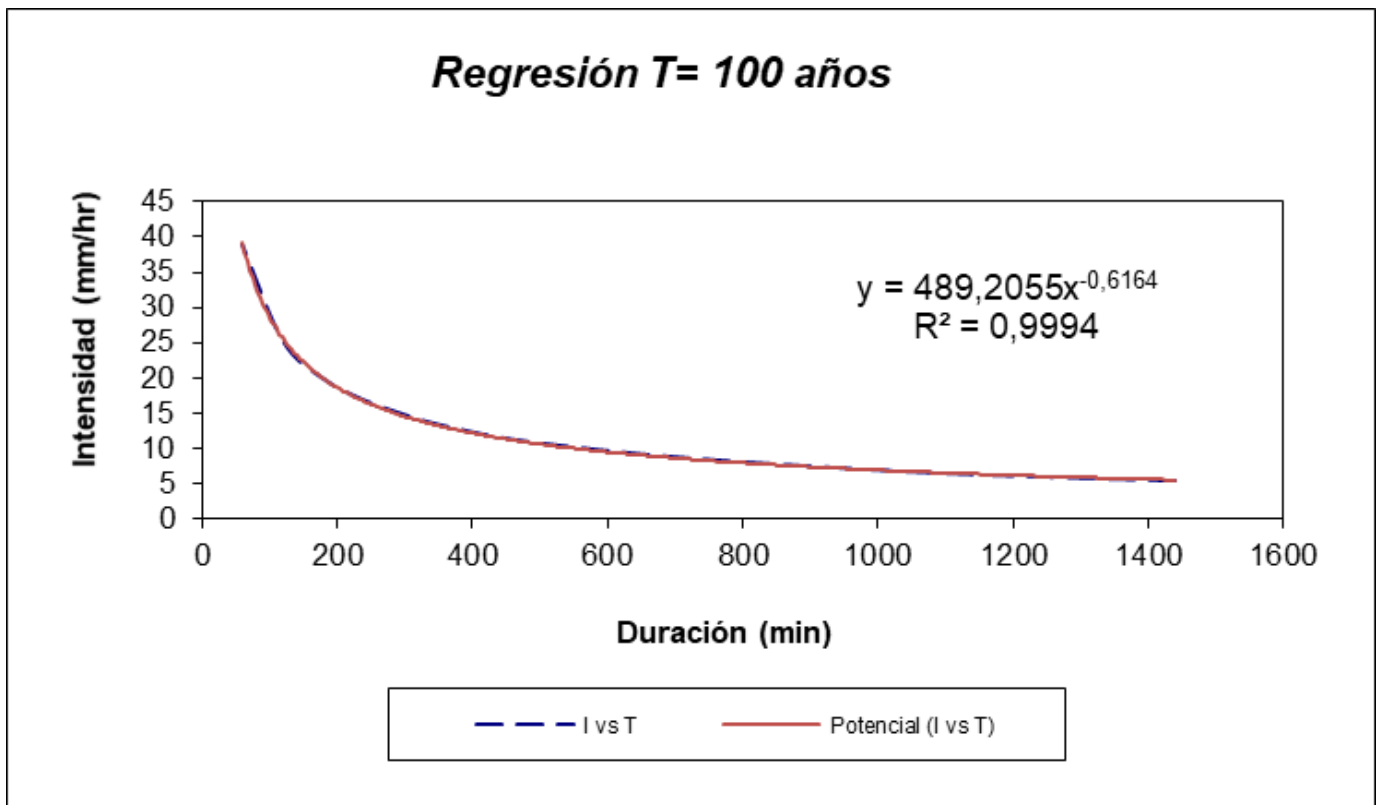
Periodo de retorno para T = 50 años						
Nº	x	y	ln x	ln y	ln x*ln y	(lnx)^2
1	1440	5,0011	7,2724	1,6097	11,7061	52,8878
2	1080	6,0681	6,9847	1,8030	12,5937	48,7863
3	720	8,0018	6,5793	2,0797	13,6827	43,2865
4	480	10,2023	6,1738	2,3226	14,3393	38,1156
5	360	12,2028	5,8861	2,5017	14,7251	34,6462
6	300	13,6831	5,7038	2,6162	14,9220	32,5331
7	240	15,6036	5,4806	2,7475	15,0581	30,0374
8	180	18,4042	5,1930	2,9126	15,1249	26,9668
9	120	23,4054	4,7875	3,1530	15,0948	22,9201
10	60	36,0083	4,0943	3,5837	14,6731	16,7637
10	4980	148,5808	58,1555	25,3296	141,9198	346,9435
Ln (d) = 6,1176		d = 453,7672		n = -0,6164		

