

A excepción del anexo A. Toda imagen, figura y tabla, está elaborada por el autor del presente proyecto de grado, con ayuda de distintos softwares entre los que destacan ArcGIS, Autodesk Civil 3D, Excel y Google Earth Pro.

A. Carta solicitud de la comunidad

Tarija 10 octubre de 2019

Señor:

Ing. Aurelio José Navia Ojeda
Director de departamento de obras hidráulica y sanitarias. Carrera de Ing. Civil –
U.A.J.M.S.

Presente. –

**REF.: SOLICITUD DE ANÁLISIS SOLUCIONES PARA EL ESCURRIMIENTO DE
AGUAS SUPERFICIALES DE QUEBRADA "EL COCO"**

Mediante la presente nos dirigimos a su persona, a manera solicitar su colaboración para que el universitario Marco Daniel Sosa Estrada que está cursando la asignatura de PROYECTO DE GRADO I CIV-501 realice el estudio del ANÁLISIS DE SOLUCIONES PARA EL ESCURRIMIENTO DE AGUAS SUPERFICIALES DE LA QUEBRADA "EL COCO" ubicada en la zona norte de la comunidad de San Mateo, para dar fin a la problemática que dicha quebrada ocasiona en el acceso vial principal de la comunidad.

No dudando de su colaboración y deseándole éxito en las funciones que desempeña, nos despedimos de usted muy agradecidos.

Atentamente:


Sr. Benigno Valdez Centeno
Secretario General de la comunidad San Mateo


Sr. Gerardo Romero
Corregidor de la comunidad San Mateo



B. Ubicación de zona de proyecto

Vista aérea de cruce entre carretera y quebrada El Coco.



Fuente: Elaboración propia, con apoyo de Google Earth Pro.

Vista aérea de cruce entre carretera y quebrada Puco.



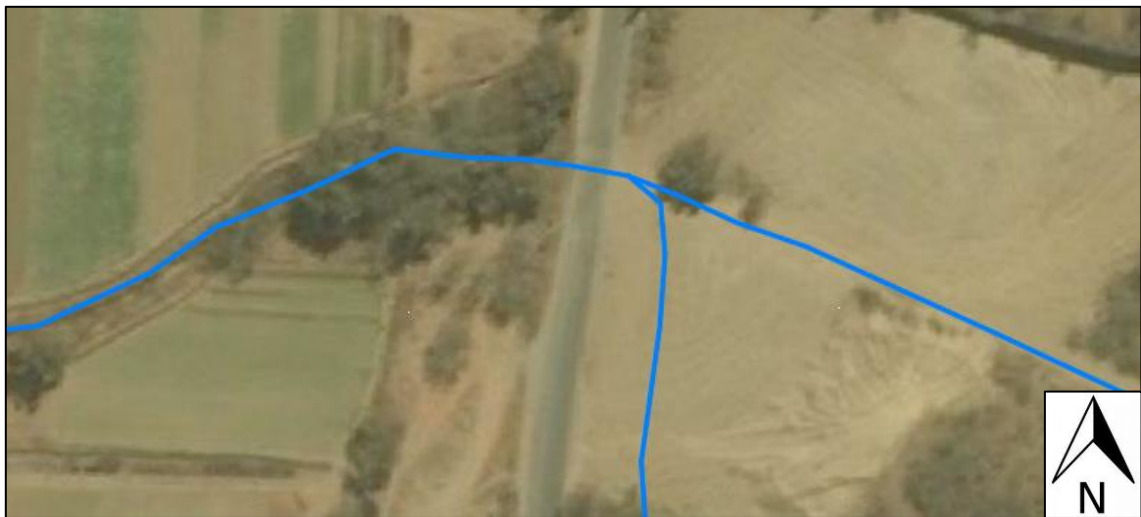
Fuente: Elaboración propia, con apoyo de Google Earth Pro.

Vista aérea de cruce entre carretera y quebrada Los Palos.



Fuente: Elaboración propia, con apoyo de Google Earth Pro.

Vista aérea de cruce entre carretera y quebrada Los Chañares.



Fuente: Elaboración propia, con apoyo de Google Earth Pro.

C. Número de curva

Descripción del uso de la tierra	Detalles de la descripción	Tratamiento o uso	Condición hidrológica	Grupo hidrológico de suelo			
				A	B	C	D
Tierra cultivada	Baldío	Filas rectas	No aplicable	77	86	91	94
	General	Sin tratamientos de conservación	No disponible	72	81	88	91
	Cultivos en filas	Filas rectas	Pobre	72	81	88	91
			Bueno	67	78	85	89
		En contorno	Pobre	70	79	84	88
			Bueno	65	75	82	86
		En contorno y terraza	Pobre	66	74	80	82
			Bueno	62	71	78	81
	General	Con tratamientos de conservación	No disponible	62	71	78	81
	Granos pequeños	Filas rectas	Pobre	65	76	84	88
			Bueno	63	75	83	87
		En contorno	Pobre	63	74	82	85
			Bueno	61	73	81	84
		En contorno y terraza	Pobre	61	72	79	82
			Bueno	59	70	78	81
	Grano cerrado	Filas rectas	Pobre	66	77	85	89
	Grano cerrado: legumbres o pradera de rotación	Filas rectas	Bueno	58	72	81	85
			Pobre	64	75	83	85
		En contorno	Bueno	55	69	78	83
			Pobre	63	73	80	83
		En contorno y terraza	Pobre	63	73	80	83
			Bueno	51	67	76	80
Pastizales o campo de animales			Pobre	68	79	86	89
			Aceptable	49	69	79	84
			Bueno	39	61	74	80
	En contorno		Pobre	47	67	81	88
			Aceptable	25	59	75	83
			Bueno	6	35	70	79
Vegas de ríos y praderas			Bueno	30	58	71	78
Bosques		Troncos delgados, cubierta pobre, sin hierbas	Pobre	45	66	77	83
			Aceptable	36	60	73	79
			bueno	25	55	70	77

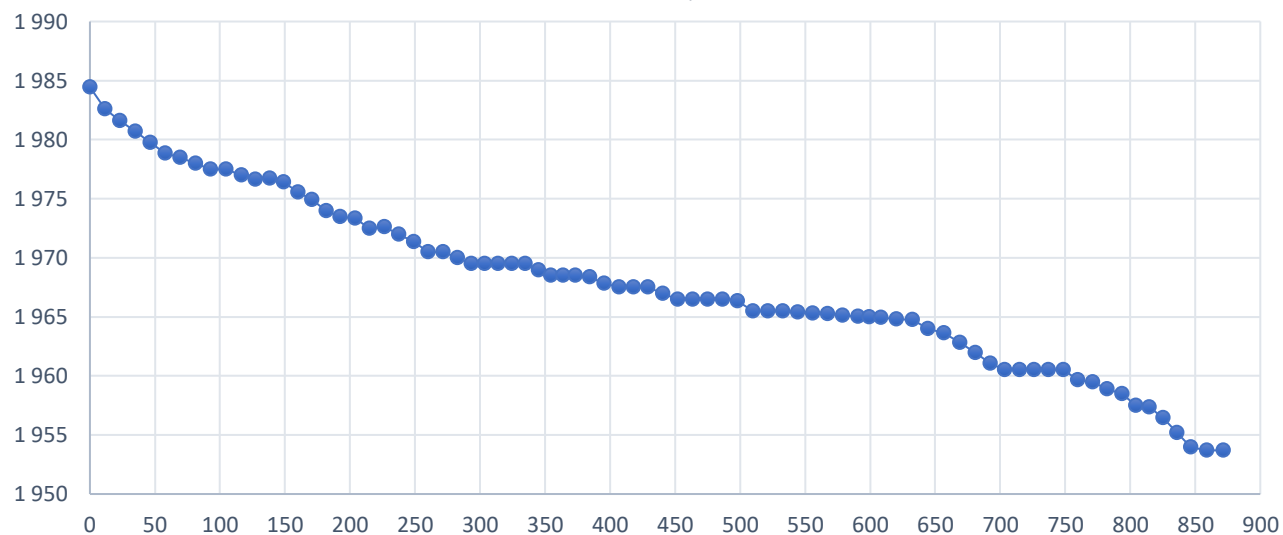
Haciendas		No disponible	59	74	82	86
Calles y carreteras	Con cunetas y alcantarillado	No disponible	95	95	95	95
	Superficie dura		74	84	90	92
	Grava		76	85	89	91
	Tierra		72	82	87	89
Áreas cubiertas	Césped, parques, cementerios.	Pasto +75%	39	61	74	80
		Pasto 50% - 75%	49	69	79	84
Áreas comerciales de negocios	85% impermeable	No disponible	89	92	94	95
Distritos industriales	72% impermeable	No disponible	81	88	91	93
Residencial	1/8 acre o menos	65% impermeable	77	85	90	92
	1/4 acre	38% impermeable	61	75	83	87
	1/3 acre	30% impermeable	No disponible	57	72	81
	1/2 acre	25% impermeable	54	70	80	85
	1 acre	20% impermeable	51	68	79	84
Parqueadores pavimentados, techos, etc.		No disponible	95	95	95	95

Tipo de suelo	Textura del suelo
A	Arenas con poco limo y arcilla; suelos muy permeables.
B	Arenas finas y limos.
C	Arenas muy finas, limos, suelos con alto contenido en arcilla.
D	Arcillas en grandes cantidades; suelos poco profundos con subhorizontes de roca sana; suelos muy impermeables.

