



UNIVERSITAT POLITÈCNICA
DE CATALUNYA
BARCELONATECH

Ejercicio de cálculos de periodo de Retorno

MÉTODOS ESTADÍSTICOS EN HIDROLOGÍA

Yajaira Castillo Gonzalez
Daniela Reales Núñez

6 DE MAYO 2022 | BARCELONA

Modelo SQRT-ET max

Introducción

Este método fue propuesto por Etoh et al. (1986), desarrollado en Japón y en los últimos años se ha ido utilizando con mayor frecuencia en España. El método evalúa series anuales máximas (SAM) como por ejemplo, una serie de datos con el día más lluvioso de cada año.

Tradicionalmente, se han utilizado las funciones de Log-Pearson III y Gumbel, siendo esta la más utilizada por ser de más sencilla aplicación.

Para modelar máximos anuales de precipitación diaria, las distribuciones estadísticas presentan problemáticas como son:

- La distribución de Gumbel infravalora los valores de precipitación asociados a períodos de retorno altos.
- La distribución LOG-Pearson III cuenta con 3 parámetros a estimar y la precisión del ajuste se resiste con ello.
- Ambas distribuciones son muy sensibles a la presencia de valores erráticos en la serie.

Función de distribución o de probabilidad acumulada

$$F(X) = e^{\left[-k(1+\sqrt{\alpha x})e^{(-\sqrt{\alpha x})}\right]}$$

Donde:

- $F(x)$: Probabilidad de ocurrencia de una determinada tormenta.
- α : parámetro de escala
- k : parámetro de frecuencia

k y α son parámetros de distribución que dependen de la media y desviación típica. Donde $k > 0$ y $\alpha > 0$

La obtención de estos parámetros de distribución no es sencillo, por lo que Zorraquino (2004) elabora una aproximación polinómica para el cálculo de estos parámetros. (F. Javier Sánchez San Román), para ello se tiene 3 pasos.

Paso 1:

Cálculo del parámetro k:

$$\ln(k) = \sum_{i=0}^6 a_i \cdot [\ln(C_v)]^i$$

Donde:

- C_v : Coeficiente de variación
- a_i : Coeficientes calculados por el autor

Y,

$$C_v = \frac{\text{Desviación estándar}}{\text{media}}$$

Para determinar el valor del coeficiente a, se tomará el valor del rango al que pertenezca el valor de C_v (Ver tabla 1).

Tabla 1. Valores para el coeficiente a_i

C_v :	0.99 a 0.70	0.70 a 0.30	0.30 a 0.19
a0	1,318615	1,801513	-1765,86
a1	-3,16463	2,473761	-7240,6
a2	-1,59552	23,556200	-11785,6
a3	-6,26911	49,957274	-9538,0
a4	-11,3177	59,775636	-3834,3
a5	-22,6976	35,696876	-612,68
a6	-22,0663	8,505713	0,000

Fuente: Zorraquino (2004)

Paso 2:

Cálculo del valor de la integral I_1 :

$$\ln(I_1) = \sum_{i=0}^6 b_i \cdot [\ln(k)]^i$$

Donde:

- b_i : Coeficiente calculado por el autor

Para determinar el valor del coeficiente b , se tomará el valor del rango al que pertenezca el valor de C_v (Ver tabla 2).

Tabla 2. Valores para el coeficiente b_i

C_v :	0.99 a 0.70	0.70 a 0.30	0.30 a 0.19
b_0	2,307319	2,342697	-0,931508
b_1	-0,136674	-0,149784	2,156709
b_2	-0,075036	-0,099312	-0,779770
b_3	-0,013464	0,003444	0,112962
b_4	0,003228	0,001014	-0,009340
b_5	0,000521	-0,000141	0,000412
b_6	-0,000141	0,000005	-0,000008

Fuente: Zorraquino (2004)

Paso 3:

Determinar el valor del parámetro α :

$$\alpha = \frac{k}{1 - e^{-k}} \frac{I_1}{2\bar{x}}$$

Donde:

- k, I_1 = calculados en los pasos anteriores
- $\bar{x}$ = media aritmética

Función de densidad de probabilidad

La función de densidad, se obtiene a partir de la derivada de la función de distribución y añadiendo un factor corrector para condicionarla a valores no negativos de la variable x

$$f(x) = \frac{k}{1 - e^{-k}} \frac{\alpha}{2} \exp(-\sqrt{\alpha x}) F(x)$$

Caso

Durante el mes de diciembre de 2010 se produjeron dos episodios de lluvias intensas que afectaron Andalucía, y especialmente a la cuenca del Guadalquivir, produciendo crecidas importantes de los cauces principales de la cuenca que provocaron inundaciones en las localidades de Montoro, El Carpio, Córdoba, Villa del Río y Lora del Río, entre otras.

