ANEXO 1:

DATOS DE PRECIPITACIONES MÁXIMAS DIARIAS

ANEXO 1: Datos de precipitaciones máximas diarias

ALTURA MAXIMA DIARIA DE PRECIPITACIÓN (mm)

Estación: CULPINA **Lat. S.:** 20°49'5.88"
Provincia: SUD CINTI **Long. W.:** 64°56'52.08"
Departamento: CHUQUISACA **Altura:** 2.970 msnm

AÑO	ENE.	FEB.	MAR.	ABR.	MAY.	JUN.	JUL.	AGO.	SEP.	OCT.	NOV.	DIC.	MAX
1973												29,90	****
1974	19,30	27,10	16,40	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	2,20	0,00	3,00	14,60	27,10
1975	29,30	27,30	17,30	0,80	3,00	0,00	0,00	0,50	7,30	9,30	7,80	16,60	29,30
1976	20,10	28,20	17,40	3,20	3,60	0,00	0,00	5,40	0,00	45,20	5,00	8,50	45,20
1977	15,00	41,00	22,50	0,00	0,00	0,00	0,00	2,00	3,20	15,50	17,40	23,70	41,00
1978	11,50	26,00	17,40	4,00	0,00	0,00	0,00	0,80	0,00	7,80	7,60	28,30	28,30
1979	18,90	8,20	20,70	2,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,70	4,50	16,80	20,70
1980	8,80	19,60	8,80	0,30	8,80	0,00	0,00	0,00	0,50	13,50	3,20	3,00	19,60
1981	23,00	14,70	13,40	6,30	0,00	0,00	0,00	2,70	7,30	1,00	10,90	18,60	23,00
1982	14,00	22,00	17,30	14,10	3,50	0,00	0,00	0,00	11,20	2,60	11,40	18,50	22,00
1983	6,80	11,80	6,00	1,80	2,40	0,00	3,60	0,60	8,50	4,40	9,60	14,30	14,30
1984	11,40	15,10	18,50	4,00	0,00	0,00	0,20	16,70	0,50	23,00	19,50	25,30	25,30
1985	8,80	26,30	8,80	25,00	0,00	19,40	2,00	1,60	3,60	2,60	21,60	47,50	47,50
1986	8,80	28,80	24,50	19,10									****
1987				13,60	0,00	0,00							****
1988	21,20	10,50	23,00	11,20	0,20	0,00	0,00	0,00	3,00	3,20	8,20	50,00	50,00
1989							0,00	0,00	12,20	17,20	24,00	13,20	****
1990	14,20	13,40	20,00	25,00	1,20	0,00	0,00	0,00	0,00	1,10	5,00	20,00	25,00
1991	24,50	14,50	16,00	10,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	5,40	11,20	20,00	24,50
1992	22,00	16,00	9,00	0,30	0,20	1,00	0,00	0,00	0,00	9,50	29,30	20,00	29,30
1993	5,50	10,50	20,00	25,50	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	19,50	11,00	27,00	27,00
1994	19,50	10,00	7,50	4,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,50	23,50	6,50	14,00	23,50
1995	19,00	20,00	9,00	6,00	0,00	0,00							****
1996													****
1997											5,00	9,70	****
1998	16,90	18,70	16,00	5,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	6,60	3,20	4,70	18,70
1999	16,00	20,00	18,70	4,50	0,00	0,00	0,00	0,00	41,00	9,00	5,00	4,20	41,00
2000	29,80	4,80	4,50	4,80	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	5,20	0,00	1,50	29,80
2001	0,00	16,00	8,10	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	17,10	17,10
2002	2,70	21,50	6,00	8,50	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	8,50	12,00	9,10	21,50
2003	22,50	8,50	14,30	7,30	0,00	0,00	0,00	2,50	0,00	6,00	4,20	83,00	83,00
2004	9,50	16,50	6,50	1,00	0,00	0,30	0,00	7,20	2,10	1,00	2,10	8,00	16,50
2005	13,20	25,50	15,00	8,60	0,00	0,00	0,00	0,00	7,00	5,30	0,00	13,00	25,50
2006	40,00	24,00	21,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	2,10	1,20	11,30	13,00	40,00
2007	34,20	5,00	12,70	0,00	0,00	0,00	0,00	3,10	1,80	12,50	5,60	19,60	34,20
2008	22,80	14,20	24,10	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	3,50	7,30	23,60	24,10
2009	11,60	4,20	12,10	9,50	0,00	0,00	0,00	0,00	8,70	0,00	15,50	17,60	17,60
2010	43,20	18,30	18,40	0,00	8,20	0,00	0,00	0,00	0,00	4,30	0,00	9,10	43,20
2011	9,10	16,20	6,10	6,20	4,30	0,00	0,00	0,00	4,60	10,80	0,00	14,00	16,20
2012	17,40	37,40	8,30	18,40	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	13,20	7,40	7,30	37,40
2013	17,70	9,60	6,00	0,00	0,00	4,80	0,00	0,00	0,50	4,20	4,30	60,50	60,50
2014	34,60	19,10	5,10	4,10	4,20	0,50	0,00	4,70	5,30	6,60	11,20	11,70	34,60
2015	17,00	12,30	19,60	4,10	0,00	0,00	0,00	0,00	1,30	13,30	6,00	17,40	19,60
2016	11,50	17,10	20,10	10,10	0,00	0,00	0,00	0,70	0,10	2,10	2,50	6,20	20,10
2017	29,70	12,30	15,40	3,20	0,00	0,00	0,40	0,00	3,50	2,80	5,50	11,50	29,70
2018	33,50	31,00	8,10	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	8,60	4,10	4,50	52,00	52,00
2019	16,90	27,50	5,00	1,10	0,00	0,10	12,50	0,00	2,70	4,10	13,20	16,30	27,50
2020	19,10	17,00	7,80	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	11,80	10,00	4,30	15,70	19,10
2021	8,70	11,40	4,10	6,10	0,00	0,00	0,00	0,00	17,20	3,60	14,30	20,00	20,00
2022	43,10	3,40	15,60	1,50	0,60	0,00	0,00	0,00	0,00	2,50	0,00	18,20	43,10
2023	14,50	9,40	23,60	5,20	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	9,50	11,70	31,50	31,50
2024	12,50	35,00	14,70	1,60	0,00	0,00	0,00	0,00	1,20	14,60	21,00	1,10	35,00
2025	13,00												****

ALTURA MAXIMA DIARIA DE PRECIPITACIÓN (mm)

Estación: Culpina (GPRS) **Lat. S.:** 20°49'46.92"
Provincia: SUD CINTI **Long. W.:** 64°56'39.84"
Departamento: CHUQUISACA **Altura:** 2.965 msnm

AÑO	ENE.	FEB.	MAR.	ABR.	MAY.	JUN.	JUL.	AGO.	SEP.	OCT.	NOV.	DIC.	MAX
2013			0,70	0,10	0,00	3,10	0,00	0,00			0,00	0,00	****
2014													****
2015								0,20	1,60	13,50	1,60	1,60	****
2016	2,90	4,30	3,90	3,90	0,00	0,10	0,00	0,60	1,50				****
2017					5,80	0,10	0,60	0,20	3,40	2,30	5,90	10,90	****
2018	30,40	28,20	10,60	0,30	0,10	0,80	0,00	0,20	8,80	6,10	1,10	0,00	30,4
2019								0,00	1,10	0,10	4,10	2,60	****
2020	7,70	2,70	3,50	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	15,90	9,80	4,50	13,80	15,9
2021	9,80	11,30	4,30	4,40	0,10	0,10	0,00	0,10	2,40	0,20	4,10	0,10	11,3

ALTURA MAXIMA DIARIA DE PRECIPITACIÓN (mm)

Estación: El Tranque (GPRS) **Lat. S.:** 20°48'38.88"
Provincia: SUD CINTI **Long. W.:** 64°56'52.08"
Departamento: CHUQUISACA **Altura:** 3.034 msnm

AÑO	ENE.	FEB.	MAR.	ABR.	MAY.	JUN.	JUL.	AGO.	SEP.	OCT.	NOV.	DIC.	MAX
2017						0,90	0,60	0,30	4,70	4,60	6,40	10,10	****
2018	39,60	33,40	9,60	1,70	0,10	0,60	0,00	2,60	12,20	3,60	7,40	34,90	39,60
2019	17,60	46,90				0,00	12,70	0,00	2,50	2,20	12,10	14,30	****
2020	12,60	18,30	14,30	1,80	0,30	0,90	0,00	0,00	10,60	4,10	1,00	2,90	18,30
2021	0,60	2,30	6,30	9,00	0,50	0,00	0,00	0,80	26,50	3,80	18,40	28,00	28,00
2022	21,90	6,10	11,70	2,80	0,90	0,00	0,00	0,10	0,30	5,00	2,90	18,80	21,90