Número de curva para la condición II (CN II)	Números correspondientes de la curva para:	
	CN (I)	CN (II)
100	100	100
95	88,89	97,76
90	79,08	95,39
85	70,41	92,87
80	62,69	90,2
75	55,75	87,34
70	49,49	84,29
65	43,82	81,03
60	38,65	77,53
55	33,92	73,76
50	29,58	69,7
45	25,58	65,3
40	21,88	60,53
35	18,44	55,33
30	15,25	49,64
25	12,28	43,4
20	9,5	36,51
15	6,9	28,87
10	4,46	20,35
5	2,16	10,8
0	0	0

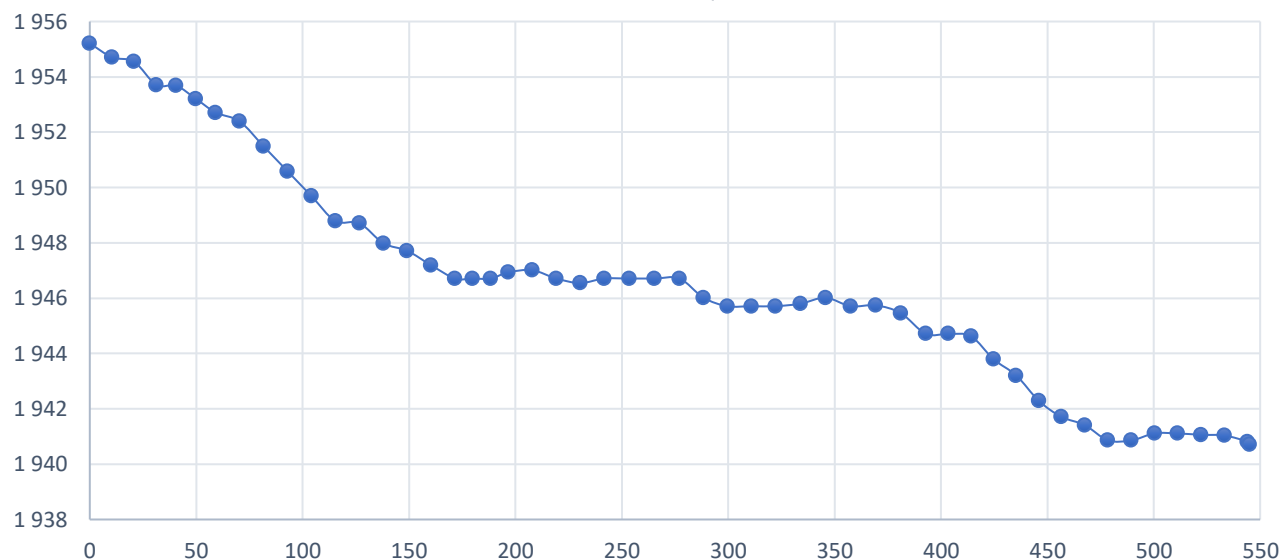
D. Perfiles longitudinales de cauce principal

PERFIL LONGITUDINAL QUEBRADA "EL COCO"



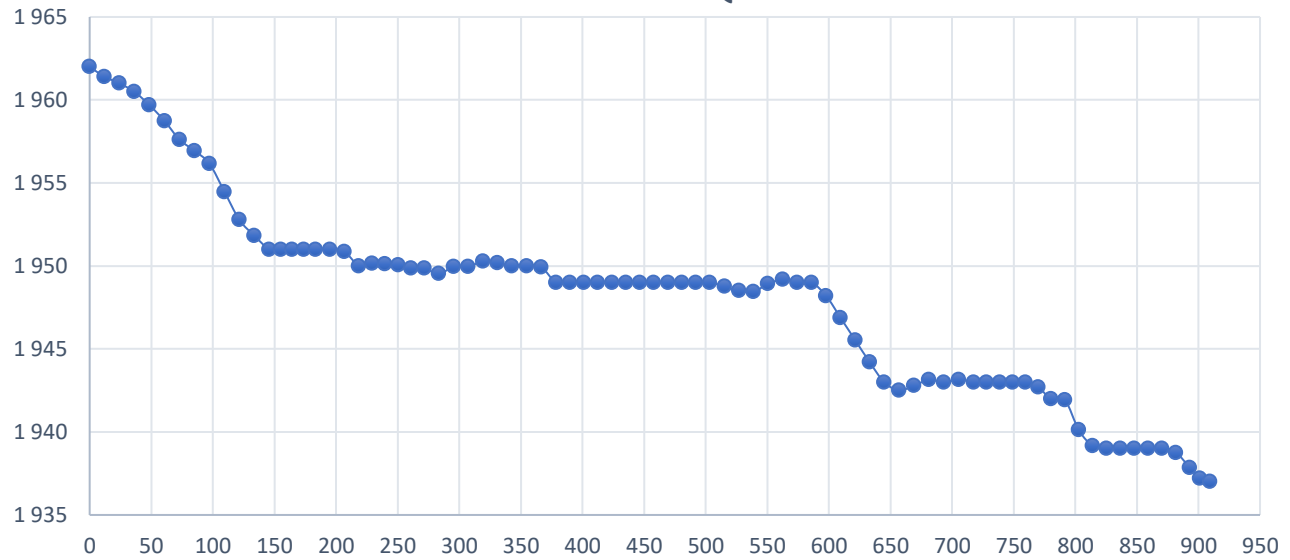
Tramo	Pendiente	Longitud	Tramo	Pendiente	Longitud	Tramo	Pendiente	Longitud
1	0,160	11,6	21	0,046	11,3	41	0,002	12,1
2	0,085	11,6	22	0,046	10,4	42	0,064	12,1
3	0,080	11,6	23	0,050	10,4	43	0,029	12,1
4	0,080	11,6	24	0,052	9,3	44	0,069	12,1
5	0,080	11,6	25	0,010	11,2	45	0,069	12,1
6	0,029	11,6	26	0,049	11,2	46	0,080	11,3
7	0,045	11,6	27	0,030	11,2	47	0,052	11,3
8	0,041	11,8	28	0,046	11,2	48	0,073	11,3
9	0,044	11,8	29	0,042	11,5	49	0,016	11,3
10	0,031	10,9	30	0,012	11,5	50	0,055	11,3
11	0,028	10,9	31	0,075	11,5	51	0,034	11,3
12	0,079	10,9	32	0,002	11,5	52	0,094	10,6
13	0,058	10,9	33	0,007	11,5	53	0,014	10,6
14	0,087	10,9	34	0,008	11,5	54	0,086	10,6
15	0,044	10,9	35	0,005	11,5	55	0,116	10,6
16	0,012	11,3	36	0,010	11,5	56	0,116	10,6
17	0,077	11,3	37	0,011	11,5	57	0,021	12,5
18	0,056	11,3	38	0,002	8,8	58	0,0004	12,5
19	0,055	11,3	39	0,006	8,8			
20	0,077	11,3	40	0,012	12,1			

PERFIL LONGITUDINAL QUEBRADA "PUCO"



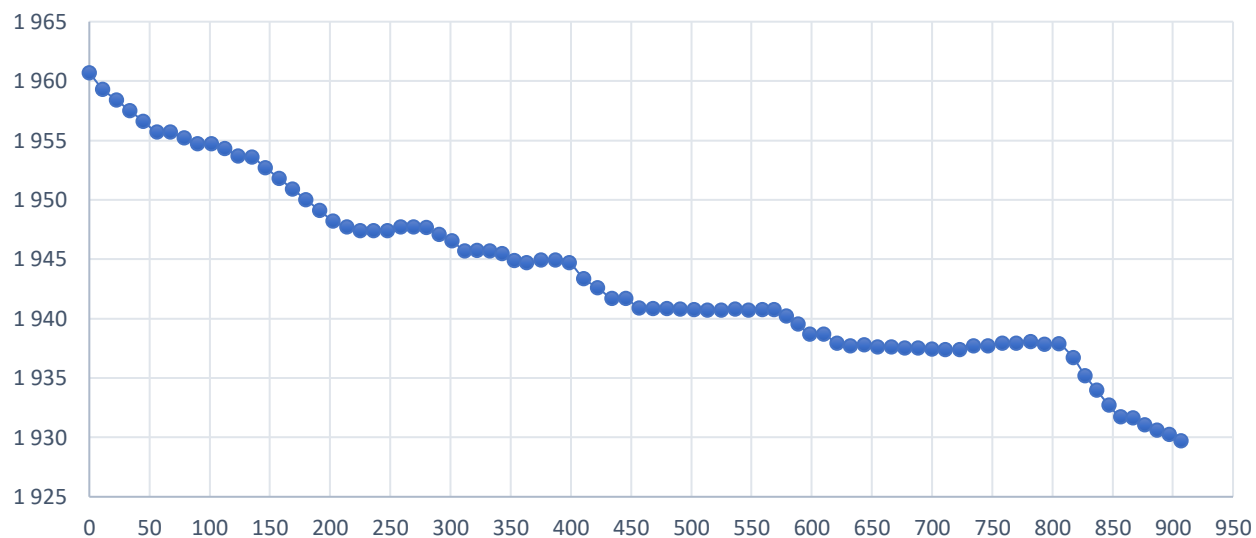
Tramo	Pendiente	Longitud	Tramo	Pendiente	Longitud	Tramo	Pendiente	Longitud
1	0,048	10,4	13	0,064	11,3	25	0,078	10,6
2	0,016	10,4	14	0,025	11,3	26	0,055	10,6
3	0,080	10,4	15	0,047	11,3	27	0,086	10,6
4	0,003	9,3	16	0,042	11,3	28	0,054	10,6
5	0,051	9,3	17	0,027	11,3	29	0,027	10,9
6	0,053	9,3	18	0,015	11,3	30	0,050	10,9
7	0,029	11,3	19	0,061	11,3	31	0,0003	10,9
8	0,080	11,3	20	0,027	11,3	32	0,0002	10,9
9	0,080	11,3	21	0,026	11,8	33	0,005	10,9
10	0,080	11,3	22	0,024	11,8	34	0,002	10,9
11	0,080	11,3	23	0,063	11,8	35	0,020	10,9
12	0,007	11,3	24	0,008	10,6	36	0,097	1,0

PERFIL LONGITUDINAL QUEBRADA "LOS PALOS"



Tramo	Pendiente	Longitud	Tramo	Pendiente	Longitud	Tramo	Pendiente	Longitud
1	0,049	12,2	16	0,008	10,6	31	0,113	11,8
2	0,033	12,2	17	0,018	10,6	32	0,101	11,8
3	0,042	12,2	18	0,028	11,9	33	0,041	12,1
4	0,066	12,2	19	0,001	11,9	34	0,012	12,1
5	0,078	12,2	20	0,008	11,9	35	0,013	12,1
6	0,093	12,2	21	0,016	11,9	36	0,029	10,4
7	0,055	12,2	22	0,008	11,9	37	0,067	10,4
8	0,065	12,2	23	0,077	11,9	38	0,007	11,3
9	0,139	12,2	24	0,020	11,8	39	0,160	11,3
10	0,139	12,2	25	0,022	11,8	40	0,085	11,3
11	0,079	12,2	26	0,005	11,8	41	0,014	11,3
12	0,067	12,2	27	0,015	11,8	42	0,021	11,3
13	0,013	11,8	28	0,068	11,8	43	0,080	11,3
14	0,071	11,8	29	0,113	11,8	44	0,080	8,2
15	0,002	10,6	30	0,113	11,8	45	0,025	8,2

PERFIL LONGITUDINAL QUEBRADA "LOS CHAÑARES"