La empresa PARQUES Y RIBERAS S. A. Estaba ejecutando en ese período una obra denominada de *creación de un parque de ribera en el río Guadalquivir a su paso por Montoro (Córdoba)* que ocupaba el lecho a su paso por dicha localidad. Debido a la crecida del río el día 8 de diciembre del 2010 esta empresa sufrió daños cuantiosos en dicha obra, para la que contaba con una póliza de seguros del tipo *Todo Riesgo Construcción* contratada con la compañía de seguros SEGUROS DE ANDALUCIA S. A.

Este tipo de pólizas suelen establecer en su redactado un umbral de probabilidad de excedencia a partir del cual se considera que el riesgo es previsible, por lo que el contratante debe de autoprotgerse, y por debajo del cual (probabilidades de ocurrencia pequeñas) se puede considerar el episodio como extraordinario, y por lo tanto como un siniestro por el cual percibir indemnización por los daños causados.

En el caso presente la póliza establecía que ***en el caso de inundación*** se considerarán indemnizables ***los daños provocados por avenidas de caudales superiores al período de retorno de 20 años (probabilidad de excedencia del 5%), según el registro de la estación hidrometeorológica oficial más cercana a la zona siniestrada.***

La empresa constructora presentó una reclamación a la compañía aseguradora, asegurando que el caudal observado el día 8/12/2010 superaba el periodo de retorno de 20 años y que al ser extraordinario tenía derecho a indemnización.

La empresa aseguradora te encarga un estudio del periodo de retorno de los caudales en la estación limnimétrica de la Confederación Hidrográfica del Guadalquivir más cercana a Montoro que resulta ser la situada en el embalse fluyente del Carpio.

La serie histórica de esta estación permite disponer de una serie histórica de caudales diarios máximos anuales de 59 datos en 60 años (desde 1950 a 2010), recogida en el archivo DATOS Q MAX.

Orden inicial

Orden Inicial	Año	Q diario Max anual (m3/s)
1	1950	192
2	1951	1627
3	1952	1213
4	1953	367
5	1954	190
6	1955	386
7	1956	824
8	1957	257
9	1958	188
10	1959	1935
11	1960	2555
12	1961	663
13	1962	1920
14	1963	3720
15	1964	2120
16	1965	235
17	1966	2219
18	1967	304
19	1970	1763
20	1971	308
21	1972	362
22	1973	162
23	1974	505
24	1975	41
25	1976	538
26	1977	820
27	1978	1171
28	1979	1598
29	1980	199
30	1981	331
31	1982	406
32	1983	772
33	1984	278
34	1985	433
35	1986	483
36	1987	576
37	1988	174
38	1989	271
39	1990	144
40	1991	351
41	1992	177
42	1993	40
43	1994	61
44	1995	242
45	1996	1492
46	1997	1850
47	1998	61
48	1999	323
49	2000	211
50	2001	1420
51	2002	161
52	2003	385
53	2004	178
54	2005	56
55	2006	57
56	2007	333
57	2008	202
58	2009	578
59	2010	1854

Nuevo orden

Nuevo Orden	Año	Q diario Max anual (m3/s)
1	1993	40
2	1975	41
3	2005	56
4	2006	57
5	1994	61
6	1998	61
7	1990	144
8	2002	161
9	1973	162
10	1988	174
11	1992	177
12	2004	178
13	1958	188
14	1954	190
15	1950	192
16	1980	199
17	2008	202
18	2000	211
19	1965	235
20	1995	242
21	1957	257
22	1989	271
23	1984	278
24	1967	304
25	1971	308
26	1999	323
27	1981	331
28	2007	333
29	1991	351
30	1972	362
31	1953	367
32	2003	385
33	1955	386
34	1982	406
35	1985	433
36	1986	483
37	1974	505
38	1976	538
39	1987	576
40	2009	578
41	1961	663
42	1983	772
43	1977	820
44	1956	824
45	1978	1171
46	1952	1213
47	2001	1420
48	1996	1492
49	1979	1598
50	1951	1627
51	1970	1763
52	1997	1850
53	2010	1854
54	1962	1920
55	1959	1935
56	1964	2120
57	1966	2219
58	1960	2555
59	1963	3720