ALTURA MAXIMA DIARIA DE PRECIPITACIÓN (mm)

Estación: Kumi Motón **Lat. S.:** 20°49'0.12"
Provincia: SUD CINTI **Long. W.:** 64°55'59.88"
Departamento: CHUQUISACA **Altura:** 2.970 msnm

AÑO	ENE.	FEB.	MAR.	ABR.	MAY.	JUN.	JUL.	AGO.	SEP.	OCT.	NOV.	DIC.	MAX
1994	9,00	17,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	7,00	0,00	15,00	17,00
1995	9,00	9,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	8,00	9,00

ALTURA MAXIMA DIARIA DE PRECIPITACIÓN (mm)

Estación: Incahuasi_CHUQ **Lat. S.:** 20°48'0.0"
Provincia: SUD CINTI **Long. W.:** 64°54'0.0"
Departamento: CHUQUISACA **Altura:** 2.965 msnm

AÑO	ENE.	FEB.	MAR.	ABR.	MAY.	JUN.	JUL.	AGO.	SEP.	OCT.	NOV.	DIC.	MAX
2014												0,00	****
2015	0,00			0,00	0,00	0,00	0,00	0,00		0,00			****
2016	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
2017	0,00	0,00	0,00			0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	****
2018	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
2019	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
2020	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
2021	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
2022	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
2023	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00

ALTURA MAXIMA DIARIA DE PRECIPITACIÓN (mm)

Estación: CULPINA **Lat. S.:** 20°46'0.12"
Provincia: NOR CINTI **Long. W.:** 64°52'0.12"
Departamento: CHUQUISACA **Altura:** 2.980 msnm

AÑO	ENE.	FEB.	MAR.	ABR.	MAY.	JUN.	JUL.	AGO.	SEP.	OCT.	NOV.	DIC.	MAX
1990	20,20	20,20	14,50	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	13,30	20,90	18,50	20,90
1991	44,70	18,80	16,20	20,60	0,00	0,00	0,00	2,50	4,50	7,50	13,10	15,50	44,70
1992	20,60	32,50	18,50	1,50	0,00	0,00	0,00	0,00	3,40	8,70	13,50	21,50	32,50
1993	24,50	24,50	40,50	4,70	15,50	0,00	0,00	3,20	1,50	43,60	32,50	18,50	43,60
1994	15,50	26,50	10,00	3,50	1,50	0,00	0,00	0,00	2,50	18,50	28,50		****
1995	28,50	19,50	27,50	10,50	9,50	0,00	0,00	0,00	9,20	3,50	12,20	16,50	28,50
1996	10,80	24,70	31,50	11,30	14,30	0,00	0,00	12,60	6,60	2,20	10,60	22,50	31,50
1997	11,40									4,80	7,50	7,30	****
1998	15,50	20,50	7,40	4,80	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	14,50	22,50	3,30	22,50
1999	40,60	26,50	45,40	11,40	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	20,00	7,00	9,80	45,40
2000	150,20	18,50	52,50	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	3,40	3,40	13,50	150,20
2001		47,20	44,30	0,00	0,00	0,00	0,00	0,70	0,00	0,00	0,00	65,50	****
2002	52,50	49,50	28,50	1,70	0,00	0,00	4,30	0,00	0,00	35,50	26,60	15,60	52,50
2003	29,80	20,00	29,40										****

ALTURA MAXIMA DIARIA DE PRECIPITACIÓN (mm)

Estación: Arpaja Alta **Lat. S.:** 20°40'36.84"
Provincia: NOR CINTI **Long. W.:** 64°56'53.16"
Departamento: CHUQUISACA **Altura:** 3.061 msnm

AÑO	ENE.	FEB.	MAR.	ABR.	MAY.	JUN.	JUL.	AGO.	SEP.	OCT.	NOV.	DIC.	MAX
1994	40,00	38,00	7,80	2,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,30	29,10	5,40	20,90	40
1995	20,20	35,50	40,00	1,70	2,10	0,00	0,00	0,00	9,50	17,50	21,50	56,00	56
1996	20,10	15,00	21,50	13,20	20,80	0,00	0,00	16,50	11,30	12,30	19,20	32,00	32
1997	31,00	38,00											****
1998													****
1999													****
2000													****
2001													****
2002	27,40			20,00	0,00	7,00	0,00	1,30	0,00	37,90	15,10	20,00	****
2003	14,20	28,00	21,20	1,80	1,80	0,00	0,00	0,00	0,00	22,00	8,10	82,50	82,5
2004	13,10	27,10	15,50	10,40	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	6,00	0,00	27,1
2005	0,00	22,40	11,70										****

ANEXO 2:

CÁLCULO HIDROLÓGICO Y CAUDAL MÁXIMO CON HEC-HMS

ANEXO 2: Cálculo hidrológico y caudal máximo con HEC-HMS

N°	AÑO	P_{max}
1	1974 - 1975	29,30
2	1975 - 1976	28,20
3	1976 - 1977	45,20
4	1977 - 1978	26,00
5	1978 - 1979	28,30
6	1979 - 1980	19,60
7	1980 - 1981	23,00
8	1981 - 1982	22,00
9	1982 - 1983	18,50
10	1983 - 1984	18,50
11	1984 - 1985	26,30
12	1989 - 1990	25,00
13	1990 - 1991	24,50
14	1991 - 1992	22,00
15	1992 - 1993	29,30
16	1993 - 1994	27,00
17	1997 - 1998	18,70
18	1998 - 1999	41,00
19	1999 - 2000	29,80
20	2000 - 2001	16,00
21	2001 - 2002	21,50
22	2002 - 2003	22,50
23	2003 - 2004	83,00
24	2004 - 2005	25,50
25	2005 - 2006	40,00
26	2006 - 2007	34,20
27	2007 - 2008	24,10
28	2008 - 2009	23,60
29	2009 - 2010	43,20
30	2010 - 2011	16,20
31	2011 - 2012	37,40
32	2012 - 2013	17,70
33	2013 - 2014	60,50
34	2014 - 2015	19,60
35	2015 - 2016	20,10
36	2016 - 2017	29,70
37	2017 - 2018	33,50
38	2018 - 2019	52,00
39	2019 - 2020	19,10
40	2020 - 2021	17,20
41	2021 - 2022	43,10
42	2022 - 2023	23,60
43	2023 - 2024	35,00

Parámetros Estadisticos	
N° Datos	43,00
Media (hd)	29,31
Desv. (Sd)	13,08
Moda (Ed)	29,30

COMPARACIÓN DE DISTRIBUCIONES CON EL SOFTWARE STATGRAPHICS

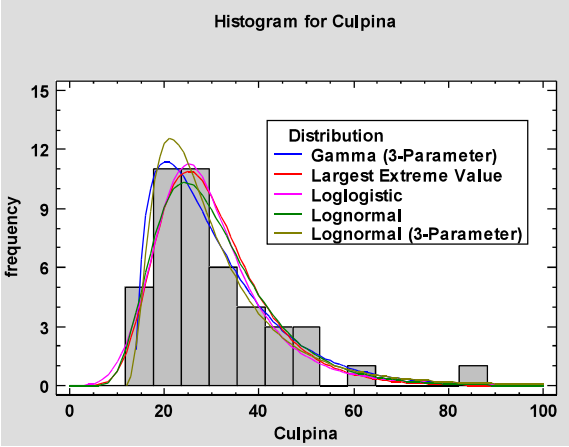
Diferencias entre distribuciones según el sofware Statgraphics

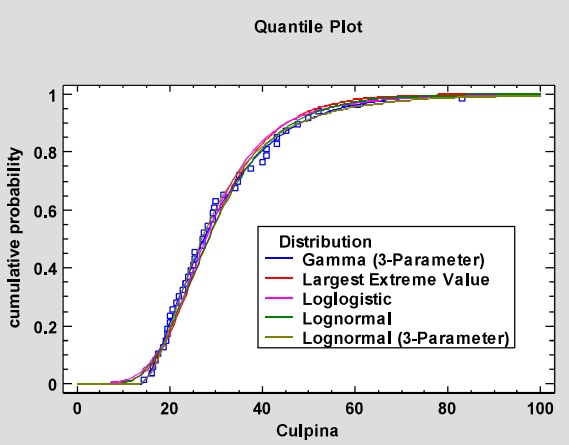
Nº	Distribution	Est. Parameters	Log Likelihood	KS D
1	Gamma (3-Parameter)	3	-169,25	0,0665628
2	Lognormal (3-Parameter)	3	-169,53	0,0627966
3	Inverse Gaussian	2	-171,295	0,0972872
4	Birnbaum-Saunders	2	-171,402	0,0994887
5	Lognormal	2	-171,437	0,0939784
6	Largest Extreme Value	2	-171,91	0,0890796
7	Loglogistic	2	-172,144	0,0820157
8	Gamma	2	-173,407	0,121837
9	Weibull	2	-177,899	0,143197
10	Logistic	2	-177,979	0,116536
11	Laplace	2	-177,992	0,138506
12	Normal	2	-180,482	0,170757
13	Uniform	2	-190,339	0,445997