Serie T= 50 años	
x	y
1440	5,0011
1080	6,0681
720	8,0018
480	10,2023
360	12,2028
300	13,6831
240	15,6036
180	18,4042
120	23,4054
60	36,0083

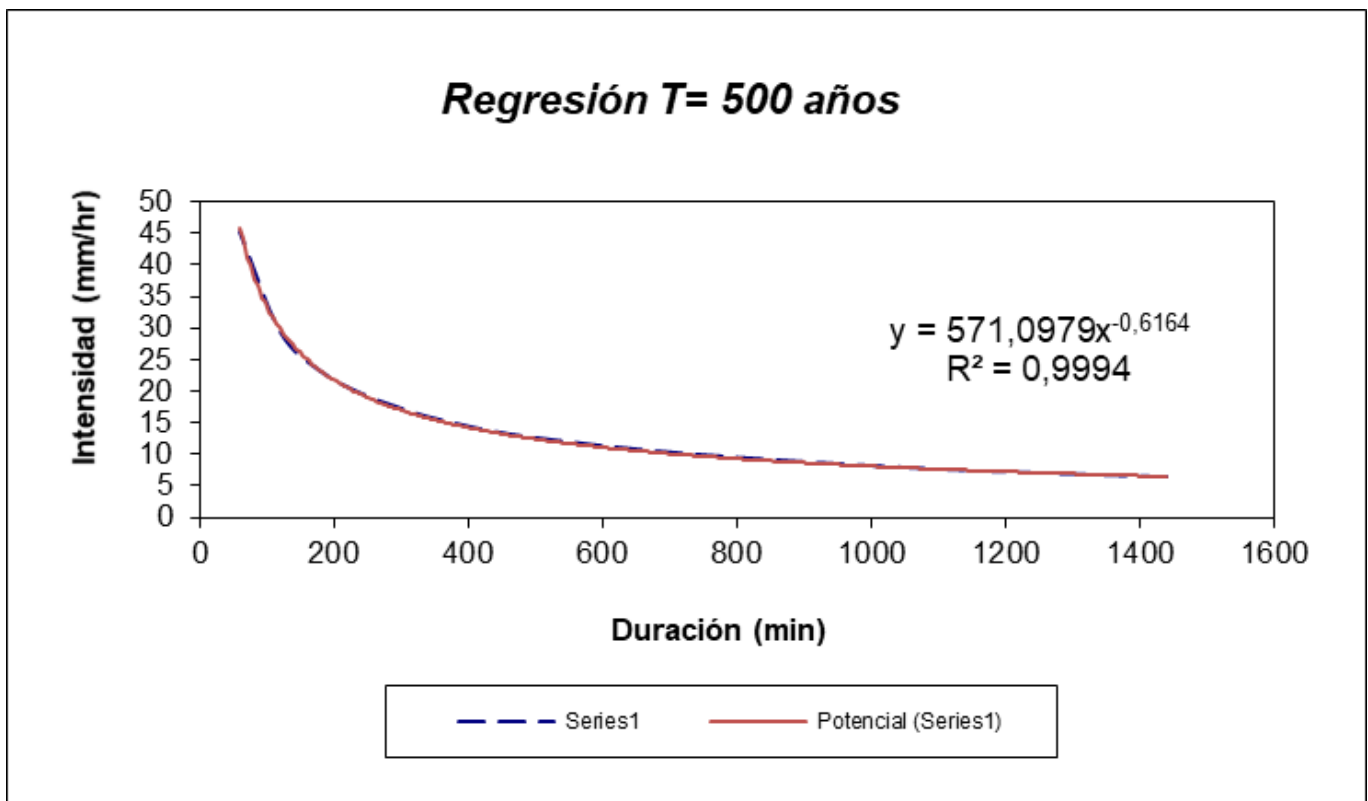


Periodo de retorno para T = 100 años						
Nº	x	y	ln x	ln y	ln x*ln y	(lnx)^2
1	1440	5,3917	7,2724	1,6849	12,2530	52,8878
2	1080	6,5420	6,9847	1,8782	13,1190	48,7863
3	720	8,6268	6,5793	2,1549	14,1774	43,2865
4	480	10,9991	6,1738	2,3978	14,8036	38,1156
5	360	13,1558	5,8861	2,5769	15,1677	34,6462
6	300	14,7518	5,7038	2,6914	15,3509	32,5331
7	240	16,8222	5,4806	2,8227	15,4702	30,0374
8	180	19,8416	5,1930	2,9878	15,5154	26,9668
9	120	25,2333	4,7875	3,2282	15,4548	22,9201
10	60	38,8204	4,0943	3,6589	14,9810	16,7637
Ln (d) =	6,1928	d =	489,2055	n =	-0,6164	

Serie T= 100 años	
x	y
1440	5,3917
1080	6,5420
720	8,6268
480	10,9991
360	13,1558
300	14,7518
240	16,8222
180	19,8416
120	25,2333
60	38,8204



Periodo de retorno para T = 500 años								
Nº	x	y	ln x	ln y	ln x*ln y	(lnx)^2	Serie T= 500 años	
1	1440	6,2943	7,2724	1,8396	13,3786	52,8878	x	y