Tramo	Pendiente	Longitud	Tramo	Pendiente	Longitud	Tramo	Pendiente	Longitud
1	0,124	11,3	22	0,049	10,6	43	0,018	11,3
2	0,080	11,3	23	0,079	10,6	44	0,017	11,3
3	0,080	11,3	24	0,004	10,3	45	0,001	11,3
4	0,080	11,3	25	0,023	10,3	46	0,009	11,3
5	0,080	11,3	26	0,054	10,3	47	0,000	11,3
6	0,044	11,3	27	0,019	10,3	48	0,009	11,3
7	0,044	11,3	28	0,019	11,8	49	0,001	11,3
8	0,033	11,3	29	0,113	11,8	50	0,002	11,8
9	0,055	11,3	30	0,066	11,8	51	0,000	11,8
10	0,011	11,3	31	0,075	11,8	52	0,017	11,8
11	0,078	11,3	32	0,072	11,4	53	0,098	11,8
12	0,080	11,3	33	0,003	11,4	54	0,152	9,9
13	0,080	11,3	34	0,003	11,4	55	0,126	9,9
14	0,080	11,3	35	0,002	11,4	56	0,126	9,9
15	0,080	11,3	36	0,004	11,4	57	0,101	9,9
16	0,080	11,3	37	0,004	11,4	58	0,006	10,1
17	0,044	11,3	38	0,009	11,4	59	0,060	10,1
18	0,027	11,3	39	0,056	9,9	60	0,043	10,1
19	0,000	11,3	40	0,070	9,9	61	0,036	10,1
20	0,004	10,6	41	0,082	9,9	62	0,054	10,1
21	0,057	10,6	42	0,071	11,3			

E. Precipitaciones máximas acumuladas (estación pluviométrica El Tejar)

Año	1970		1971		1972		1973	
Día 1	23-dic	62 mm	14-feb	68,5 mm	15-mar	34,5 mm	14-ene	59 mm
Día 2	24-dic	16 mm	15-feb	11,5 mm	-	-	-	-
Año	1975		1976		1977		1978	
Día 1	21-nov	4,5 mm	6-feb	11,4 mm	9-oct	48,6 mm	17-dic	15,3 mm
Día 2	22-nov	18 mm	7-feb	27 mm	-	-	18-dic	5,2 mm
Día 3	23-nov	46 mm	-	-	-	-	19-dic	38,3 mm
Día 4	24-nov	6,2 mm	-	-	-	-	-	-
Año	1979		1980		1981		1982	
Día 1	14-dic	32 mm	24-dic	46 mm	10-dic	14 mm	18-dic	50,5 mm
Día 2	-	-	-	-	11-dic	49,5 mm	19-dic	26,5 mm
Año	1983		1984		1985		1986	
Día 1	26-nov	7,8 mm	16-mar	36 mm	27-dic	8 mm	31-oct	36,5 mm
Día 2	27-nov	14,5 mm	17-mar	4,5 mm	28-dic	41,7 mm	1-nov	24 mm
Día 3	28-nov	29,7 mm	18-mar	12,5 mm	29-dic	14,2 mm	2-nov	24 mm
Día 4	29-nov	6,5 mm	19-mar	21,7 mm	30-dic	21,2 mm	-	-
Día 5	-	-	20-mar	11,2 mm	31-dic	38 mm	-	-
Año	1987		1988		1989		1990	
Día 1	5-ene	80 mm	5-dic	66,5 mm	20-nov	105,7 mm	20-feb	49,8 mm
Día 2	-	-	6-dic	7,8 mm	-	-	-	-
Año	1992		1993		1994		1995	
Día 1	13-feb	10 mm	9-dic	84 mm	8-nov	29 mm	15-feb	36,5 mm
Día 2	14-feb	31 mm	-	-	9-nov	16 mm	16-feb	18 mm
Día 3	15-feb	16,4 mm	-	-	-	-	17-feb	6,5 mm
Día 4	16-feb	14,5 mm	-	-	-	-	-	-
Año	1996		1997		1998		1999	
Día 1	25-dic	31,5 mm	19-feb	19,7 mm	24-mar	47,5 mm	1-feb	80 mm
Día 2	26-dic	44,5 mm	-	-	25-mar	9,8 mm	-	-
Año	2000		2001		2002		2003	
Día 1	24-ene	81,3 mm	29-dic	90 mm	19-nov	49 mm	12-dic	53,2 mm
Día 2	25-ene	36,4 mm	-	-	20-nov	4,5 mm	-	-
Día 3	-	-	-	-	21-nov	21mm	-	-
Año	2004		2005		2006		2007	
Día 1	6-dic	49,6 mm	12-feb	19,5 mm	16-ene	39 mm	27-dic	37 mm
Día 2	-	-	13-feb	43 mm	17-ene	11 mm	28-dic	12 mm
Año	2008		2009		2010		2011	
Día 1	22-dic	56,5 mm	24-dic	16,2 mm	24-feb	84 mm	13-mar	65 mm
Día 2	23-dic	9,5 mm	25-dic	34,8 mm	25-feb	35,2 mm	-	-
Día 3	-	-	26-dic	22,5 mm	-	-	-	-
Año	2012							
Día 1	1-feb	40 mm						
Día 2	2-feb	8,8 mm						
Día 3	3-feb	16,5 mm						
Día 4	4-feb	6 mm						

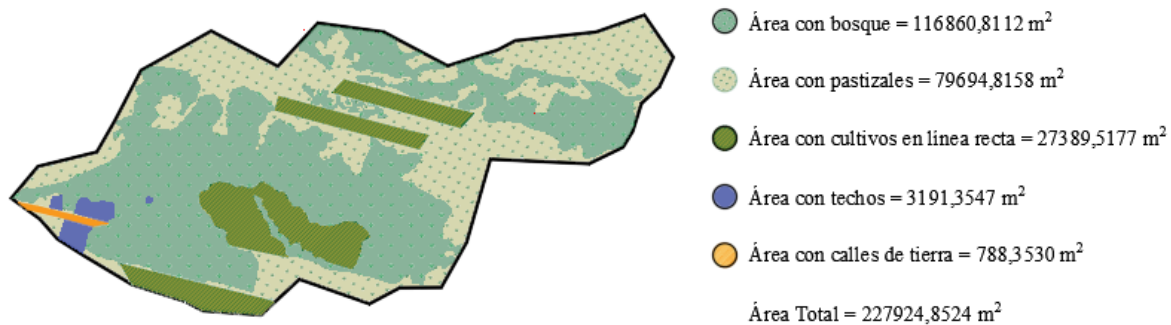
F. Precipitaciones anuales (estación pluviométrica El Tejar)

AÑO	OCT	NOV	DIC	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	ANUAL
1970-1971	22	5,5	117	105,5	199	62	13	0	0	0	0	6,5	530,5
1971-1972	35	98	77	88	92	85,5	9	7	19	0	0	4,5	515
1972-1973	27	66,5	75	163	92	118	26,5	37,5	0	0	3	0	608,5
1975-1976	15,3	86,7	122,4	104,9	43,6	104,4	12,5	1,9	0	0	3,6	5,1	500,4
1976-1977	2,7	51,5	141,2	151,6	74	56,9	20,9	4,7	0	0	15,6	10,2	529,3
1977-1978	64,2	66	102,1	95,2	120,8	69,7	41,3	0	0	0	0	0	559,3
1978-1979	39,3	74,3	222,3	93,6	96,2	79,5	19,4	0	6,2	21	9,2	0	661
1979-1980	62,4	82,1	124,8	147,1	84,4	113,3	5,9	10,8	0	0	3,3	0	634,1
1980-1981	49,4	23,4	81,7	168,8	134,1	75,7	63,3	0	0	0,4	7,2	3,8	607,8
1981-1982	39,7	108,8	142,9	171,3	75,5	76	55	6,8	0	0	0	2,5	678,5
1982-1983	22,1	69,1	197,9	69,9	57,2	6,2	8,7	0,8	0	1,3	0	6,5	439,7
1983-1984	31,4	74,9	98,2	176,7	152,3	142,8	2	0	0	0	23,8	0,4	702,5
1984-1985	49,2	87,9	124,8	133,6	147,7	34,4	38,4	0	0	4,2	11	2,8	634
1985-1986	14,7	107,2	246,4	78,8	186,6	88,3	23,5	1	0	0	0	7,6	754,1
1986-1987	57,1	175,3	188,6	190,9	85,7	57,7	20,3	0,8	0	0,3	0	0,2	776,9
1987-1988	47,8	98,6	63,2	195,9	105	166,3	12,7	0,7	0	2	0	1,5	693,7
1988-1989	17,8	20,9	210,9	98,6	60,7	121	37,1	0	1,3	0	0	8	576,3
1989-1990	37,9	136	77,9	158,6	126,7	58,7	5,5	1	0	0	0,8	3,6	606,7
1990-1991	9,9	81,6	107,8	186,8	123,2	163,1	20,9	0,2	0,2	0	5	3,8	702,5
1991-1992	84,2	63,7	92,3	148,8	137,7	59,2	5,5	0	0	0	0	8,4	599,8
1992-1993	27	75,6	116,8	116	90,4	80,6	13,1	0	0	2	2,7	0,2	524,4
1993-1994	65,7	91,4	157,5	103,4	118	43,5	0	0	0	0	0	16,7	596,2
1994-1995	42,9	97,6	149	105,8	50,3	137,7	0,5	1,9	0	0	0	10,4	596,1
1995-1996	52,8	86,6	116,9	215,2	116,7	111,2	8,5	12	0	0	5	26,6	751,5
1996-1997	5,7	155,6	208,7	118,5	177,4	115,8	19,5	5,6	0	0	0	13,8	820,6
1997-1998	9,9	79,1	62,5	116,5	54,3	78,9	19,5	4,3	1	1	0	0,4	427,4
1998-1999	53,6	93,4	74,8	91,3	127,4	260,5	16	4,7	2,2	0	0	48,7	772,6
1999-2000	93	35	97,6	239,9	121,2	125,5	20,8	0	0	0	0	0	733
2000-2001	9,3	52,7	125,9	146,6	137,9	73,8	9	0	0	0	0,7	7	562,9
2001-2002	72,5	40,8	215,7	44,4	114,5	104	11,7	0,7	0	0	0	0,3	604,6
2004-2005	42,9	66,6	161,7	120,7	175,7	91,6	17,6	0	0	0	0	2,8	679,6
2005-2006	2,5	131,2	147,8	154,3	141,6	109,4	22,7	1,7	0	0	0	1,8	713
2006-2007	82,5	37	80,4	159,8	70,3	80,5	10,2	0,5	0	0	0,6	28,3	550,1
2007-2008	69	87,8	155,9	153,2	78,3	125	28,7	0	0	0	1,2	0,9	700
2009-2010	2,6	71,1	214,3	82,7	231,5	59,4	10,5	2,5	0	0	0	0	674,6
2010-2011	1,8	9	51,3	123,6	191,6	121,9	22	6	0	0	0	0	527,2