Se ha calculado los valores estadísticos de la variable:

Tabla 3. Estadística descriptiva de la variable

Media	716,64407
Error típico	101,56036
Mediana	362
Moda	61
Desviación estándar	780,0999
Varianza de la muestra	608555,85
Curtosis	2,7854198
Coefficiente de asimetría	1,6861471
Rango	3680
Mínimo	40
Máximo	3720
Suma	42282
Cuenta	59

Se prosigue con el cálculo de los parámetros de k y α , obteniéndose los siguientes valores:

$k=$	2,81
$l1=$	7,96
$\alpha=$	0,02

Con dichos valores se calculará el valor de la función de distribución, tal como se muestra en el siguiente gráfico:

Datos			SQRT-Etmax
Nº Ordenado	Año	Q mig anual (m3/s)	F(x)
1	1993	40	0,10445
2	1975	41	0,10553
3			0,12177
4			0,12285
5	1994	61	0,12719
6	1998	61	0,12719
7	1990	144	0,21768
8	2002	161	0,23603
9	1973	162	0,23710
10	1988	174	0,24995
11	1992	177	0,25315
12	2004	178	0,25421
13	1958	188	0,26482
14	1954	190	0,26693
15	1950	192	0,26904
16	1980	199	0,27640
17	2008	202	0,27954
18	2000	211	0,28891
19	1965	235	0,31356
20	1995	242	0,32065

Se calcula el periodo de retorno tal como se muestra en el siguiente gráfico:

Datos			SQRT-Etmax		
Nº Ordenado	Año	Q mig anual (m3/s)	F(x)	1-F(x)	Periodo de retorno
1	1993	40	0,10445	0,8956	1,1166
2	1975	41	0,10553	0,8945	1,1180
3	2005	56	0,12177	0,8782	1,1386
4	2006	57	0,12285	0,8771	1,1401
5	1994	61	0,12719	0,8728	1,1457
6	1998	61	0,12719	0,8728	1,1457
7	1990	144	0,21768	0,7823	1,2783
8	2002	161	0,23603	0,7640	1,3090
9	1973	162	0,23710	0,7629	1,3108
10	1988	174	0,24995	0,7500	1,3332
11	1992	177	0,25315	0,7469	1,3390
12	2004	178	0,25421	0,7458	1,3409
13	1958	188	0,26482	0,7352	1,3602
14	1954	190	0,26693	0,7331	1,3641
15	1950	192	0,26904	0,7310	1,3681
16	1980	199	0,27640	0,7236	1,3820
17	2008	202	0,27954	0,7205	1,3880
18	2000	211	0,28891	0,7111	1,4063
19	1965	235	0,31356	0,6864	1,4568
20	1995	242	0,32065	0,6794	1,4720

$$T = \frac{1}{1 - F(x)}$$

La función de densidad de probabilidad se obtuvo de la siguiente manera:

Datos				SQRT-Etmax			
Nº Inicial	Nº Ordenado	Año	Q mig anual (m3/s)	F(x)	1-F(x)	Periodo de retorno	f(x)
42	1	1993	40	0,10445	0,8956	1,1166	0,0011
24	2	1975	41	0,10553	0,8945	1,1180	0,0011
54	3	2005	56	0,12177	0,8782	1,1386	0,0012
55	4	2006	57	0,12285	0,8771	1,1401	0,0012
43	5	1994	61	0,12719	0,8728	1,1457	0,0012
47	6	1998	61	0,12719	0,8728	1,1457	0,0012
39	7	1990	144	0,21768	0,7823	1,2783	0,0012
51	8	2002	161	0,23603	0,7640	1,3090	0,0011
22	9	1973	162	0,23710	0,7629	1,3108	0,0011
37	10	1988	174	0,24995	0,7500	1,3332	0,0011
41	11	1992	177	0,25315	0,7469	1,3390	0,0011
53	12	2004	178	0,25421	0,7458	1,3409	0,0011
9	13	1958	188	0,26482	0,7352	1,3602	0,0011
5	14	1954	190	0,26693	0,7331	1,3641	0,0011
1	15	1950	192	0,26904	0,7310	1,3681	0,0011
29	16	1980	199	0,27640	0,7236	1,3820	0,0011
57	17	2008	202	0,27954	0,7205	1,3880	0,0011
49	18	2000	211	0,28891	0,7111	1,4063	0,0011
16	19	1965	235	0,31356	0,6864	1,4568	0,0011
44	20	1995	242	0,32065	0,6794	1,4720	0,0011