Orden de la mejor distribución aplicable

Log Max Verosimulitud		Distribución
1	-169,250	Gamma (3-Parameter)
2	-169,525	Lognormal (3-Parameter)
3	-171,295	Inverse Gaussian

Kolmogorov-Smirnov		Distribución
1	0,0627966	Lognormal (3-Parameter)
2	0,0665628	Gamma (3-Parameter)
3	0,0820157	Loglogistic



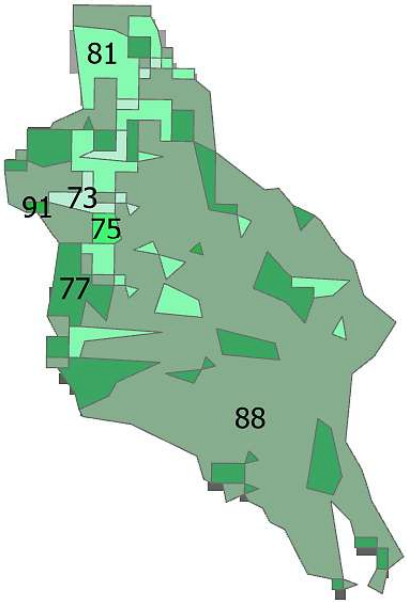


PRECIPITACIONES MÁXIMAS			
Periodo de retorno (T) Años	*Largest Extreme Value (Gumbel)*	*Lognormal (3-Parameter)*	*Gamma (3-Parameter)*
100	*66,1473*	*84,8111*	*75,1693*
500	*80,5587*	*117,242*	*93,2987*
1.000	*86,7543*	*133,21*	*101,01*
5.000	*101,133*	*175,482*	*118,757*
7.000	*104,13*	*185,276*	*122,441*
10.000	*107,325*	*196,116*	*126,346*

NÚMERO DE CURVA CON DATOS CGN250

CONDICIÓN	ECUACIÓN	NC
NORMAL (CHAII)	DATOS CGN250	85,19
SECA (CHAI)	$NC(I) = \frac{4{,}2 \cdot NC(II)}{10 - 0{,}058 \cdot NC(II)}$	70,72
HÚMEDA (CHAIII)	$NC(III) = \frac{23 \cdot NC(II)}{10 + 0{,}13 \cdot NC(II)}$	**92,97**

DESCRIPCIÓN	FORMULA	VALOR
S: *Retención potencial*	$S = \frac{25400}{NC} - 254$	**19,21**
I_a: *Adstración inicial*	$I_a = 0{,}2 \cdot S$	**3,841**



TIEMPO DE CONCENTRACIÓN Y TIEMPO DE RETARDO

PARAMETROS DE LA CUENCA:

PARÁMETROS CARACTERISTICOS DE LA CUENCA		
VARIABLES	VALOR	UNIDAD
Área de la cuenca (A).	51,18	km^2
Longitud del cauce principal más largo (L).	16,50	km
Pendiente promedio del cauce principal (S).	0,0551	m/m
Desnivel máximo del cauce principal (H).	947,00	m
Número de curva (NC)	92,97	-

TIEMPO DE CONCENTRACIÓN

ECUACIÓN	FORMULA	VARIABLES	Tc	
Kirpich	$Tc = 0{,}06628 \cdot \left(\frac{L}{S^{0{,}5}}\right)^{0{,}77}$	L (km) S (m/m)	1,751 hrs	105,08 min
Temez	$Tc = 0{,}1251 \cdot \left(\frac{L}{S^{0{,}25}}\right)^{0{,}76}$	L (km) S (m/m)	1,827 hrs	109,59 min
V.T. Chow	$Tc = 0{,}273 \cdot \left(\frac{L}{S^{0{,}25}}\right)^{0{,}64}$	L (km) S (m/m)	2,610 hrs	156,62 min
Johnstone Cross	$Tc = 0{,}4624 \cdot \left(\frac{L}{S^{0{,}5}}\right)^{0{,}5}$	L (km) S (m/m)	3,876 hrs	232,56 min
Cuerpo de ingenieros USA	$Tc = 0{,}28 \cdot \left(\frac{L}{S^{0{,}25}}\right)^{0{,}76}$	L (km) S (m/m)	4,088 hrs	245,29 min
SCS Rancer	$Tc = 0{,}947 \cdot \left(\frac{L^3}{H}\right)^{0{,}385}$	L (km) H (m)	1,724 hrs	103,45 min
Kirpich, Z. P	$Tc = \left(\frac{0{,}871 \cdot L^3}{H}\right)^{0{,}385}$	L (km) H (m)	1,726 hrs	103,58 min
Cafornia	$Tc = 0{,}066 \cdot \left(\frac{L}{S^{0{,}5}}\right)^{0{,}77}$	L (km) S (m/m)	1,744 hrs	104,63 min
Ventura - Hera	$Tc = 0{,}05 \cdot \sqrt{\frac{A}{S}}$	A (km^2) S (m/m)	1,523 hrs	91,40 min
Chereque	$Tc = \left(\frac{0{,}871 \cdot L^3}{H}\right)^{0{,}385}$	L (km) H (m)	1,726 hrs	103,58 min
Basso, E.	$Tc = 0{,}067 \cdot \left(\frac{L}{S^{0{,}5}}\right)^{0{,}77}$	L (km) S (m/m)	1,770 hrs	106,22 min
Giandotti	$T_c = \frac{4 \cdot \sqrt{A} + 1{,}5 \cdot L}{25{,}3 \cdot (S \cdot L)^{0{,}5}}$	L (km) A (km^2) S (m/m)	2,212 hrs	132,69 min
Williams	$Tc = 0{,}1914 \cdot \left(\frac{L}{A^{0{,}1} \cdot S^{0{,}25}}\right)$	L (km) A (km^2) S (m/m)	4,397 hrs	263,79 min
Ecuación de retardo SCS	$Tc = \frac{0{,}02968 \cdot L^{0{,}8} \cdot (2540 - 22{,}86 \cdot NC)^{0{,}7}}{NC^{0{,}7} \cdot S^{0{,}5}}$	L (km) NC (-) S (m/m)	3,391 hrs	203,44 min

ANÁLISIS:

Para obtener un promedio representativo del tiempo de concentración (Tc), es recomendable seleccionar los valores más cercanos o similares, promediando únicamente aquellos resultados obtenidos a partir de distintas fórmulas que presenten una variación mínima entre sí. Esto permite evitar la influencia de valores atípicos y obtener un resultado más preciso, en lugar de calcular un promedio directo de todas las ecuaciones.

Tiempo de concentración (Tc) = 1,753 hrs - 105,16 min

TIEMPO DE RETARDO:

DESCRIPCIÓN	FORMULA	RESULTADO	
Tiempo de retardo (tr).	$t_r = T_C \cdot \left(\frac{6}{10}\right)$	*1,052 hrs*	*63,098 min*

INTERVALO DE TIEMPO PARA EL HISTOGRAMA DE PRECIPITACIÓN:

DESCRIPCIÓN	FORMULA	RESULTADO	
Intervalo de tiempo (Δ t).	$\Delta t \approx 0{,}174 \cdot T_C$	*0,305 hrs*	*18,30 min*

DURACION HIPOTETICA DE LA LLUVIA:

DESCRIPCIÓN	FORMULA	Tc	D
Duración de la lluvia (D).	$D \geq T_C$	*1,753 hrs*	*2,000 hrs*

NUMERO DE INTERVALOS PARA EL HIETOGRAMA:

DESCRIPCIÓN	FORMULA	N
Numero de intervalos (N).	$N = \frac{D}{\Delta t}$	*6,00*

TORMENTA HIPOTÉTICA

PERIODOS DE RETORNO A USAR:

$$\%P(Pmax \geq P)$$

PRECIPITACIONES MÁXIMAS PROBABLES			
T	%P (Pmax ≥ P)		Pmax
[años]	[-]	[%]	[mm]
100	0,99000	99,00	75,1693
500	0,99800	99,80	93,2987
1000	0,99900	99,90	101,0100
5.000	0,99980	99,98	118,7570
7.000	0,99986	99,99	122,4410
10.000	0,99990	99,99	126,3460

CALCULO DEL PARÁMETRO g :