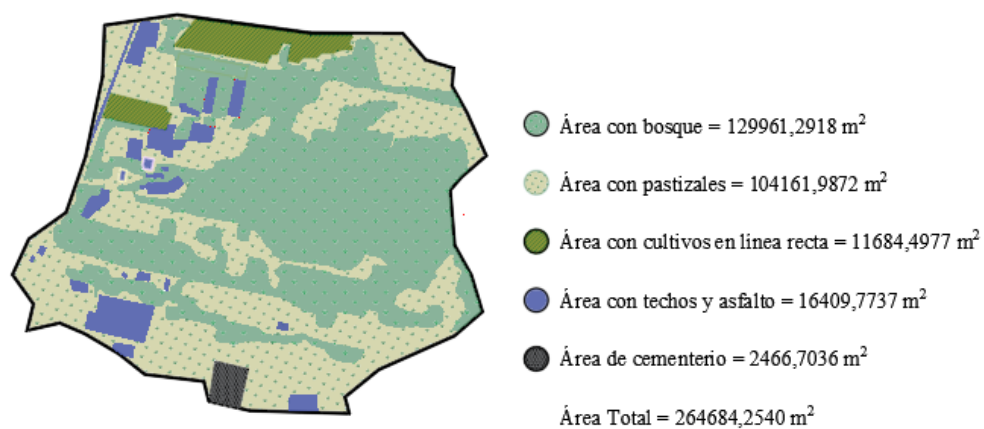
Precipitación media anual = 626,23

G. Áreas de cuencas en estudio

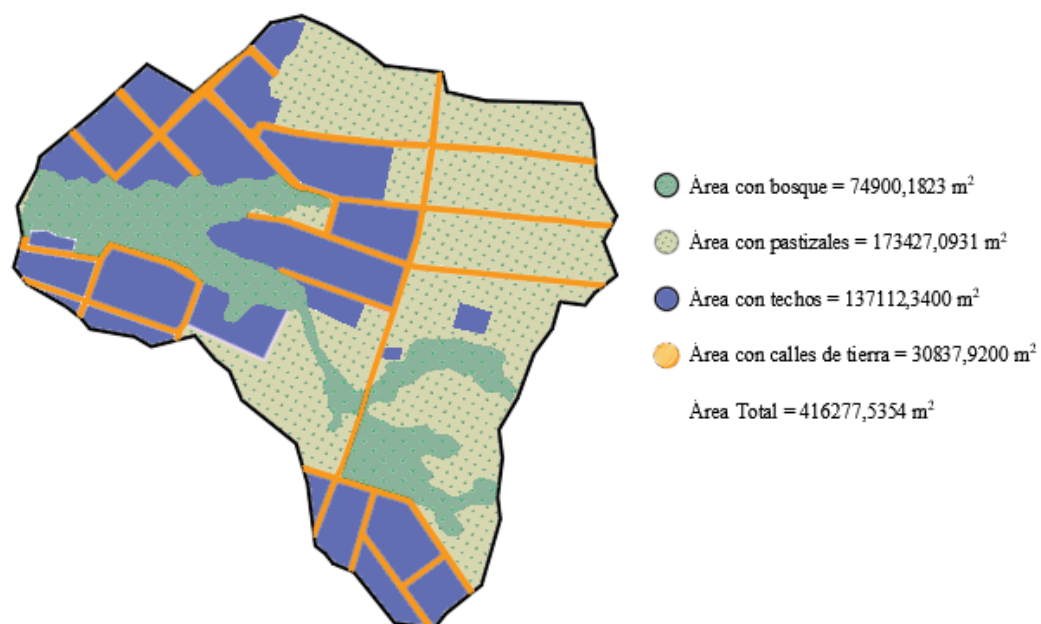
Área de aporte y cauce principal de quebrada El Coco



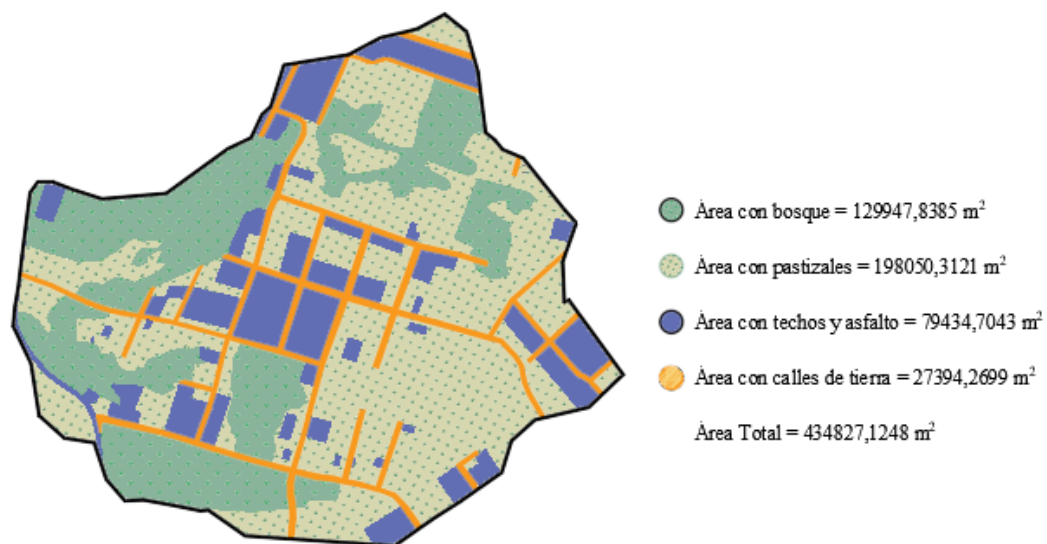
Área de aporte y cauce principal de quebrada Puco



Área de aporte y cauce principal de quebrada Los Palos



Área de aporte y cauce principal de quebrada Los Chañares



H. Análisis de los datos de precipitación de estación Campus Universitario (escala temporal)

El análisis de datos de precipitación en escala temporal se realiza a la información registrada por la estación meteorológica Campus Universitario UAJMS, porque es la única información en carecer análisis previos y la única disponible a detalle (SENAHMI actualmente no cuenta con información a detalle o bandas de registro, de estación pluviográfica El Tejar).

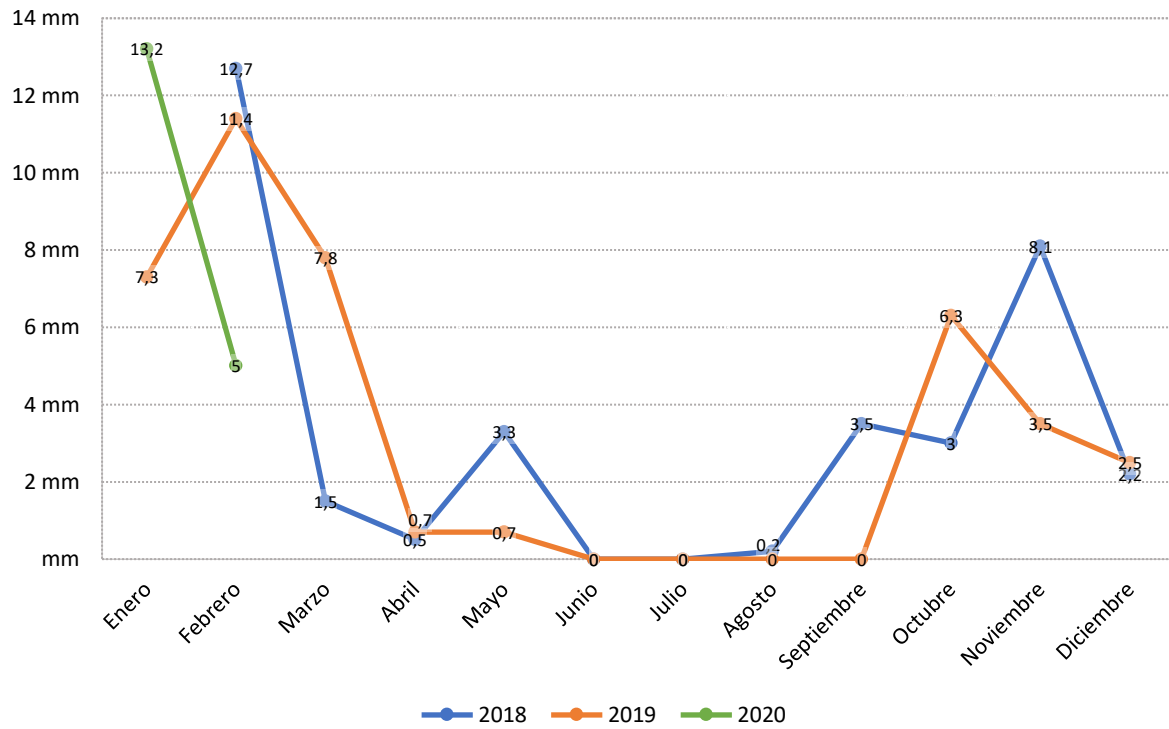
El análisis consiste en estudiar la variación de precipitación cada mes y año, principalmente precipitaciones de corta duración, porque las quebradas en estudio presentan un tiempo de concentración de entre 20 a 35 minutos aproximadamente. Lo que conlleva a una mejor precisión en el análisis de intensidad de lluvia en las áreas de estudio.

Mes	Precipitación 2018 (mm)										
	5 min	10 min	15 min	30 min	45 min	60 min	120 min	180 min	360 min	720 min	1440 min
Enero	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Febrero	12,7	21,6	22,1	36,1	38,4	39,9	39,9	39,9	39,9	58,3	60,6
Marzo	1,5	2,0	3,1	4,1	5,6	6,6	8,9	9,5	11,3	17,8	18,4
Abril	0,5	1,0	1,5	2,6	3,5	4,1	4,7	5,3	8,2	8,2	8,2
Mayo	3,3	4,6	5,9	8,0	8,0	8,0	8,0	8,0	8,0	8,0	11,6
Junio	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Julio	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Agosto	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,4	0,4	0,4	0,4
Septiembre	3,5	5,5	6,9	10,3	13,5	14,6	15,6	19,6	19,6	19,8	19,8
Octubre	3,0	4,7	7,2	11,1	12,6	16,9	22,9	24,4	24,4	24,4	28,7
Noviembre	8,1	14,9	18,4	22,6	25,8	28,2	29,7	29,7	29,7	29,7	47,4
Diciembre	2,2	3,9	4,9	8,1	8,7	9,3	13,5	20,0	29,8	29,8	29,8
MAX	12,7	21,6	22,1	36,1	38,4	39,9	39,9	39,9	39,9	58,3	60,6