2	1080	7,6371	6,9847	2,0330	14,2000	48,7863	1440	6,2943
3	720	10,0709	6,5793	2,3096	15,1958	43,2865	1080	7,6371
4	480	12,8404	6,1738	2,5526	15,7592	38,1156	720	10,0709
5	360	15,3581	5,8861	2,7316	16,0787	34,6462	480	12,8404
6	300	17,2212	5,7038	2,8461	16,2338	32,5331	360	15,3581
7	240	19,6382	5,4806	2,9775	16,3185	30,0374	300	17,2212
8	180	23,1630	5,1930	3,1426	16,3192	26,9668	240	19,6382
9	120	29,4573	4,7875	3,3829	16,1958	22,9201	180	23,1630
10	60	45,3189	4,0943	3,8137	15,6147	16,7637	120	29,4573
10	4980	186,9994	58,1555	27,6294	155,2942	346,9435	60	45,3189
Ln (d) = 6,3476		d = 571,0979		n = -0,6164				



Resumen de aplicación de regresión potencial		
Periodo de Retorno (años)	Término ctte. de regresión (d)	Coef. de regresión [n]
2	274,32354703429	-0,61638608809
5	331,85162869116	-0,61638608809
10	369,94022443156	-0,61638608809
25	456,23498858861	-0,63362500463
50	453,76717122457	-0,61638608809
100	489,20545906553	-0,61638608809
500	571,09793233543	-0,61638608809
Promedio =	420,91727876731	-0,61884879045