$$f(x) = \frac{k}{1 - e^{-k}} \frac{\alpha}{2} \exp(-\sqrt{\alpha x}) F(x)$$

La U de Gumbel se calculó de la siguiente manera:

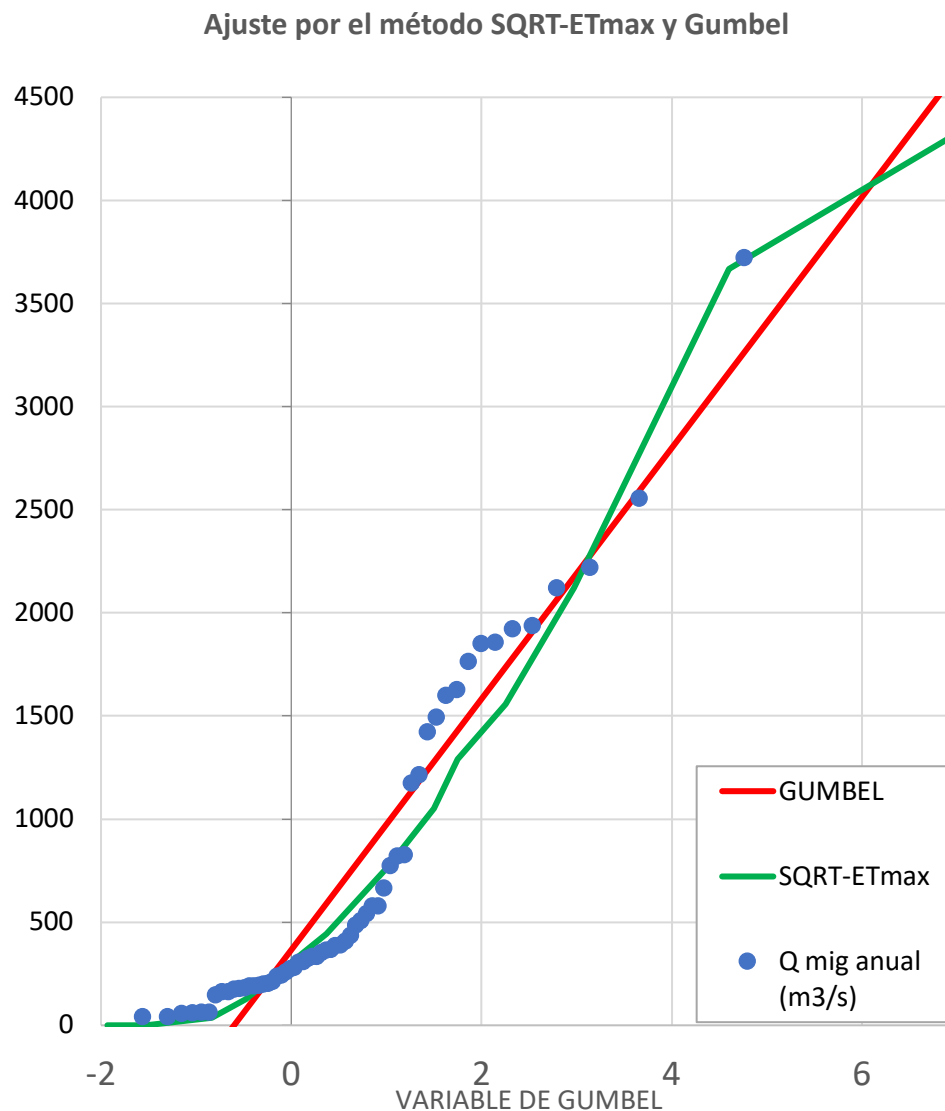
Datos				SQRT-ETmax				
Nº Inicial	Nº Ordenado	Año	Q mig anual (m3/s)	F(x)	1-F(x)	Periodo de retorno	f(x)	U Gumbel
42	1	1993	40	0,10445	0,8956	1,1166	0,0011	-0,8150
24	2	1975	41	0,10553	0,8945	1,1180	0,0011	-0,8104
54	3	2005	56	0,12177	0,87	$U = -\ln(-\ln(F(x)))$		-0,7446
55	4	2006	57	0,12285	0,8771			-0,7404
43	5	1994	61	0,12719	0,8728	1,1457	0,0012	-0,7237
47	6	1998	61	0,12719	0,8728	1,1457	0,0012	-0,7237
39	7	1990	144	0,21768	0,7823	1,2783	0,0012	-0,4218
51	8	2002	161	0,23603	0,7640	1,3090	0,0011	-0,3673
22	9	1973	162	0,23710	0,7629	1,3108	0,0011	-0,3641
37	10	1988	174	0,24995	0,7500	1,3332	0,0011	-0,3268
41	11	1992	177	0,25315	0,7469	1,3390	0,0011	-0,3176
53	12	2004	178	0,25421	0,7458	1,3409	0,0011	-0,3145
9	13	1958	188	0,26482	0,7352	1,3602	0,0011	-0,2842
5	14	1954	190	0,26693	0,7331	1,3641	0,0011	-0,2782
1	15	1950	192	0,26904	0,7310	1,3681	0,0011	-0,2722
29	16	1980	199	0,27640	0,7236	1,3820	0,0011	-0,2515
57	17	2008	202	0,27954	0,7205	1,3880	0,0011	-0,2426
49	18	2000	211	0,28891	0,7111	1,4063	0,0011	-0,2164
16	19	1965	235	0,31356	0,6864	1,4568	0,0011	-0,1482
44	20	1995	242	0,32065	0,6794	1,4720	0,0011	-0,1288