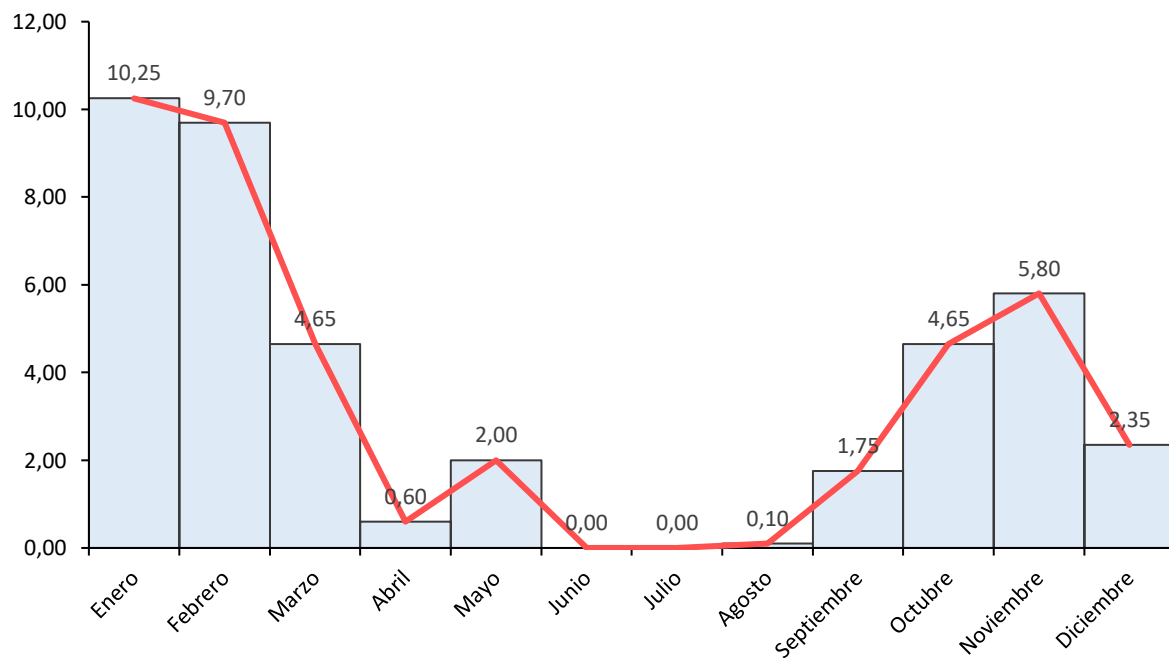
Mes	Precipitación 2019 (mm)										
	5 min	10 min	15 min	30 min	45 min	60 min	120 min	180 min	360 min	720 min	1440 min
Enero	7,3	11,8	15,3	22,3	25,0	25,4	26,2	26,6	26,6	26,6	29,6
Febrero	11,4	18,5	24,5	25,4	25,6	26,0	27,2	27,2	27,2	34,0	48,0
Marzo	7,8	14,9	20,9	34,5	40,7	42,8	49,9	54,6	57,6	58,0	58,2
Abril	0,7	1,4	1,4	1,8	2,2	2,5	3,2	5,5	7,5	9,4	9,4
Mayo	0,7	1,2	1,4	1,4	1,6	1,6	1,8	1,8	1,8	2,0	2,0
Junio	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Julio	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Agosto	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Septiembre	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Octubre	6,3	10,1	14,1	19,0	24,2	26,7	32,3	33,8	37,1	37,1	37,1
Noviembre	3,5	7,0	8,0	10,3	11,5	12,1	14,3	14,3	23,6	24,0	24,0
Diciembre	2,5	3,5	5,2	7,4	9,1	9,5	10,7	10,9	14,6	23,1	23,3
MAX	11,4	18,5	24,5	34,5	40,7	42,8	49,9	54,6	57,6	58,0	58,2

Mes	Precipitación 2020 (mm)										
	5 min	10 min	15 min	30 min	45 min	60 min	120 min	180 min	360 min	720 min	1440 min
Enero	13,2	23,6	25,8	28,5	28,7	28,7	35,8	36,5	58	74,6	74,6
Febrero	5	7,2	8,2	10,1	10,5	10,5	15,9	18,8	19,4	21	21
Marzo	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Abril	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Mayo	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Junio	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Julio	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Agosto	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Septiembre	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Octubre	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Noviembre	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Diciembre	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
MAX	13,2	23,6	25,8	28,5	28,7	28,7	35,8	36,5	58	74,6	74,6

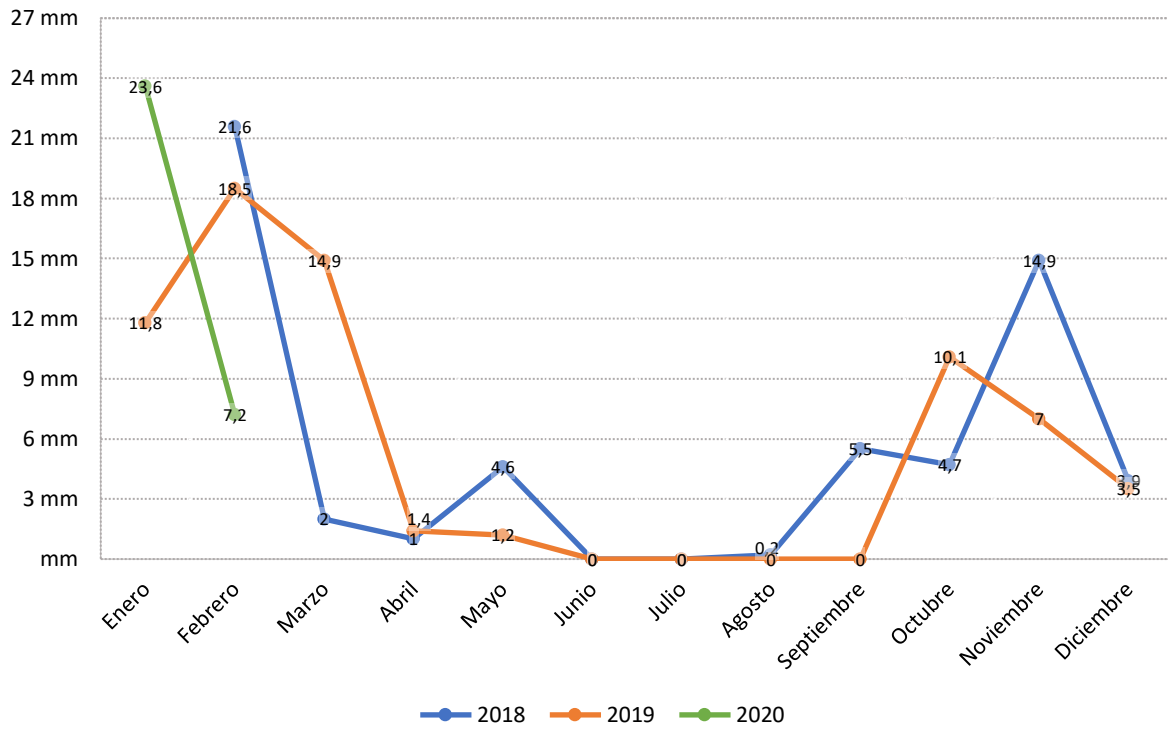
D = 5 MINUTOS



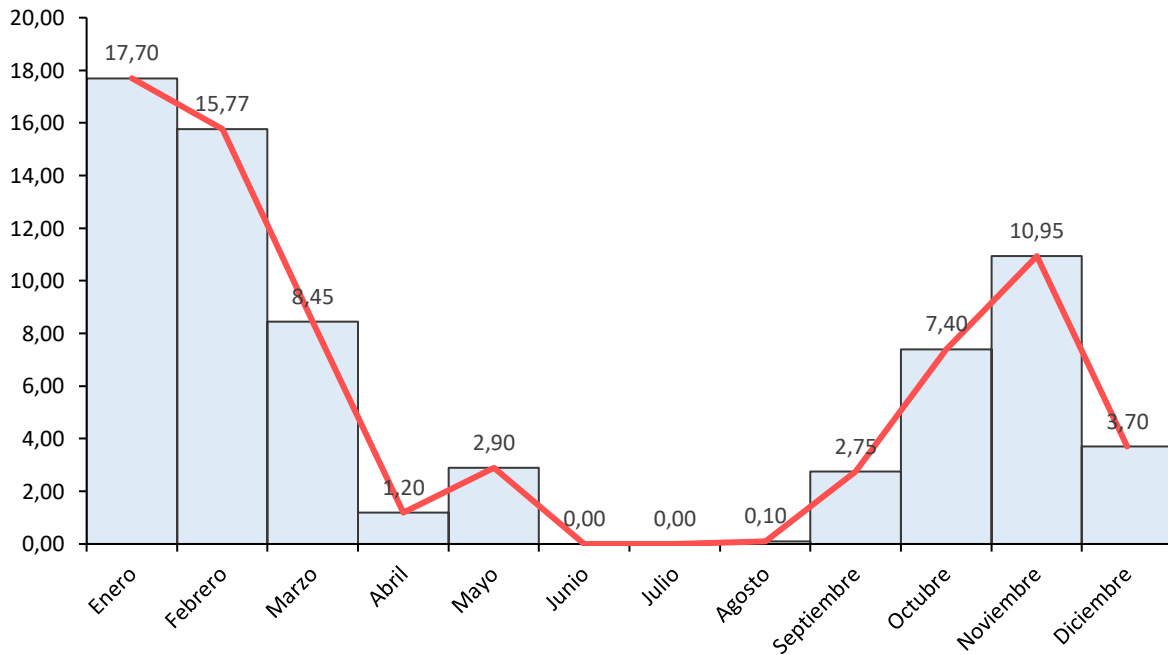
HISTOGRAMA (D = 5 min)