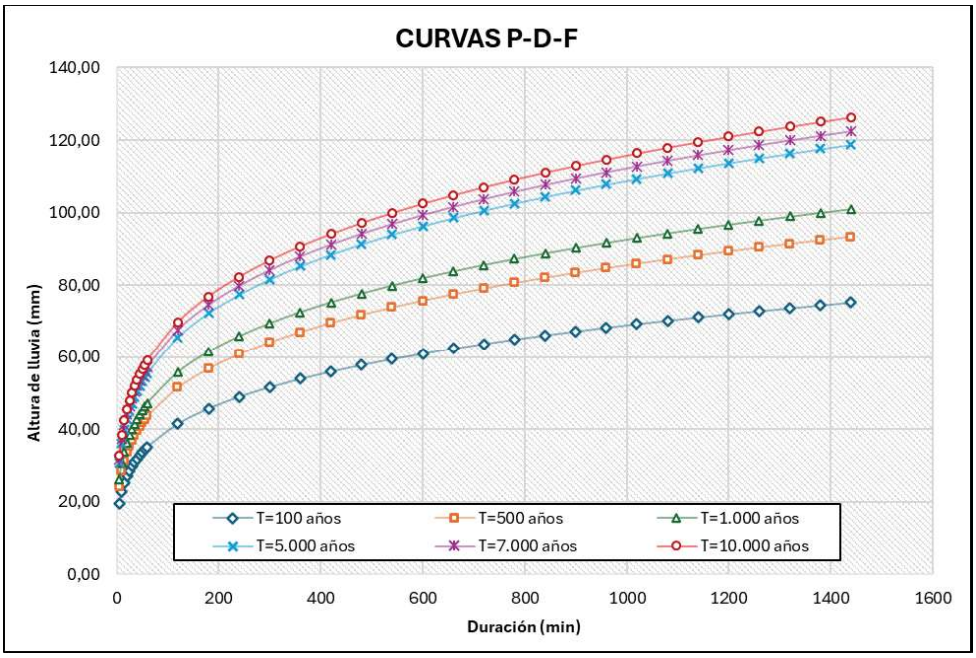
Estación	CULPINA
Latitud	-20,818
Longitud	-64,948
Altura	2970

CORRELACIÓN	ZONA	EXPRESIÓN	g
g - Latitud	*Altiplano - Cordillera Occidental*	$g = 0{,}024268301 \cdot Latitud + 0{,}753874606$	*0,248657116*
g - Altitud	*Cordillera Oriental*	$g = 0{,}000051111 \cdot Altitud + 0{,}087356945$	0,239156615
g - Longitud	*Subandino - Precámbrico*	$g = 0{,}011832535 \cdot Longitud + 1{,}026481973$	*0,25798249*

$$P_D = P_t^T \times \left(\frac{D}{1440}\right)^g$$

P_D: *Precipitación máxima de duración "D" en (mm).*
P_t^T: *Precipitación máxima para un T determiando(mm).*
D: *Duración de la precipitación en (minutos).*
g: *Coeficiente de desagregación de la tormenta.*

Duración (minutos)	Precipitaciones máximas en 24 hrs (mm).					
	75,17	93,30	101,01	118,76	122,44	126,35
	Periodos de retorno (años).					
	100	500	1.000	5.000	7.000	10.000
	Precipitación (mm).					
5	19,40	24,08	26,07	30,65	31,60	32,61
10	22,90	28,42	30,77	36,18	37,30	38,49
15	25,23	31,32	33,91	39,86	41,10	42,41
20	27,03	33,55	36,32	42,70	44,03	45,43
25	28,51	35,39	38,31	45,04	46,44	47,92
30	29,78	36,97	40,02	47,05	48,51	50,06
35	30,90	38,35	41,52	48,82	50,33	51,94
40	31,90	39,60	42,87	50,40	51,97	53,62
45	32,82	40,73	44,10	51,84	53,45	55,16
50	33,65	41,77	45,22	53,17	54,82	56,56
55	34,43	42,73	46,26	54,39	56,08	57,87
60	35,15	43,63	47,24	55,54	57,26	59,08
120	41,49	51,50	55,75	65,55	67,58	69,74
180	45,72	56,74	61,43	72,22	74,46	76,84
240	48,97	60,78	65,81	77,37	79,77	82,31
300	51,66	64,11	69,41	81,61	84,14	86,82
360	53,96	66,97	72,51	85,25	87,89	90,69
420	55,98	69,49	75,23	88,45	91,19	94,10
480	57,80	71,74	77,67	91,32	94,15	97,15
540	59,45	73,79	79,89	93,93	96,84	99,93
600	60,97	75,67	81,93	96,32	99,31	102,48
660	62,37	77,42	83,82	98,54	101,60	104,84
720	63,69	79,05	85,58	100,62	103,74	107,05
780	64,92	80,57	87,23	102,56	105,74	109,11
840	66,08	82,01	88,79	104,39	107,63	111,07
900	67,18	83,38	90,27	106,13	109,42	112,91
960	68,22	84,68	91,68	107,78	111,13	114,67
1020	69,22	85,91	93,01	109,36	112,75	116,34
1080	70,17	87,10	94,29	110,86	114,30	117,95
1140	71,08	88,23	95,52	112,30	115,79	119,48
1200	71,96	89,32	96,70	113,69	117,22	120,96
1260	72,81	90,37	97,84	115,02	118,59	122,37
1320	73,62	91,38	98,93	116,31	119,92	123,74
1380	74,41	92,35	99,99	117,55	121,20	125,07
1440	75,17	93,30	101,01	118,76	122,44	126,35



ANÁLISIS DE PRECIPITACIÓN POR EL MÉTODO DE BLOQUE ALTERNO

VALORES DE PRECIPITACIÓN PARA UN T = 100 AÑOS

N	*Duración (minutos)*	P^T_t mm	ΔP mm	*N*	*P (HEC-HMS) mm*
0	*0,00*	*0,00*	-	-	-
1	*20,00*	*27,03*	*27,03*	*5*	*2,06*
2	*40,00*	*31,90*	*4,87*	*3*	*3,25*
3	*60,00*	*35,15*	*3,25*	*1*	*27,03*
4	*80,00*	*37,66*	*2,50*	*2*	*4,87*
5	*100,00*	*39,72*	*2,06*	*4*	*2,50*
6	*120,00*	*41,49*	*1,77*	*6*	*1,77*

VALORES DE PRECIPITACIÓN PARA UN T = 500 AÑOS

N	*Duración (minutos)*	P^T_t mm	ΔP mm	*N*	*P (HEC-HMS) mm*
0	*0,00*	*0,00*	-	-	-
1	*20,00*	*33,55*	*33,55*	*5*	*2,56*
2	*40,00*	*39,60*	*6,05*	*3*	*4,03*
3	*60,00*	*43,63*	*4,03*	*1*	*33,55*
4	*80,00*	*46,74*	*3,11*	*2*	*6,05*
5	*100,00*	*49,30*	*2,56*	*4*	*3,11*
6	*120,00*	*51,50*	*2,20*	*6*	*2,20*

VALORES DE PRECIPITACIÓN PARA UN T = 1.000 AÑOS

N	Duración (minutos)	P^T_t mm	ΔP mm	N	P (HEC-HMS) mm
0	0,00	0,00	-	-	-
1	20,00	36,32	36,32	5	2,77
2	40,00	42,87	6,55	3	4,37
3	60,00	47,24	4,37	1	36,32
4	80,00	50,60	3,36	2	6,55
5	100,00	53,37	2,77	4	3,36
6	120,00	55,75	2,38	6	2,38

VALORES DE PRECIPITACIÓN PARA UN T = 5.000 AÑOS

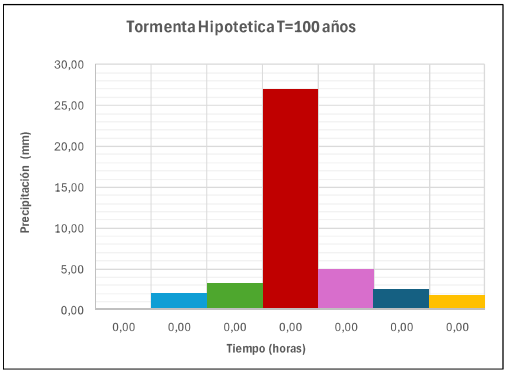
N	Duración (minutos)	P^T_t mm	ΔP mm	N	P (HEC-HMS) mm
0	0,00	0,00	-	-	-
1	20,00	42,70	42,70	5	3,26
2	40,00	50,40	7,70	3	5,13
3	60,00	55,54	5,13	1	42,70
4	80,00	59,49	3,96	2	7,70
5	100,00	62,75	3,26	4	3,96
6	120,00	65,55	2,80	6	2,80