Finalmente se realiza el ajuste por el método de SQRT-ET max y Gumbel, obteniendo los siguientes valores para diferentes periodos de retorno, tal como se muestra en la siguiente tabla:

T	F(x)	U Gumbel	Q(P) Gumbel	Q(P) sqrt
1,001001	0,001	-1,9326447	-810,41934	—
1,01010101	0,01	-1,5271796	-563,70278	—
1,11111111	0,1	-0,8340324	-141,93802	35,9
1,25	0,2	-0,475885	75,9867938	127,7
2	0,5	0,36651292	588,567327	442,44
3,33333333	0,7	1,03093043	992,850714	774,381505
5	0,8	1,49993999	1278,23267	1049,94655
7	0,84	1,74667108	1428,3631	1290,5192
10	0,9	2,25036733	1734,85114	1558,21095
20	0,95	2,97019525	2172,85054	2123,33799
100	0,99	4,60014923	3164,64155	3668,25184
1000	0,999	6,90725507	4568,46452	4299,86441

A partir de la anterior tabla mostrada se observa que para un periodo de retorno de 20 años, según el método de Gumbel se tendrá un caudal máximo de 2172,851 m3/s, mientras que por el método de SQRT-ET max se tendrá un caudal máximo de 2128.573 m3/s

Se realiza un gráfico comparativo de los ajustes del método SQRT-ET max y Gumbel (ver gráfico ..)



Realizando el análisis gráfico se observa que la variable no se ajusta a ninguno de los dos métodos evaluados, por lo que se realiza el test de bondad para cada método (SQRT-ET max y Gumbel), tal como se muestra en las siguientes imágenes:

TEST DE BONDAD SQRT-Etmax

Numero de datos:	N	59
$K = 1 + 3,3 \log(N)$	Sturges	6,84
Numero de clases:	k	7
Intervalo de X	/delta x =	1
Probabilidad	Pi =	0,1429
Estimación valor esperado	Ei =	8,4285714

i	Pi	Fxi	T	Xi	/delta x	Ei	Oi	Di
1	0,14	0,14	1,1667	75,40	75,40	8,42857	6	0,70
2	0,14	0,29	1,4000	207,90	207,90	8,42857	11	0,78
3	0,14	0,43	1,7500	356,10	356,10	8,42857	12	1,51
4	0,14	0,57	2,3333	541,70	541,70	8,42857	9	0,04
5	0,14	0,71	3,5000	807,62	807,62	8,42857	4	2,33
6	0,14	0,86	7,0000	1290,52	1290,52	8,42857	4	2,33
7	0,14	1,00				8,42857	13	2,48
						59	59	10,17
								D