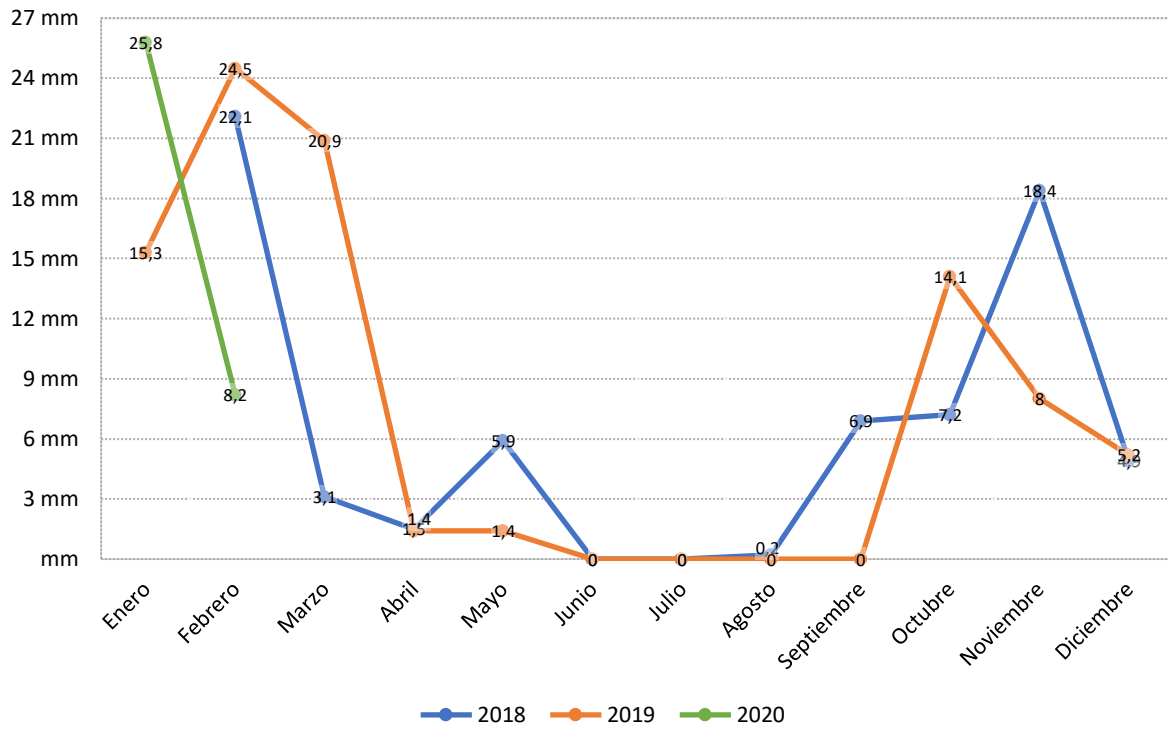
D = 10 MINUTOS



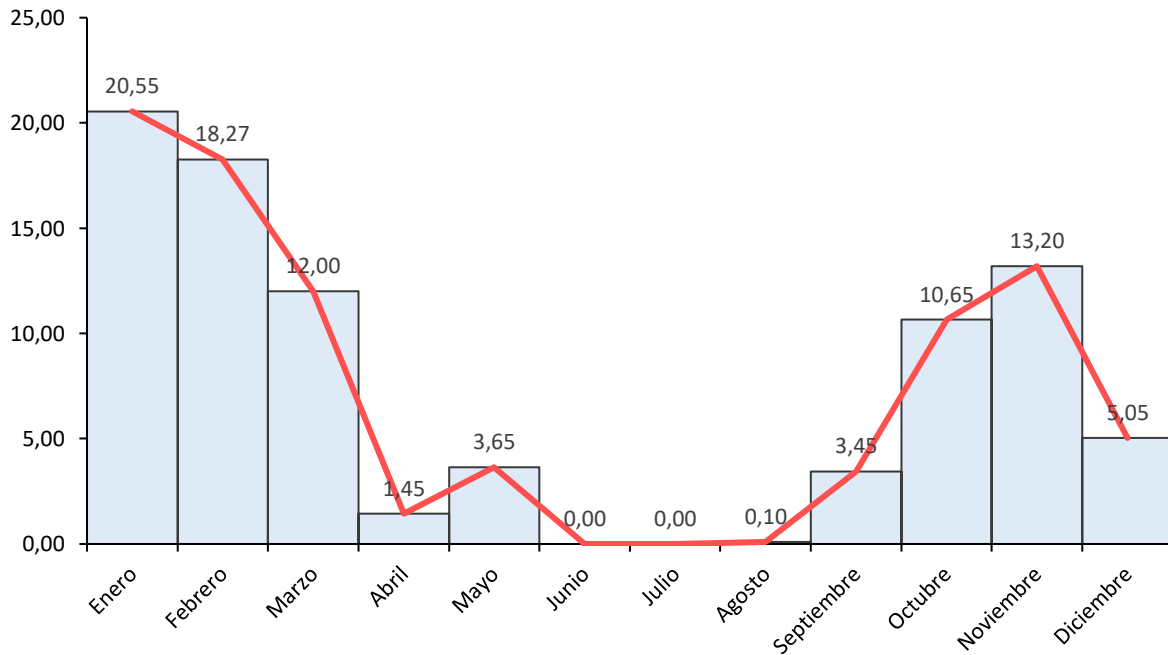
HISTOGRAMA (D = 10 min)



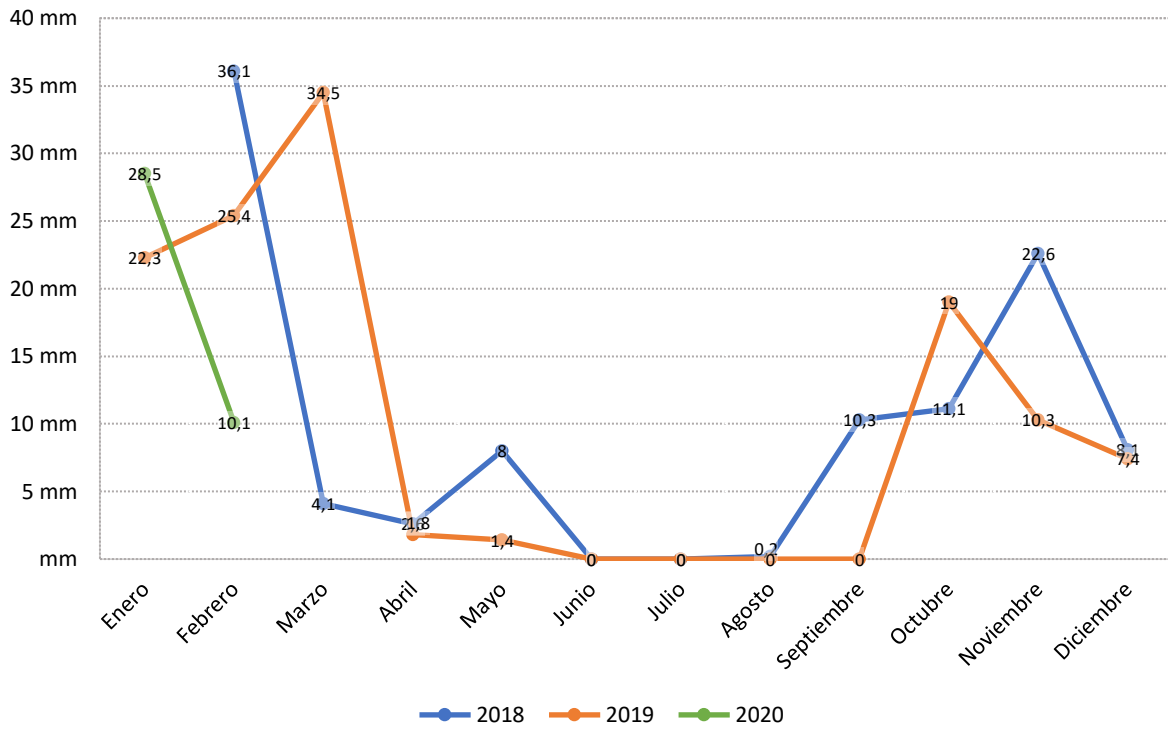
D = 15 MINUTOS



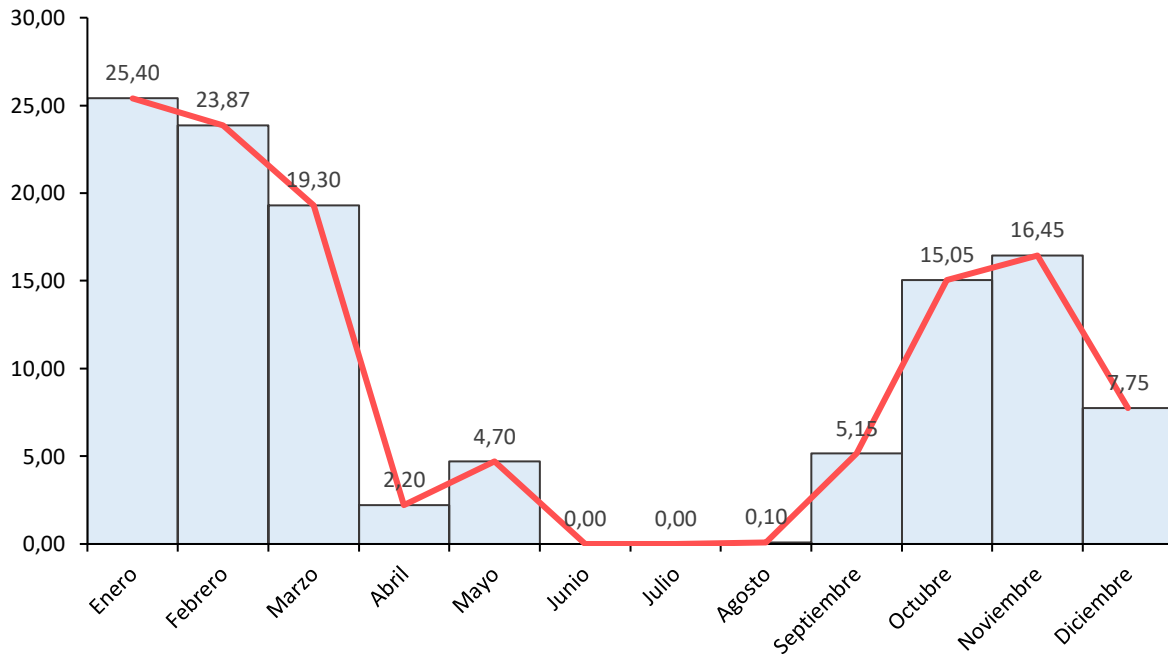
HISTOGRAMA (D = 15 min)