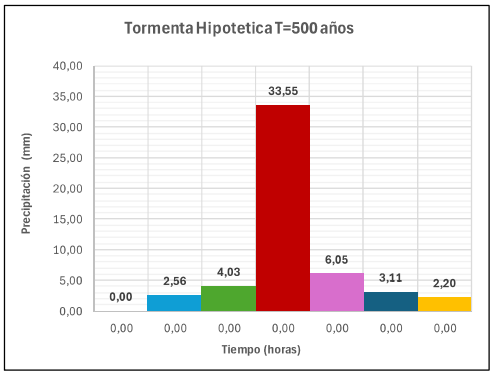
VALORES DE PRECIPITACIÓN PARA UN T = 7.000 AÑOS

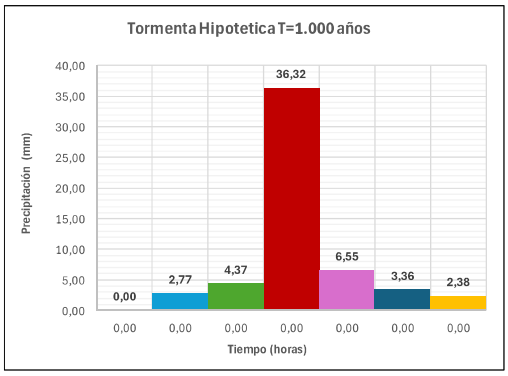
N	Duración (minutos)	P^T_t mm	ΔP mm	N	P (HEC-HMS) mm
0	0,00	0,00	-	-	-
1	20,00	44,03	44,03	5	3,36
2	40,00	51,97	7,94	3	5,29
3	60,00	57,26	5,29	1	44,03
4	80,00	61,34	4,08	2	7,94
5	100,00	64,70	3,36	4	4,08
6	120,00	67,58	2,88	6	2,88

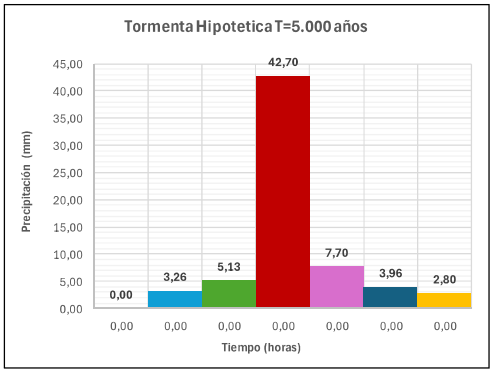
VALORES DE PRECIPITACIÓN PARA UN T = 10.000 AÑOS

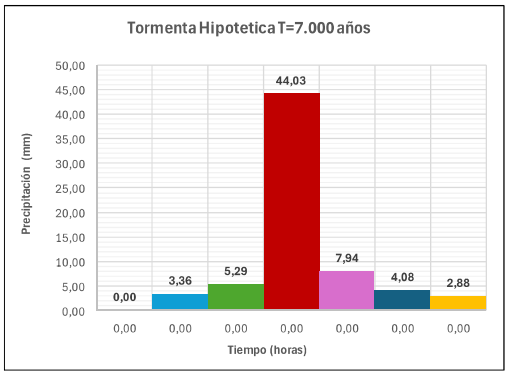
N	Duración (minutos)	P^T_t mm	ΔP mm	N	P (HEC-HMS) mm
0	0,00	0,00	-	-	-
1	20,00	45,43	45,43	5	3,47
2	40,00	53,62	8,19	3	5,46
3	60,00	59,08	5,46	1	45,43
4	80,00	63,29	4,21	2	8,19
5	100,00	66,76	3,47	4	4,21
6	120,00	69,74	2,98	6	2,98

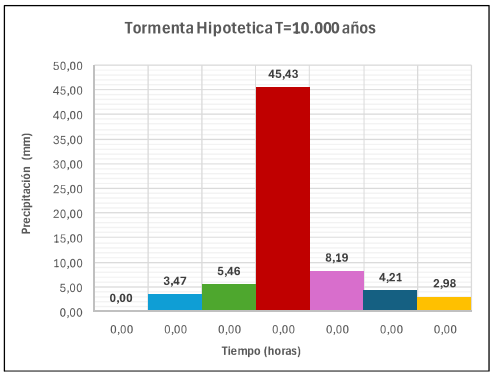

Tormenta Hipotetica T=100 años
Precipitación (mm)
Tiempo (horas)

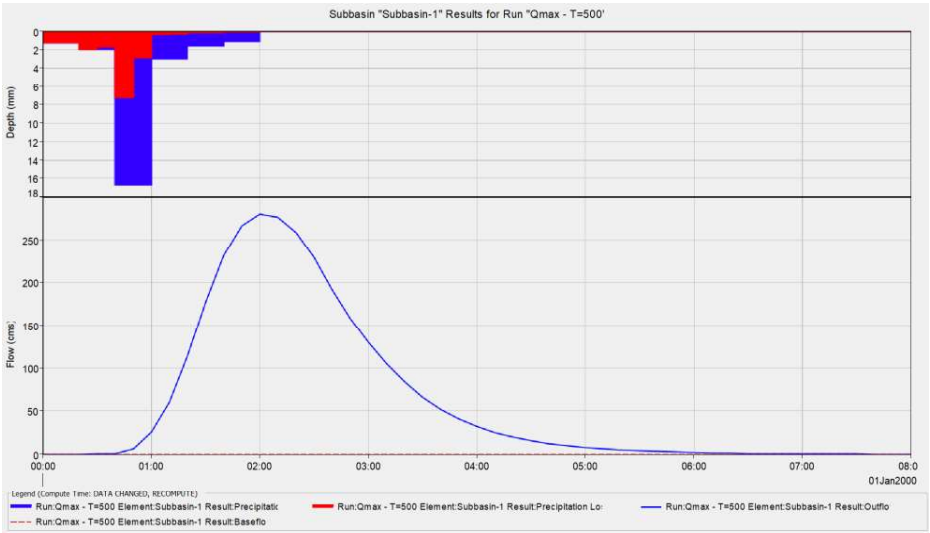

Tormenta Hipotetica T=500 años
Precipitación (mm)
0,00
2,56
4,03
33,55
6,05
3,11
2,20
Tiempo (horas)

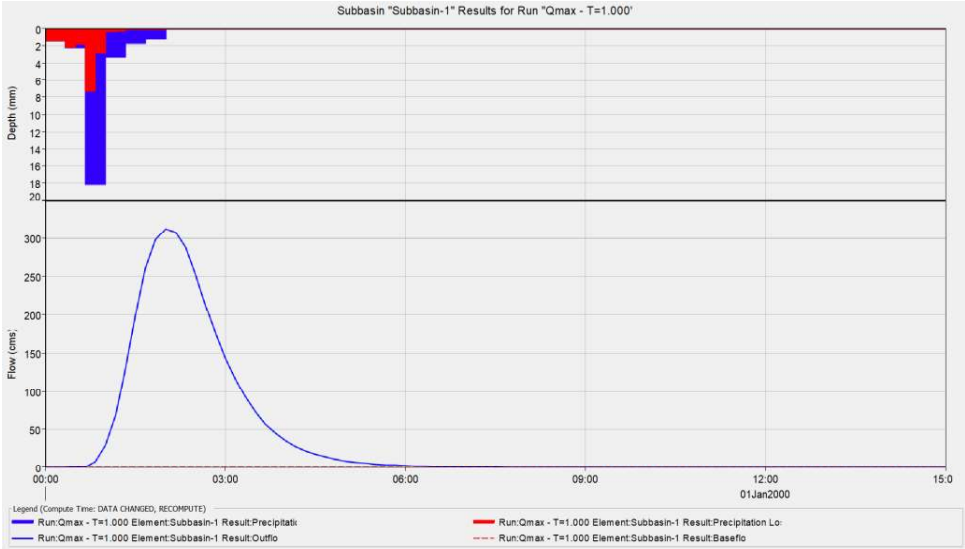

Tormenta Hipotetica T=1.000 años
Precipitación (mm)
0,00
2,77
4,37
36,32
6,55
3,36
2,38
Tiempo (horas)