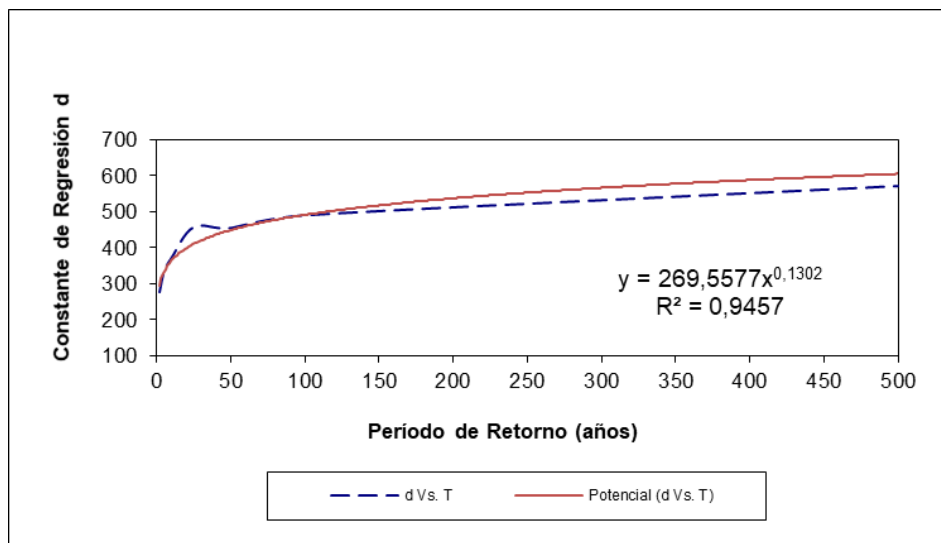
En función del cambio de variable realizado, se realiza otra regresión de potencia entre las columnas del periodo de retorno (T) y el término constante de regresión (d) para obtener los valores de la ecuación:

$$d = K \cdot T^m$$

Regresión potencial						
Nº	x	y	ln x	ln y	ln x*ln y	(lnx)^2
1	2	274,3235	0,6931	5,6143	3,8915	0,4805
2	5	331,8516	1,6094	5,8047	9,3423	2,5903
3	10	369,9402	2,3026	5,9133	13,6160	5,3019
4	25	456,2350	3,2189	6,1230	19,7092	10,3612
5	50	453,7672	3,9120	6,1176	23,9321	15,3039
6	100	489,2055	4,6052	6,1928	28,5188	21,2076
7	500	571,0979	6,2146	6,3476	39,4476	38,6214
7	692	2946,4210	22,5558	42,1133	138,4576	93,8667
Ln (K) = 5,5968		K = 269,5577		m = 0,1302		

Termino constante de regresión (K)= 269,5577

Coefficiente de regresión (m) = 0,1301557



La ecuación de intensidad válida para la cuenca resulta

$$I = \frac{269,5577 * T^{0,130157}}{t^{0,61885}}$$

Dónde:

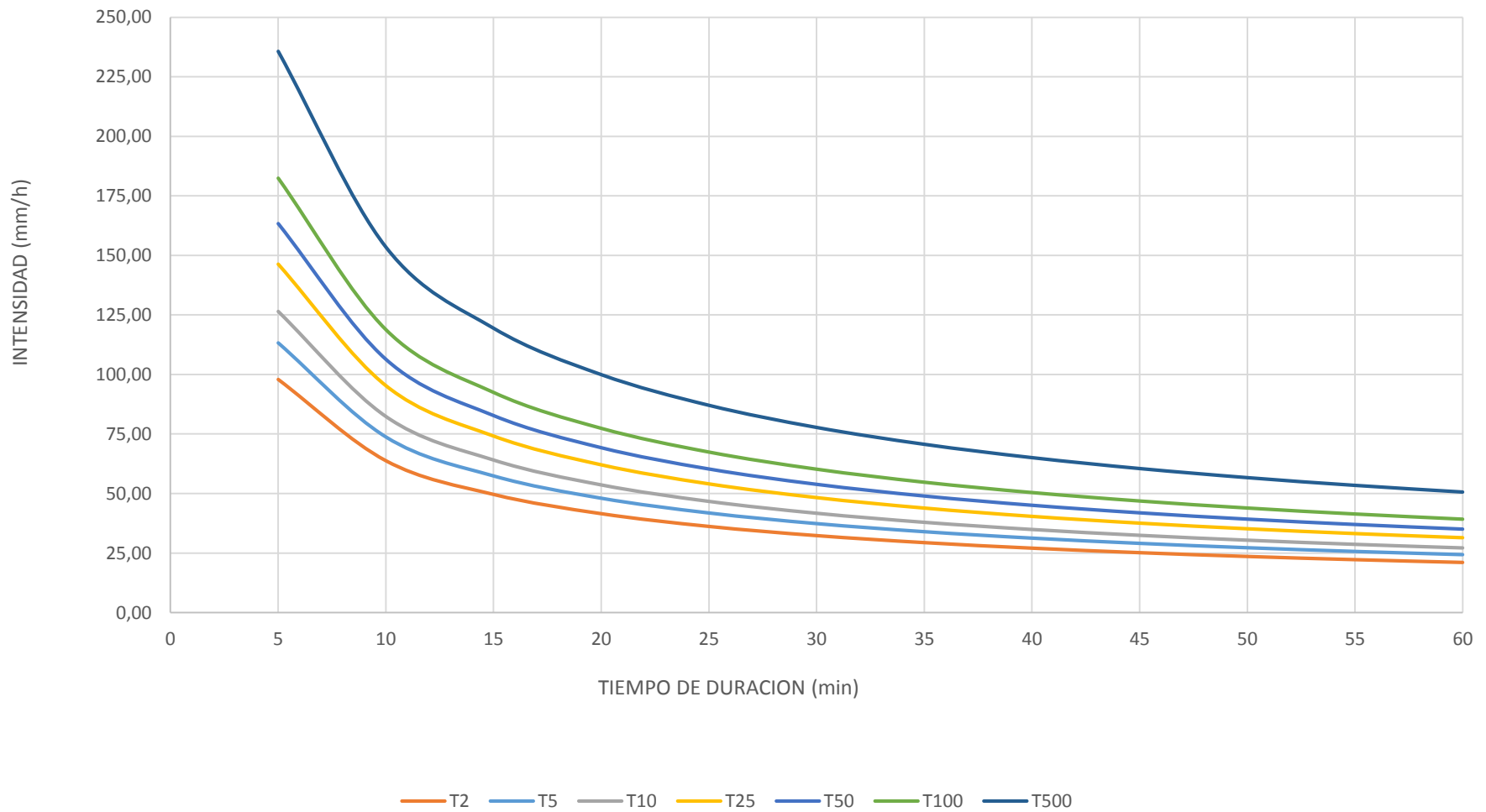
I= Intensidad de precipitación (mm/h)

T= Periodo de retorno (años)

t= tiempo de duración de precipitación (min)

Tabla de intensidades - Tiempo de duración												
Periodo de Retorno	Duración en minutos											
	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60
2	97,90	63,75	49,60	41,51	36,16	32,30	29,36	27,03	25,13	23,55	22,20	21,03
5	113,26	73,76	57,39	48,03	41,83	37,37	33,97	31,28	29,08	27,24	25,68	24,34
10	126,47	82,36	64,08	53,63	46,71	41,73	37,93	34,92	32,47	30,42	28,68	27,17
25	146,32	95,28	74,14	62,05	54,04	48,28	43,88	40,40	37,56	35,19	33,18	31,44
50	163,38	106,39	82,78	69,28	60,34	53,91	49,00	45,11	41,94	39,30	37,05	35,10
100	182,43	118,80	92,43	77,36	67,38	60,19	54,71	50,37	46,83	43,88	41,36	39,20
500	235,67	153,46	119,41	99,93	87,04	77,76	70,68	65,08	60,50	56,68	53,44	50,63