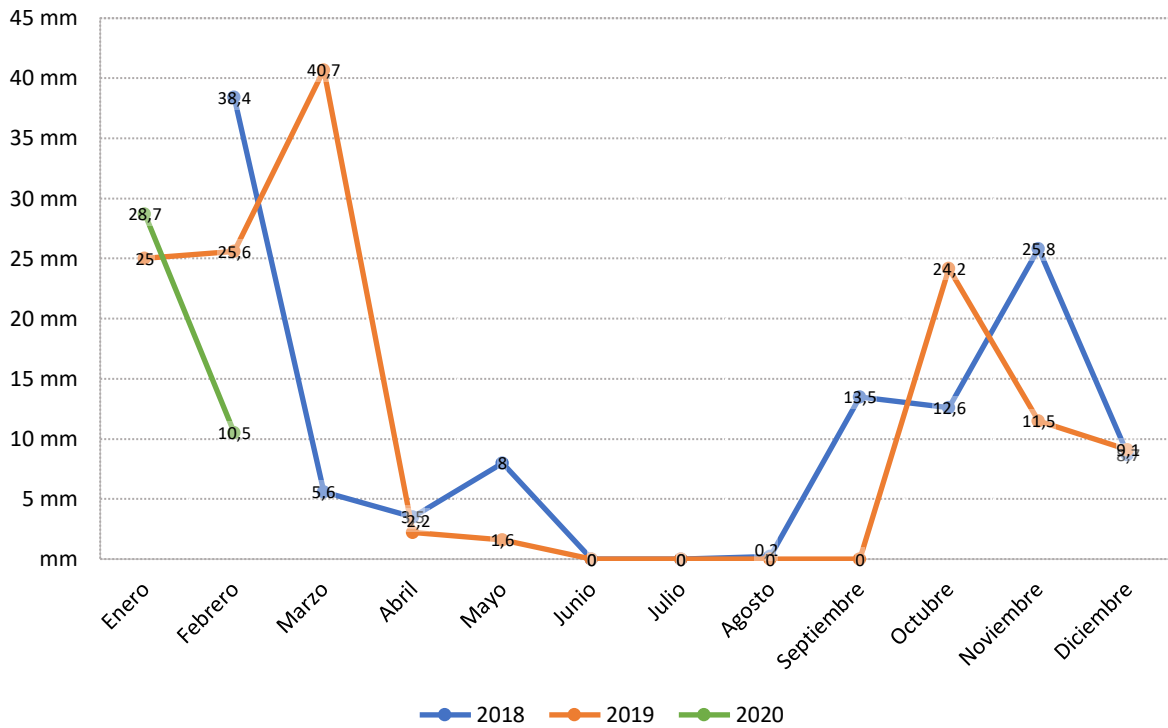
D = 30 MINUTOS



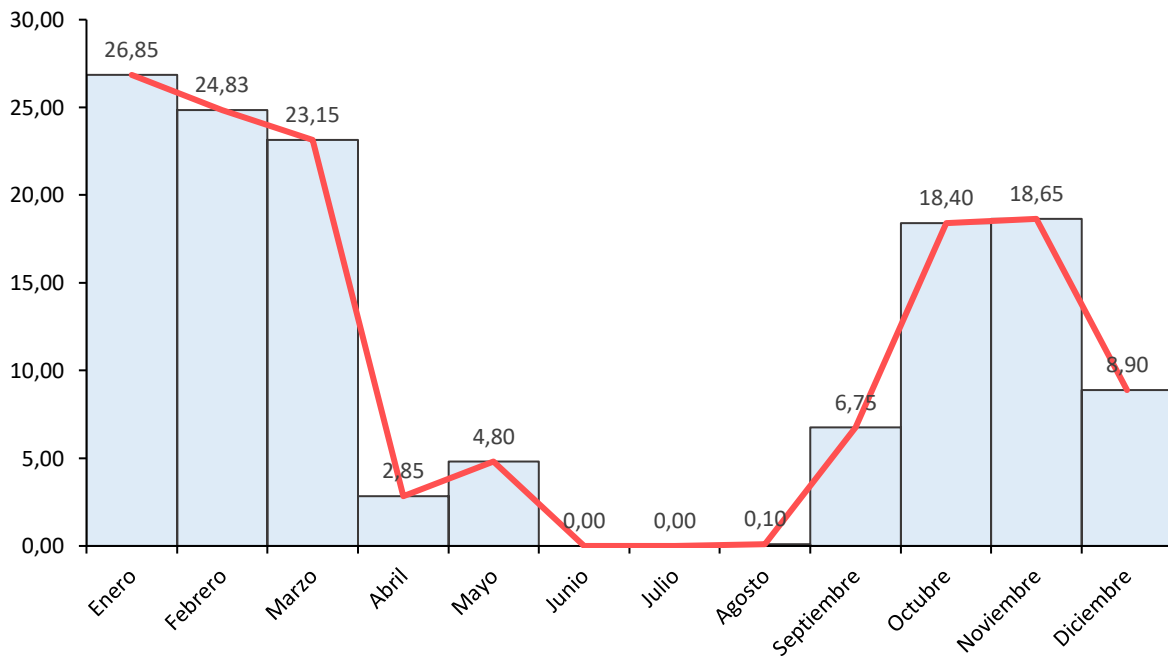
HISTOGRAMA (D = 30 min)



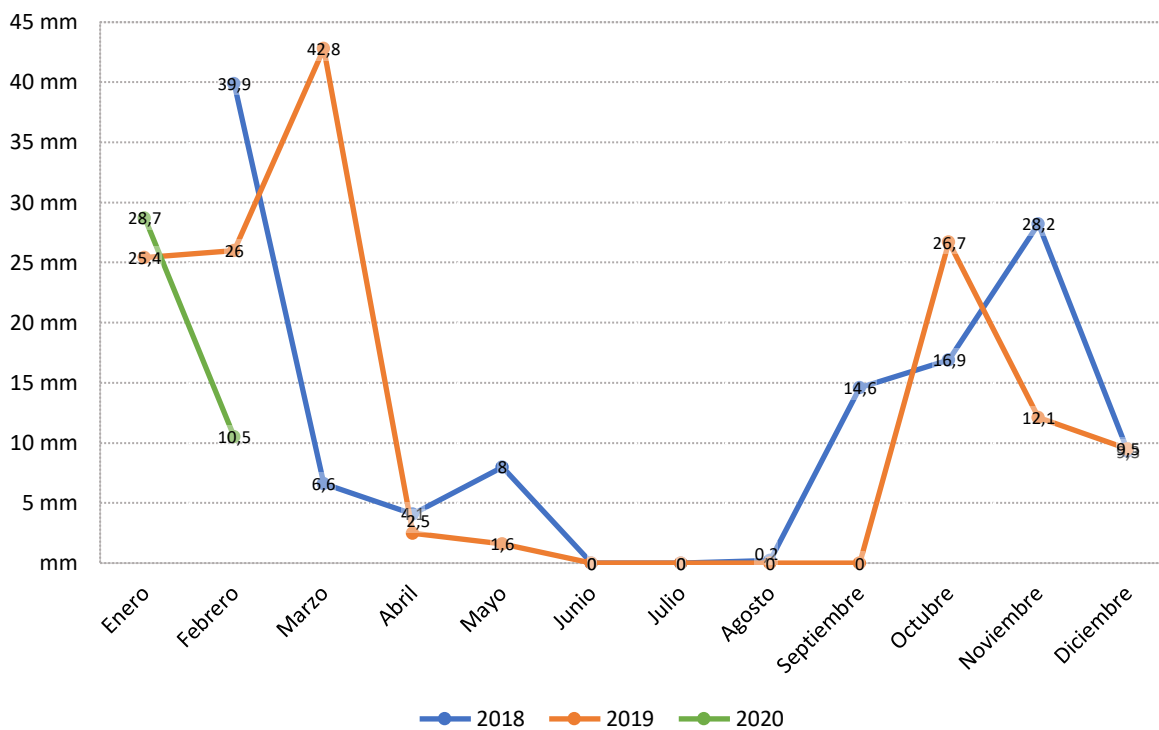
D = 45 MINUTOS



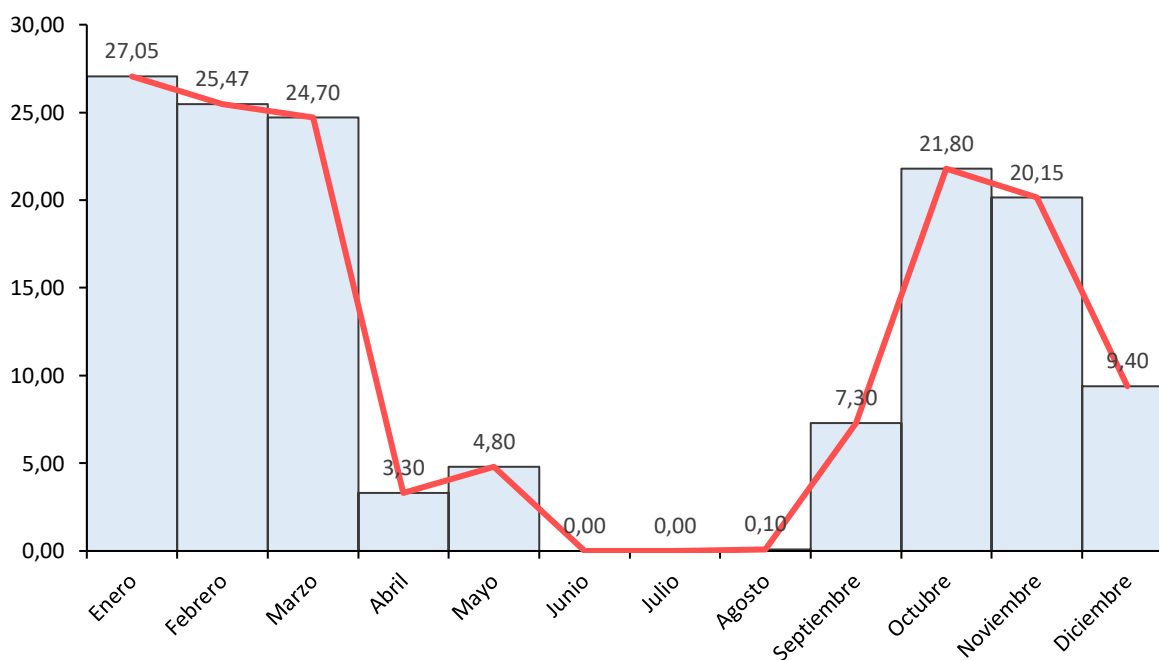
HISTOGRAMA (D = 45 min)