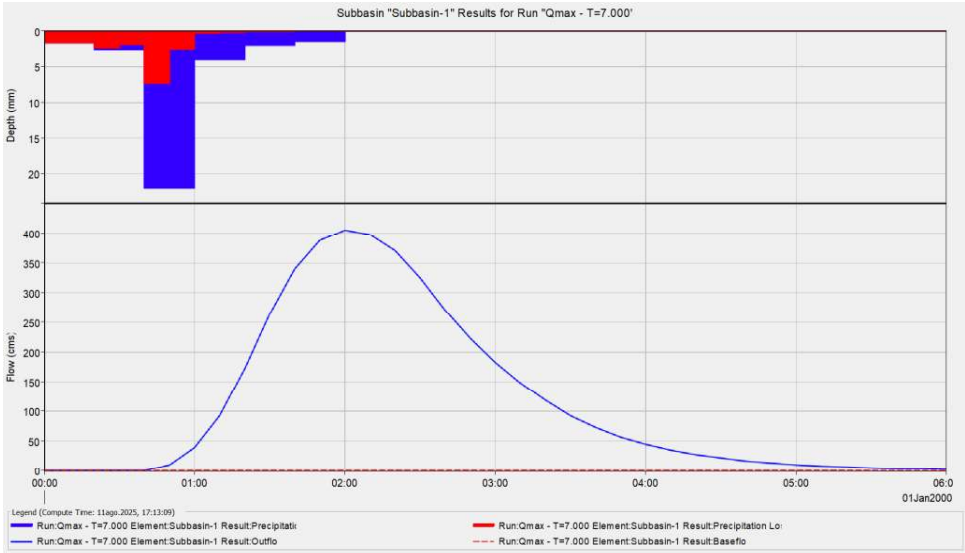

Tormenta Hipotetica T=5.000 años
Precipitación (mm)
0,00
3,26
5,13
42,70
7,70
3,96
2,80
Tiempo (horas)

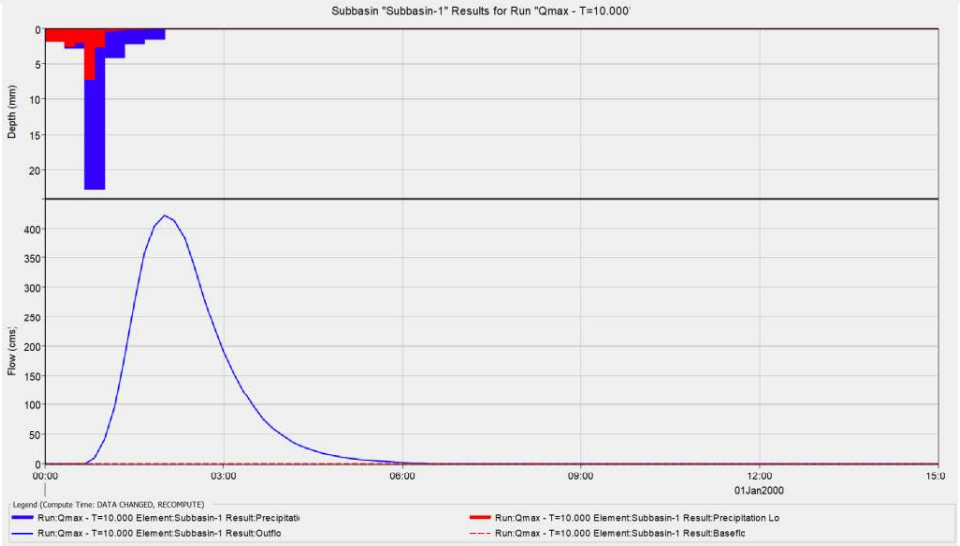

Tormenta Hipotetica T=7.000 años
Precipitación (mm)
0,00
3,36
5,29
44,03
7,94
4,08
2,88
Tiempo (horas)


Tormenta Hipotetica T=10.000 años
Precipitación (mm)
0,00
3,47
5,46
45,43
8,19
4,21
2,98
Tiempo (horas)


Subbasin "Subbasin-1" Results for Run "Qmax - T=500'
Depth (mm)
Flow (cms)
01Jan2000
Run:Qmax - T=500 Element:Subbasin-1 Result:Precipitatic
Run:Qmax - T=500 Element:Subbasin-1 Result:Precipitation Lo:
Run:Qmax - T=500 Element:Subbasin-1 Result:Outflo
Run:Qmax - T=500 Element:Subbasin-1 Result:Baseflo


Subbasin "Subbasin-1" Results for Run "Qmax - T=1.000"
Depth (mm)
Flow (cms)
00:00
03:00
06:00
09:00
12:00
01Jan2000
Legend (Compute Time: DATA CHANGED, RECOMPUTE)
Run:Qmax - T=1.000 Element:Subbasin-1 Result:Precipitati
Run:Qmax - T=1.000 Element:Subbasin-1 Result:Precipitation Lo
Run:Qmax - T=1.000 Element:Subbasin-1 Result:Outflo
Run:Qmax - T=1.000 Element:Subbasin-1 Result:Baseflo


Subbasin "Subbasin-1" Results for Run "Qmax - T=7.000"
Depth (mm)
Flow (cms)
00:00
01:00
02:00
03:00
04:00
05:00
01Jan2000
Legend (Compute Time: 11ago.2025, 17:13:09)
Run:Qmax - T=7.000 Element:Subbasin-1 Result:Precipitati
Run:Qmax - T=7.000 Element:Subbasin-1 Result:Precipitation Lo
Run:Qmax - T=7.000 Element:Subbasin-1 Result:Outflo
Run:Qmax - T=7.000 Element:Subbasin-1 Result:Baseflo


Subbasin "Subbasin-1" Results for Run "Qmax - T=10.000"
Depth (mm)
Flow (cms)
00:00
03:00
06:00
09:00
12:00
01Jan2000
Legend (Compute Time: DATA CHANGED, RECOMPUTE)
Run:Qmax - T=10.000 Element:Subbasin-1 Result:Precipitati
Run:Qmax - T=10.000 Element:Subbasin-1 Result:Precipitation Lo
Run:Qmax - T=10.000 Element:Subbasin-1 Result:Outflo
Run:Qmax - T=10.000 Element:Subbasin-1 Result:Baseflo

ANEXO 3:

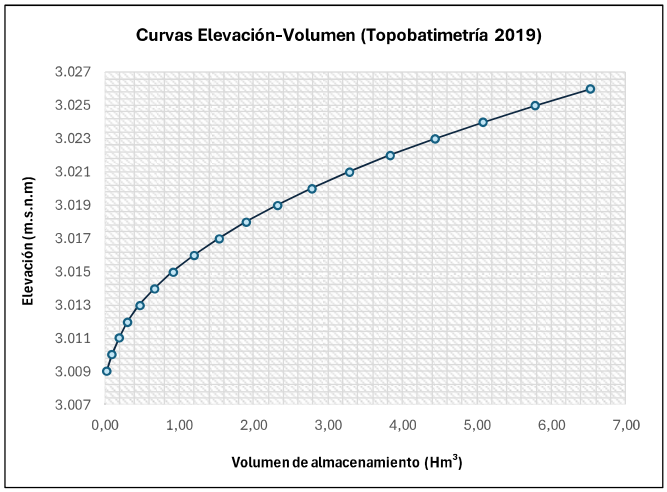
CÁLCULO DE LAMINACIÓN CON HEC-HMS

ANEXO 3: Cálculo de laminación con HEC-HMS

1.- DATOS DE ENTRADA PARA EL CÁLCULO.

Para el análisis de laminación del embalse se dispuso de levantamientos topobatimétricos realizados en 2013 por el SENAMHI y en 2020 por CIAGUA, ambos en coordinación con el Ministerio de Medio Ambiente y Agua. Para los cálculos se empleó la información de 2020, al ser la más actualizada y representativa de las condiciones del embalse.

COTA m.s.n.m	VOL 2019 m^3
3009	30.760,555
3010	97.632,510
3011	192.174,845
3012	311.736,060
3013	467.111,155
3014	668.686,160
3015	915.297,165
3016	1.204.261,065
3017	1.534.347,835
3018	1.904.906,840
3019	2.318.985,560
3020	2.780.369,115
3021	3.285.314,940
3022	3.834.262,945
3023	4.432.173,035
3024	5.083.146,790
3025	5.786.567,695
3026	6.526.994,015



2.- METODOLOGIA DE CALCULO DEL CAUDAL DE SALIDA EN HEC-HMS.