Curvas IDF de la estacion HIDROPARAISO

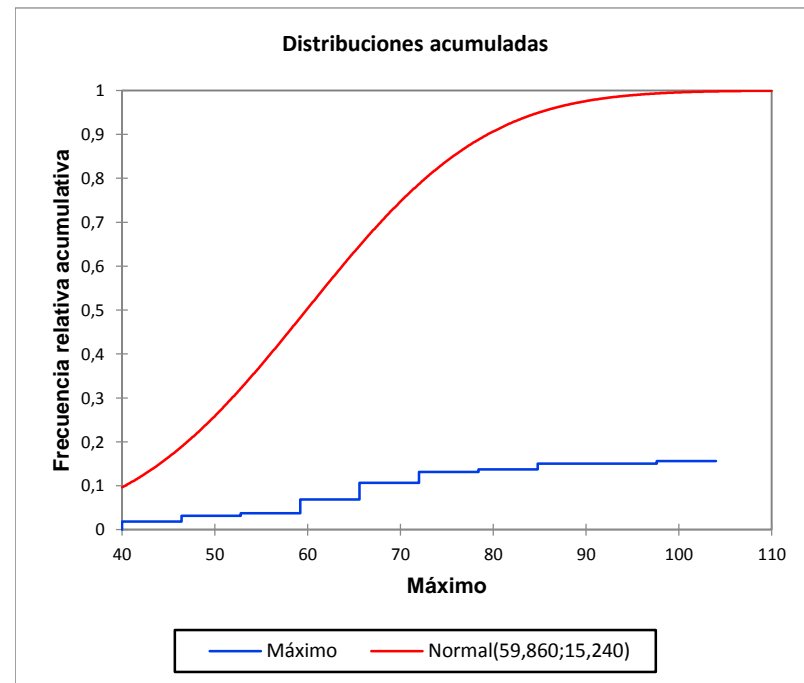
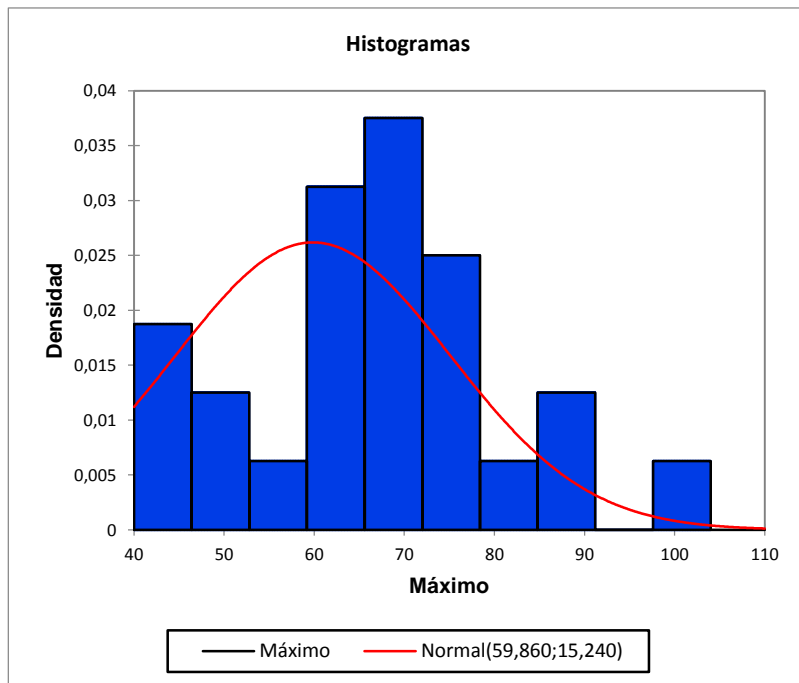


AJUSTE DE UNA DISTRIBUCION

Nivel de significancia: 0,05

Distribución: Normal

Prueba de Kolmogorov-Smirnov:	
D	0,265
valor-p	0,049
alfa	0,05



Límite inferior	Límite superior	Frecuencia	Frecuencia relativa	Densidad (Datos)	Densidad (Distribución)
40	46,4	3	0,120	0,019	0,092
46,4	52,8	2	0,080	0,013	0,133
52,8	59,2	1	0,040	0,006	0,161
59,2	65,6	5	0,200	0,031	0,164
65,6	72	6	0,240	0,038	0,140
72	78,4	4	0,160	0,025	0,101
78,4	84,8	1	0,040	0,006	0,061
84,8	91,2	2	0,080	0,013	0,031
91,2	97,6	0	0,000	0,000	0,013
97,6	104	1	0,040	0,006	0,005

Según el ajustes de distribución de los datos de precipitación máxima en 24 horas, se analizó que el valor-p computado es menor que el nivel de significación $\alpha = 0,05$, por lo tanto el riesgo de rechazar la hipótesis nula H_0 cuando es verdadera es inferior 4,92%, es decir que la valores utilizados para realizar la Curva IDF son aceptados.