Significancia	0,1
G libertad	4
CHI.CUAD	7,7794403

Probabilidad de ser SQRT-	0,0376674	3,7667380%
Probabilidad de rechazo d	0,9623326	96,23%

TEST DE BONDAD GUMBEL

Numero de datos:	N	59
$K = 1 + 3,3 \log(N)$	Sturges	6,84
Numero de clases:	k	7
Intervalo de X	/delta x =	1
Probabilidad	Pi =	0,1429
Estimación valor esperado	Ei =	8,42857143

i	Pi	Fxi	U Gumbel	Xi	/delta x	Ei	Oi	Di
1	0,14	0,14	-0,67	-39,53	-39,53	8,42857	0	8,43
2	0,14	0,29	-0,23	228,43	267,96	8,42857	18	10,87
3	0,14	0,43	0,17	466,38	237,95	8,42857	17	8,72
4	0,14	0,57	0,58	718,78	252,40	8,42857	6	0,70
5	0,14	0,71	1,09	1028,33	309,55	8,42857	3	3,50
6	0,14	0,86	1,87	1503,30	474,97	8,42857	4	2,33
7	0,14	1,00				8,42857	11	0,78
						59	59	35,32
								D

Significancia	0,1
G libertad	4
CHI.CUAD	7,77944034

Probabilidad de ser Gumb	3,9889E-07	0,00004%
Probabilidad de rechazo d	0,9999996	100,000%

Preguntas

1) AJUSTAR una ley de Gumbel a los datos y calcular el caudal de periodo de T= 20 años (Probabilidad de excedencia del 5%).

El ajuste de la ley de Gumbel, calculado en el archivo SQRT-ETmax.xlsx, da como resultado la siguiente tabla de datos:

T	F(x)	U Gumbel	Q(P)
1,001001	0,001	-1,9326447	-810,41934
1,01010101	0,01	-1,5271796	-563,70278
1,11111111	0,1	-0,8340324	-141,93802
1,25	0,2	-0,475885	75,9867938
2	0,5	0,36651292	588,567327
3,33333333	0,7	1,03093043	992,850714
5	0,8	1,49993999	1278,23267
7	0,84	1,74667108	1428,3631
10	0,9	2,25036733	1734,85114
20	0,95	2,97019525	2172,85054
100	0,99	4,60014923	3164,64155
1000	0,999	6,90725507	4568,46452

La probabilidad de excedencia de 5% para un periodo de retorno de 20 años nos indica un caudal máximo estimado de 2172 m³/s.