En el modelo HEC-HMS, el proceso de laminación del embalse se realiza mediante el método de la piscina a nivel (level pool routing), el cual permite simular la relación entre el almacenamiento y el caudal de salida en función de la elevación del agua. Para el cálculo del caudal vertido, se considera la cota de la cresta del vertedero (NAMO). Dado que la represa El Tranque cuenta con un vertedero de perfil Creager de cresta libre no controlada, se emplea la siguiente ecuación:

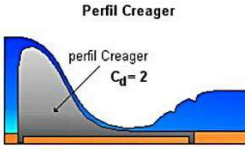
$$Q = C \cdot L \cdot H^{3/2}$$

DONDE:

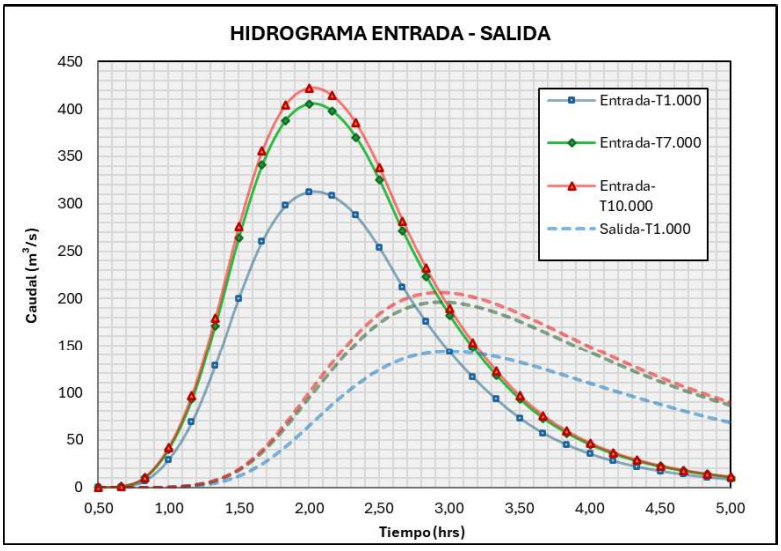
***Q**: Caudal que fluye por el vertedero (m^3/s) .*
***L:** Longitud efectiva de la cresta del vertedero (m).*
***H:** Carga hidráulica sobre la cresta (m), medida desde la NAMO hasta el nivel de agua aguas arriba.*
***C:** Coeficiente de descarga (C = 2 para perfil Creager como valor estándar para cálculos iniciales).*

Valores según el tipo de vertedero.

Longitud de verdetero (L) = *38,00 m*
Coeficiente de descarga (C) = *2,00*



Tiempo	T = 1.000 años		T = 7.000 años		T = 10.000 años	
hrs	Caudal (I) m^3/s	Caudal (o) m^3/s	Caudal (I) m^3/s	Caudal (o) m^3/s	Caudal (I) m^3/s	Caudal (o) m^3/s
0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
0,17	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
0,33	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
0,50	0,03	0,00	0,12	0,00	0,14	0,00
0,67	0,34	0,00	0,79	0,00	0,89	0,00
0,83	6,91	0,02	10,12	0,04	10,75	0,04
1,00	28,97	0,26	39,86	0,44	41,94	0,48
1,17	68,72	1,49	92,61	2,40	97,11	2,55
1,33	128,76	4,83	171,44	7,23	179,41	7,72
1,50	200,25	12,02	263,96	18,05	275,78	19,27
1,67	260,38	24,76	340,74	36,94	355,59	39,37
1,83	297,96	42,88	387,79	63,41	404,34	67,47
2,00	312,71	64,62	405,20	94,26	422,21	99,85
2,17	308,15	87,38	397,69	124,67	414,13	131,94
2,33	287,97	107,50	370,27	152,34	385,37	161,03
2,50	254,00	123,99	325,29	174,31	338,38	184,00
2,67	212,38	135,41	271,27	188,73	282,10	198,93
2,83	175,29	141,65	223,54	195,67	232,42	205,95
3,00	143,18	143,55	182,40	196,54	189,64	206,56
3,17	115,97	142,04	147,66	192,80	153,51	202,34
3,33	92,73	138,00	118,00	185,73	122,68	194,65
3,50	72,92	132,15	92,78	176,40	96,46	184,62
3,67	57,12	125,15	72,69	165,71	75,57	173,21
3,83	44,93	117,56	57,19	154,44	59,46	161,23
4,00	35,30	109,79	44,92	143,15	46,70	149,25
4,17	27,74	102,11	35,30	132,16	36,70	137,64
4,33	21,86	94,70	27,82	121,71	28,93	126,61
4,50	17,23	87,66	21,93	111,91	22,79	116,29
4,67	13,58	80,74	17,28	102,82	17,96	106,72
4,83	10,70	74,34	13,62	94,44	14,16	97,93
5,00	8,40	68,45	10,70	86,71	11,12	89,87



T	Q_{max}	
	(I)	(O)
[años]	[m^3/s]	[m^3/s]
1.000	312,71	143,55
7.000	405,2	196,54
10.000	422,21	206,56

ANEXO 4:

COEFICIENTES DE RUGOSIDAD DE MANNING

ANEXO 4: Coeficientes de rugosidad de Manning

FID	Grupo	Manning	n
0	D-3 Corrientes mayores	D-3 Corrientes mayores/a. Sección regular, sin cantos rodados ni matorrales	0,030
1	D-2 Planicies de inundación.	b.3 Campos de cultivo maduros	0,040
2	D-2 Planicies de inundación.	b.3 Campos de cultivo maduros	0,040
3	D-2 Planicies de inundación.	b.3 Campos de cultivo maduros	0,040
4	D-2 Planicies de inundación.	b.3 Campos de cultivo maduros	0,040
5	D-2 Planicies de inundación.	b.3 Campos de cultivo maduros	0,040
6	D-2 Planicies de inundación.	b.3 Campos de cultivo maduros	0,040
7	C. Excavado o dragado	a.3 Con gravas, sección uniforme, limpio	0,025
8	D-2 Planicies de inundación.	b.3 Campos de cultivo maduros	0,040
9	D-2 Planicies de inundación.	b.3 Campos de cultivo maduros	0,040
10	D-2 Planicies de inundación.	b.3 Campos de cultivo maduros	0,040
11	C. Excavado o dragado	a. En tierra, recto y uniforme/a.2 Limpio, exposición a la intemperie	0,022
12	D-2 Planicies de inundación.	b.3 Campos de cultivo maduros	0,040
13	D. Corrientes naturales	b. Corrientes montañosas con bancas empinadas y vegetación sumergida	0,038
14	C. Excavado o dragado	a. En tierra, recto y uniforme/a.3 Con gravas, sección uniforme, limpio	0,025
15	D-2 Planicies de inundación	Áreas urbanas densamente edificadas, con vegetación y obstáculos	0,100
16	D-2 Planicies de inundación	c.5 Matorrales medios a densos	0,070
17	D. Corrientes naturales	b. Corrientes montañosas con bancas empinadas y vegetación sumergida	0,040
18	D. Corrientes naturales	b. Corrientes montañosas con bancas empinadas y vegetación sumergida	0,040
19	D. Corrientes naturales	b. Corrientes montañosas con bancas empinadas y vegetación sumergida	0,040
20	D-2 Planicies de inundación	c.5 Matorrales medios a densos	0,070
21	D-2 Planicies de inundación	c.5 Matorrales medios a densos	0,070
22	D-2 Planicies de inundación	c.5 Matorrales medios a densos	0,070
23	D-2 Planicies de inundación.	b.3 Campos de cultivo maduros	0,040
24	D-2 Planicies de inundación	Áreas urbanas densamente edificadas, con vegetación y obstáculos	0,100
25	D-2 Planicies de inundación.	b.3 Campos de cultivo maduros	0,040
26	D. Corrientes naturales	b. Corrientes montañosas con bancas empinadas y vegetación sumergida	0,040
27	D-2 Planicies de inundación	Áreas urbanas densamente edificadas, con vegetación y obstáculos	0,100
28	D-2 Planicies de inundación	c.5 Matorrales medios a densos	0,070
29	D. Corrientes naturales	b. Corrientes montañosas con bancas empinadas y vegetación sumergida	0,040
30	D. Corrientes naturales	D-3 Corrientes mayores/a. Sección regular, sin cantos rodados ni matorrales	0,030
31	D. Corrientes naturales	D-3 Corrientes mayores/a. Sección regular, sin cantos rodados ni matorrales	0,030
32	C. Excavado o dragado	a. En tierra, recto y uniforme/a.3 Con gravas, sección uniforme, limpio	0,025
33	C. Excavado o dragado	a. En tierra, recto y uniforme/a.3 Con gravas, sección uniforme, limpio	0,025
34	C. Excavado o dragado	a. En tierra, recto y uniforme/a.3 Con gravas, sección uniforme, limpio	0,025
35	B. Canales revestidos	j. Revestimiento Vegetal	0,030
36	C. Excavado o dragado	a. En tierra, recto y uniforme/a.3 Con gravas, sección uniforme, limpio	0,025
37	B. Canales revestidos	i. Asfalto/i.2 Rugoso	0,016
38	C. Excavado o dragado	a. En tierra, recto y uniforme/a.2 Limpio, exposición a la intemperie	0,022
39	B. Canales revestidos	i. Asfalto/i.2 Rugoso	0,016
40	B. Canales revestidos	i. Asfalto/i.2 Rugoso	0,016
41	D-2 Planicies de inundación.	b.3 Campos de cultivo maduros	0,040
42	C. Excavado o dragado	a. En tierra, recto y uniforme/a.2 Limpio, exposición a la intemperie	0,022
43	D-2 Planicies de inundación	c.5 Matorrales medios a densos	0,070
44	D-2 Planicies de inundación	c.5 Matorrales medios a densos	0,070
45	C. Excavado o dragado	a. En tierra, recto y uniforme/a.2 Limpio, exposición a la intemperie	0,022
46	D-2 Planicies de inundación	c.5 Matorrales medios a densos	0,070
47	D-2 Planicies de inundación	c.5 Matorrales medios a densos	0,070
48	D-2 Planicies de inundación	c.5 Matorrales medios a densos	0,070
49	C. Excavado o dragado	a. En tierra, recto y uniforme/a.2 Limpio, exposición a la intemperie	0,022