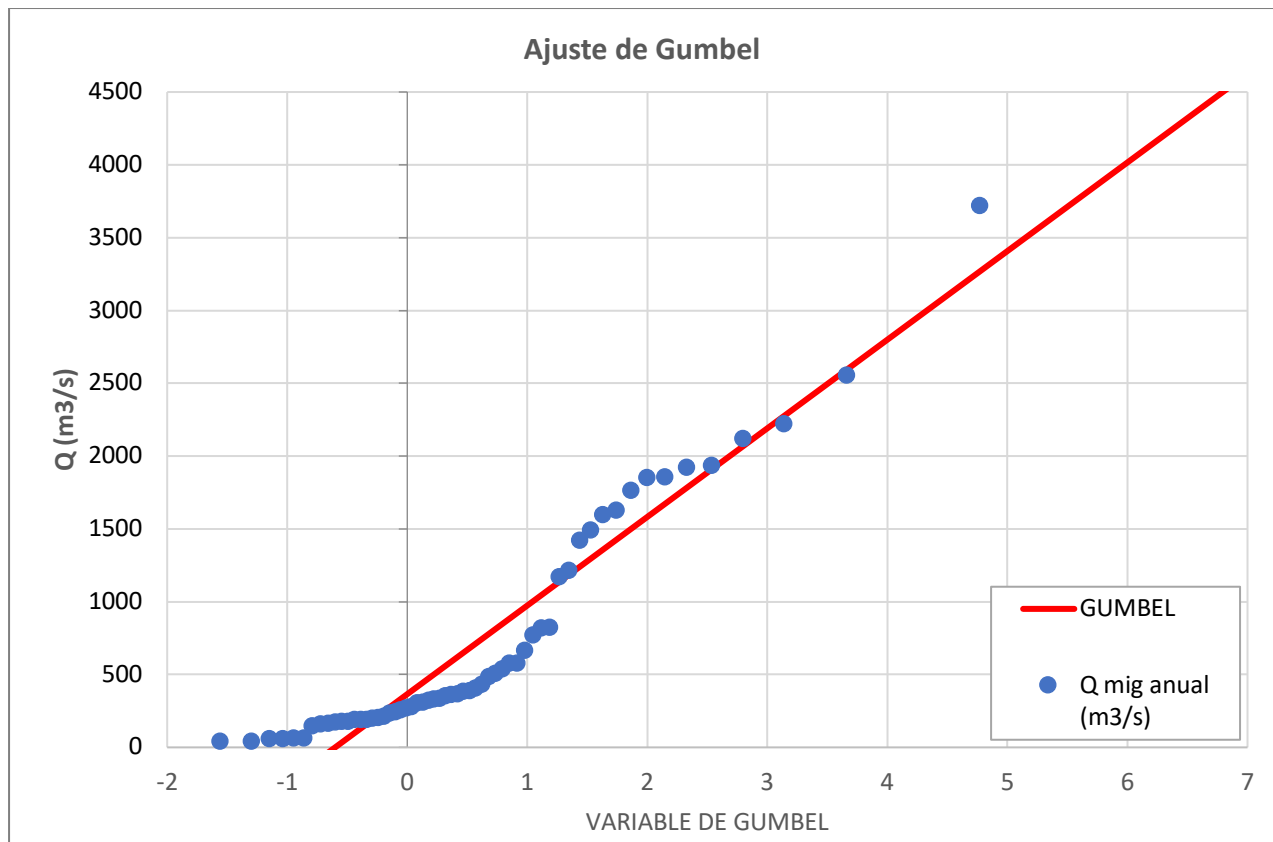
2) Si el caudal medio diario registrado el día 8 de Diciembre de 2010 fue de 2035 m³s-1, se puede considerar el episodio como extraordinario, o no?

Según lo enunciado en la póliza del seguro para que una avenida de caudal sea considerada extraordinaria esta debe ser superior a lo indicado para un periodo de retorno de 20 años (probabilidad de excedencia de 5%). Al ajustar los datos con la ley de Gumbel se obtuvo un periodo de retorno de 2172 m³/s, lo cual indica que el caudal medio diario registrado el día 8 de diciembre 2010 no supera lo indicado en la póliza.

3) Se puede incluir en el cálculo el caudal registrado en febrero de 2010 como valor de la serie (1854 m³s-1) ? Y el del propio episodio del 8 de Diciembre (2035 m³s-1)?

No, debido a que estos métodos utiliza caudales máximos de cada año, por ende se debería de trabajar con el episodio del 8 de diciembre (2035 m³/s).

4) Es la ley de Gumbel una ley de probabilidades adecuada para realizar este ajuste? Se puede aceptar según el test χ^2 ?



No, se puede ver de manera visual en el gráfico que los datos no se adecuan a la Ley de Gumbel. Esto se pudo confirmar a través del test de χ^2 donde el rechazo a la hipótesis es de 100%.

TEST DE BONDAD GUMBEL

Numero de datos:	N	59
K = 1+3,3 Log (N)	Sturges	6,84
Numero de clases:	k	7
Intervalo de X	/delta x =	1
Probabilidad	PI =	0,1429
Estimación valor esperado	Ei =	8,42857143

I	PI	Fxi	U Gumbel	Xi	/delta x	Ei	Oi	Di
1	0,14	0,14	-0,67	-39,53	-39,53	8,42857	0	8,43
2	0,14	0,29	-0,23	228,43	267,96	8,42857	18	10,87
3	0,14	0,43	0,17	466,38	237,95	8,42857	17	8,72
4	0,14	0,57	0,58	718,78	252,40	8,42857	6	0,70
5	0,14	0,71	1,09	1028,33	309,55	8,42857	3	3,50
6	0,14	0,86	1,87	1503,30	474,97	8,42857	4	2,33
7	0,14	1,00				8,42857	11	0,78
						59	59	35,32
								D

Significancia	0,1
G libertad	4
CHI.CUAD	7,77944034

Probabilidad de ser Gumb	3,9889E-07	0,00004%
Probabilidad de rechazo d	0,9999996	100,000%

5) Hacer (cada grupo un ajuste) los ajustes de la serie correspondientes a las leyes de distribución de LOG PEARSON III, WEIBULL, TCEV y SQRTMAX-ET

El presente informe realizó el ajuste de SQRT-ET max. Para realizar este ajuste se tiene que considerar que dada la siguiente formula de probabilidad acumulada:

$$F(X) = e^{\left[-k(1+\sqrt{\alpha x})e^{(-\sqrt{\alpha x})}\right]}$$

Cabe mencionar que no se puede despejar x de manera explícita para poder obtener el cuantil de caudal para un determinado periodo de retorno. Para poder realizar dicho calculo se realizo una iteración de 200 veces, obteniendo los siguientes valores de caudales:

T	F(x)	U Gumbel	Q(P) Gumbel	Q(P) sqrt
1,001001	0,001	-1,9326447	-810,41934	—
1,01010101	0,01	-1,5271796	-563,70278	—
1,11111111	0,1	-0,8340324	-141,93802	35,9
1,25	0,2	-0,475885	75,9867938	127,7
2	0,5	0,36651292	588,567327	442,44
3,33333333	0,7	1,03093043	992,850714	774,381505
5	0,8	1,49993999	1278,23267	1049,94655
7	0,84	1,74667108	1428,3631	1290,5192
10	0,9	2,25036733	1734,85114	1558,21095
20	0,95	2,97019525	2172,85054	2123,33799
100	0,99	4,60014923	3164,64155	3668,25184
1000	0,999	6,90725507	4568,46452	4299,86441

El siguiente grafico muestra una comparación de cada ajuste de las leyes de distribución, respecto al caudal obtenido con respecto a un periodo de retorno especifico y la variación de gumbel:

agregar grafico

6) Se puede considerar el episodio como extraordinario en alguno de los tres casos?

Se determino que el episodio de 2010 con un caudal de 2035 m³/s, no corresponde a un evento extraordinario para ninguno de los ajustes de leyes de distribución para un periodo de retorno de 20 años, como se puede observar en la siguiente tabla:

T	F(x)	U Gumbel	Caudal (m3/s)				
			Gumbel	SQRT-Etmax	TCEV	Log Pearson III	Weibull
1,001001	0,001	-1,9326447	-810,41934	—	-48,25071532	40,71367724	82,9060984
1,01010101	0,01	-1,5271796	-563,70278	—	-5,920642874	40,71468492	84,0747704
1,11111111	0,1	-0,8340324	-141,93802	35,9	90,30957159	101,9857608	110,960144
1,25	0,2	-0,475885	75,9867938	127,7	152,070734	163,1080579	159,305581
2	0,5	0,36651292	588,567327	442,44	404,762487	413,9810303	429,373415
3,33333333	0,7	1,03093043	992,850714	774,3815049	840,446213	739,6584872	806,376574
5	0,8	1,49993999	1278,23267	1049,946546	1187,768997	1047,946672	1148,29566
7	0,84	1,74667108	1428,3631	1290,5192	1376,92313	1238,43496	1349,67535
10	0,9	2,25036733	1734,85114	1558,210954	1750,23829	1692,215449	1800,4419
20	0,95	2,97019525	2172,85054	2123,33799	2290,178536	2504,755437	2522,36277
100	0,99	4,60014923	3164,64155	3668,251837	3503,76954	5181,537957	4410,91104
1000	0,999	6,90725507	4568,46452	4299,864407	4855,56087	11549,88424	7514,43998

7) Cual sería vuestra recomendación para la estimación del periodo de retorno de 20 años y la decisión final sobre si el episodio fue o no extraordinario.

Se recomienda realizar un análisis para decidir cual ley de distribución se ajusta de mejor forma a los datos que deben ser estudiados, en este caso se podría decir que por el test X² la ley de distribución SQRT-ET max se considera mejor para la estimación de los caudales para cada periodo de retorno.

	Test CHI ²			
	Gumbel	SQRT-Etmax	TCEV	Log Pearson III
D	35,322	10,169	8,029	8,746
Probabilidad de Rechazo	100,0%	96,2%	98,2%	96,7%