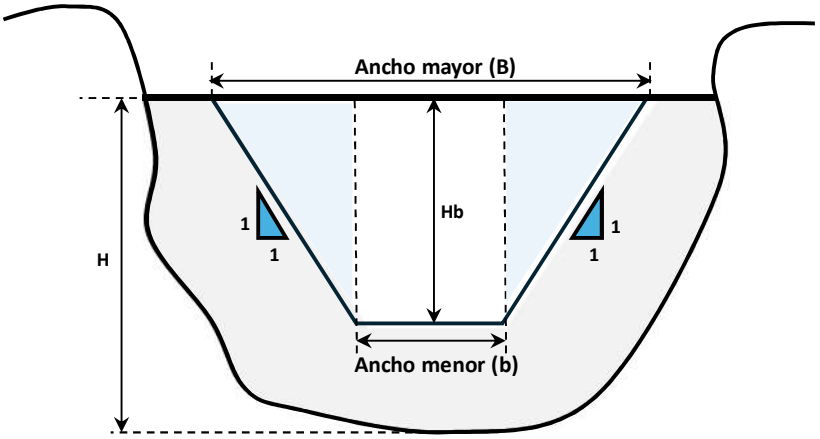
ANEXO 5:

CÁLCULO DEL TIEMPO DE ROTURA Y DIMENSIONES DE LA BRECHA

ANEXO 5: Cálculo del tiempo de rotura y dimensiones de la brecha

FORMA DE LA BRECHA DE ROTURA

*La brecha generada en presas de materiales sueltos debe considerarse de forma trapezoidal, adoptando taludes laterales de **1H:1V**. Para estimar el ancho medio de la brecha, se recomienda utilizar las fórmulas empíricas presentada:*



NIVELES Y VOLÚMENES DE LA REPRESA EL TRANQUE			
VARIABLES	SIMBOLOGÍA	VALOR	UNIDAD
$Cota\ Base.$	C_{BASE}	3009	m.s.n.m
$Cota\ Corona.$	C_{Corona}	3026	m.s.n.m
$Altura\ hasta\ la\ corona.$	H_{Corona}	17,00	m
$Cota\ N.A.M.O$	C_{NAMO}	3023,9	m.s.n.m
$Volumen\ N.A.M.O$	V_{NAMO}	5,026	hm^3
$Altura\ N.A.M.O$	H_{NAMO}	14,90	m
$Cota\ N.A.M.E$	C_{NAME}	3025,85	m.s.n.m
$Volumen\ N.A.M.E$	V_{NAME}	6,414	hm^3
$Altura\ N.A.M.E$	H_{NAME}	16,85	m

Guía Técnica para Clasificaión de Presas (1996).

$$b = 20 \cdot (VH)^{0,25}$$

*V: Volúmen de embalse en **Hm³**.*
*H: Altura de la presa sobre el cauce en **m**.*

ANCHO MEDIO DE LA BRECHA	
SIN AVENIDA	CON AVENIDA
60,81 m	64,63 m

Froehlich (2008).

$$b = 22{,}46 \cdot K_0 \cdot V_W^{0{,}32} \cdot H_b^{0{,}04}$$

K_0: *Coeficiente de causa de rotura.*
- *Para rotura sin avenida* $\boldsymbol{K_0 = 1}$
- *Para rotura con avenida* $\boldsymbol{K_0 = 1.3}$

V_W: *Volumen almacenado en el momento de rotura en* ***Hm³***.
H_b: *Altura de la brecha en m.*
- *Para rotura encadenada de presas* $\boldsymbol{H_b = H}$

ANCHO MEDIO DE LA BRECHA	
SIN AVENIDA	CON AVENIDA
42,17 m	59,27 m

Xu & Zhang (2009).

$$b = H_b \cdot \left[0{,}787 \left(\frac{H}{15}\right)^{0{,}133} \cdot \left(\frac{V_W{}^{1/3}}{H_W}\right)^{0{,}652} \cdot e^B\right]$$

$H = H_b$: *Altura de la presa sobre el cauce en* ***m***.
V_W: *Volumen almacenado en el momento de rotura en* ***m³***.
H_W: *Altura desde la lámina de agua hasta el fondo de la brecha en* ***m***.
B: *Coeficiente que depende de la tipología de la presa.*

$$\boldsymbol{B = B_T + B_C + B_E}$$

B_T: Coeficiente que depende del tipo de presa.
- B_T = *-0.041 para presas de núcleo impermeable.*
- B_T = *0.026 para presas de pantalla.*
- B_T = *-0.226 para presas homogéneas.*

B_C: Coeficiente que depende de la causa de rotura de la presa.
- B_C = *0.149 para roturas por sobrevertido.*
- B_C = *-0.389 para roturas por erosion interna o sifonamiento.*

B_E: Coeficiente que depende de la erodibilidad.
- B_E = *0.291 para presas de erodibilidad alta.*
- B_E = *-0.140 para presas de erodibilidad media.*
- B_E = *-0.391 para presas de erodibilidad baja.*

	ANCHO MEDIO DE LA BRECHA	
	SIN AVENIDA	CON AVENIDA
Sobrevertido	69,24 m	67,38 m
Sifonamiento	40,43 m	39,34 m

Resumen

N°	AUTOR		ANCHO MEDIO DE LA BRECHA (m)	
			SIN AVENIDA	CON AVENIDA
1	Guía Técnica para Clasificaión de Presas (1996)		60,81	64,63
2	Froehlich (2008)		42,17	59,27
3	Xu & Zhang (2009).	Sobrevertido	69,24	67,38
		Sifonamiento	40,43	39,34

Talud izquiero: 1 Talud derecho: 1 Altura de la brecha (H)	ANCHO INFERIOR DE LA BRECHA			
	Sin avenida		Con avenida	
	Sobrevertido	Sifonamiento	Sobrevertido	Sifonamiento
$b_{inf} = b - \frac{(z_i + z_d) \cdot H}{2}$	54,34 m	25,53 m	50,53 m	22,49 m
$b_{sup} = b_{inf} + (z_i + z_d) \cdot H$	84,14 m	55,33 m	84,23 m	56,19 m

TIEMPO DE ROTURA

Se denomina tiempo de formación de brecha al intervalo comprendido entre el inicio del proceso de rotura y el momento en que la brecha alcanza su tamaño final, durante el cual ocurre la erosión y arrastre progresivo del material del dique. Este tiempo puede estimarse mediante fórmulas empíricas que consideran parámetros como el volumen del embalse involucrado en la rotura (H_w) y la altura desde el cauce a la corona de la presa (H o H_b).

Datos:

NIVELES Y VOLÚMENES DE LA REPRESA EL TRANQUE			
VARIABLES	SIMBOLOGÍA	VALOR	UNIDAD
$Cota\ Base$.	C_{BASE}	3009	m.s.n.m
$Cota\ Corona$.	C_{Corona}	3026	m.s.n.m
$Altura\ hasta\ la\ corona.$	H_{Corona}	17,0	m
$Cota\ N.A.M.O$.	C_{NAMO}	3023,9	m.s.n.m
$Volumen\ N.A.M.O$.	V_{NAMO}	5,026	hm^3
$Cota\ N.A.M.E$	C_{NAME}	3026	m.s.n.m
$Volumen\ N.A.M.E$	V_{NAME}	6,414	hm^3

Cálculo:

N°	AUTOR	ECUACIÓN	TIEMPO DE ROTURA (Hrs)	
			SIN AVENIDA	CON AVENIDA
1	Guía Técnica para Clasificaión de Presas (1996), f(V, H)	$T = 4{,}8 \cdot \frac{\sqrt{V}}{H}$	0,633	0,715
2	Froehlich (2008), f(Vw, hw)	$T = 5{,}62 \cdot \frac{\sqrt{V_W}}{H_b}$	0,741	0,837
PROMEDIO			0,687	0,776