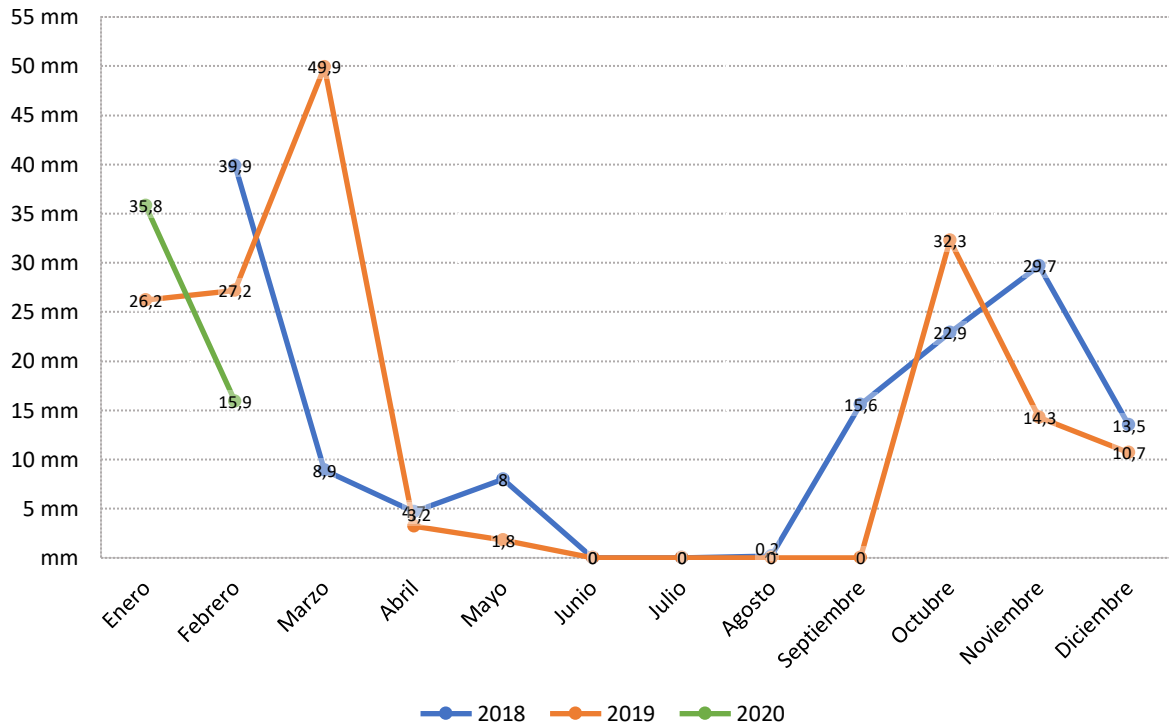
D = 60 MINUTOS



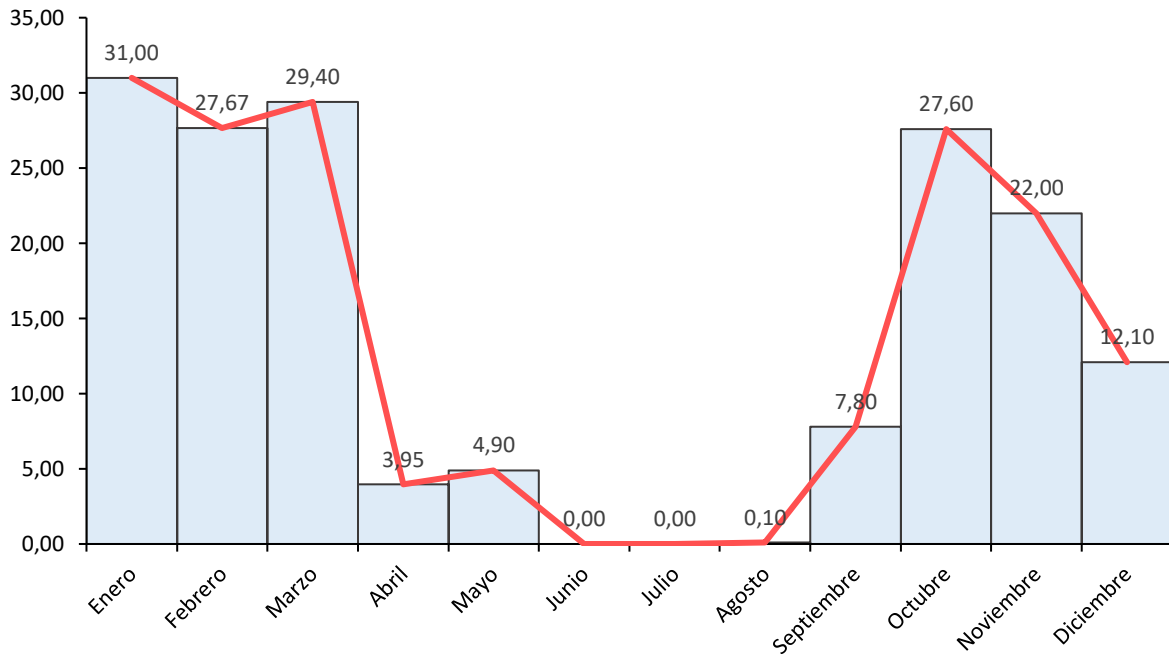
HISTOGRAMA (D = 60 min)



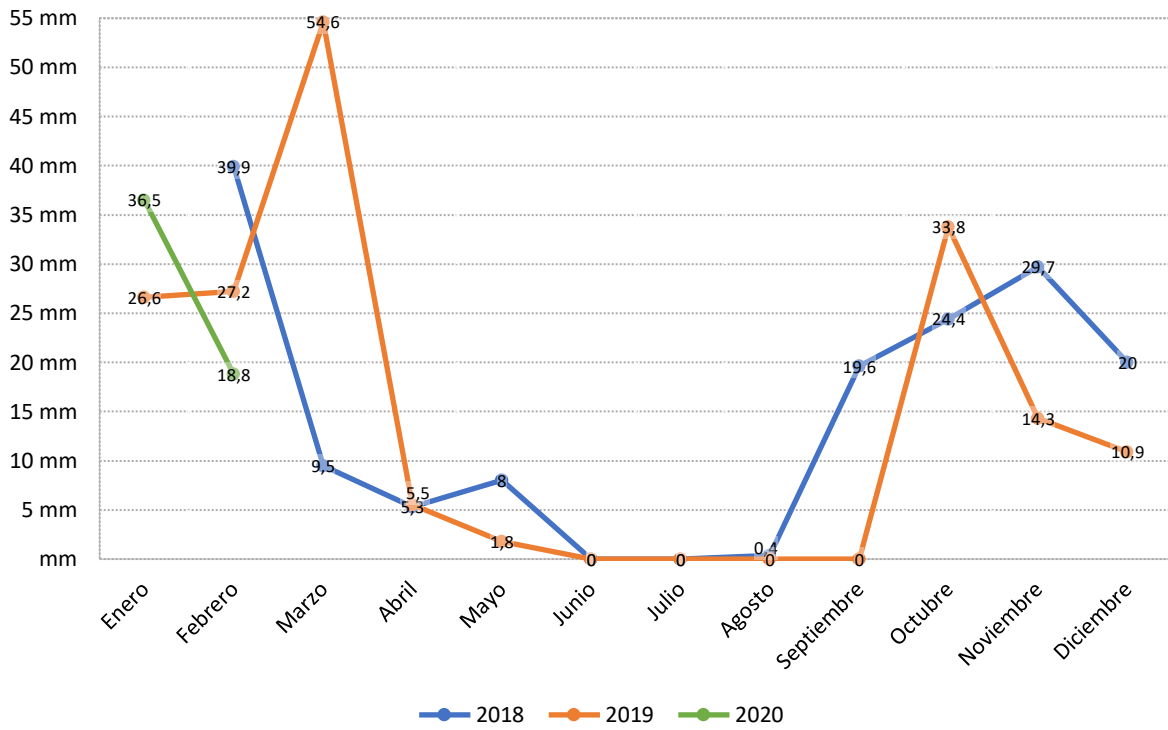
D = 120 MINUTOS



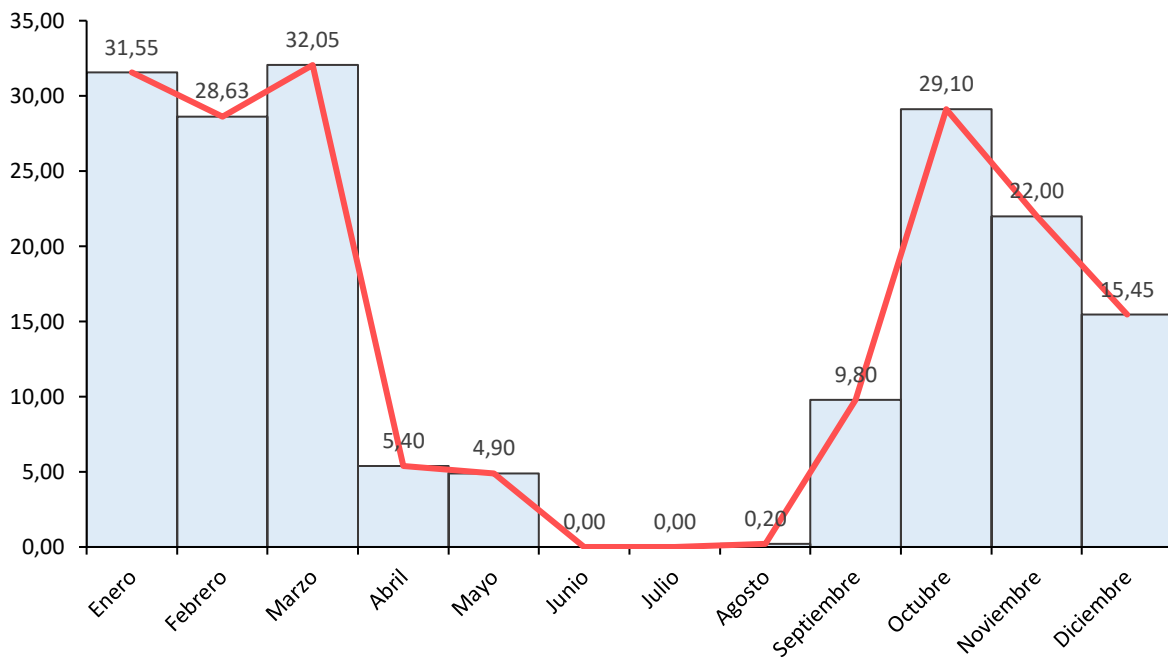
HISTOGRAMA (D = 120 min)



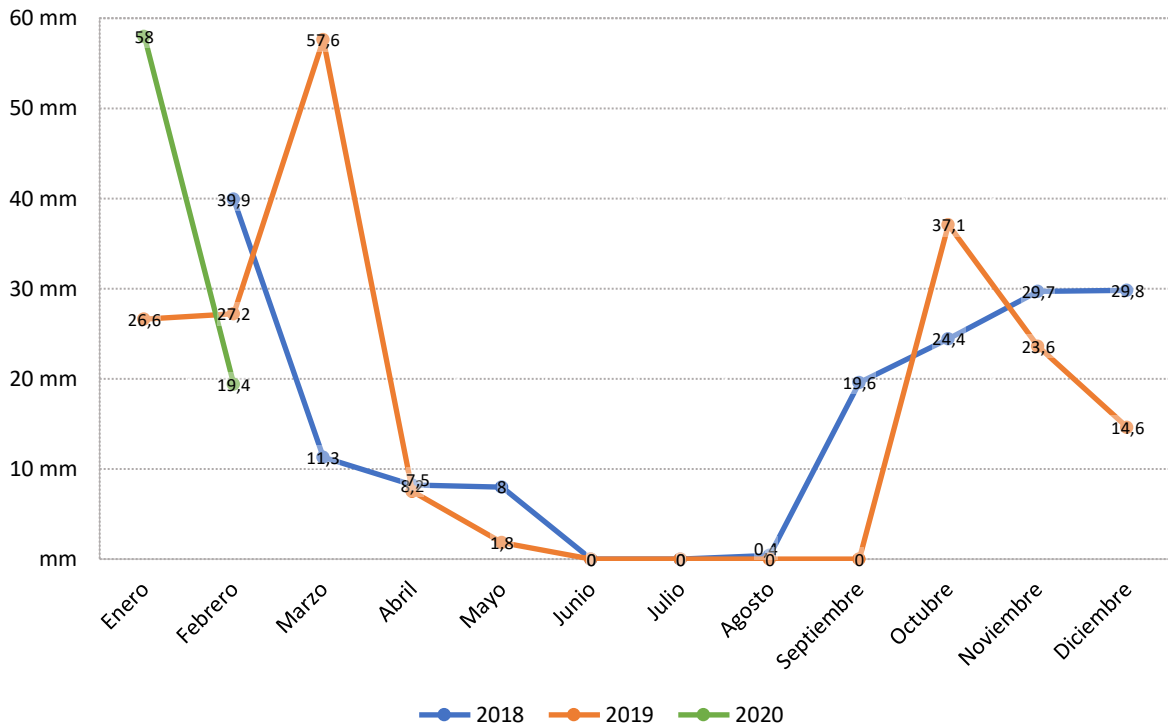
D = 180 MINUTOS



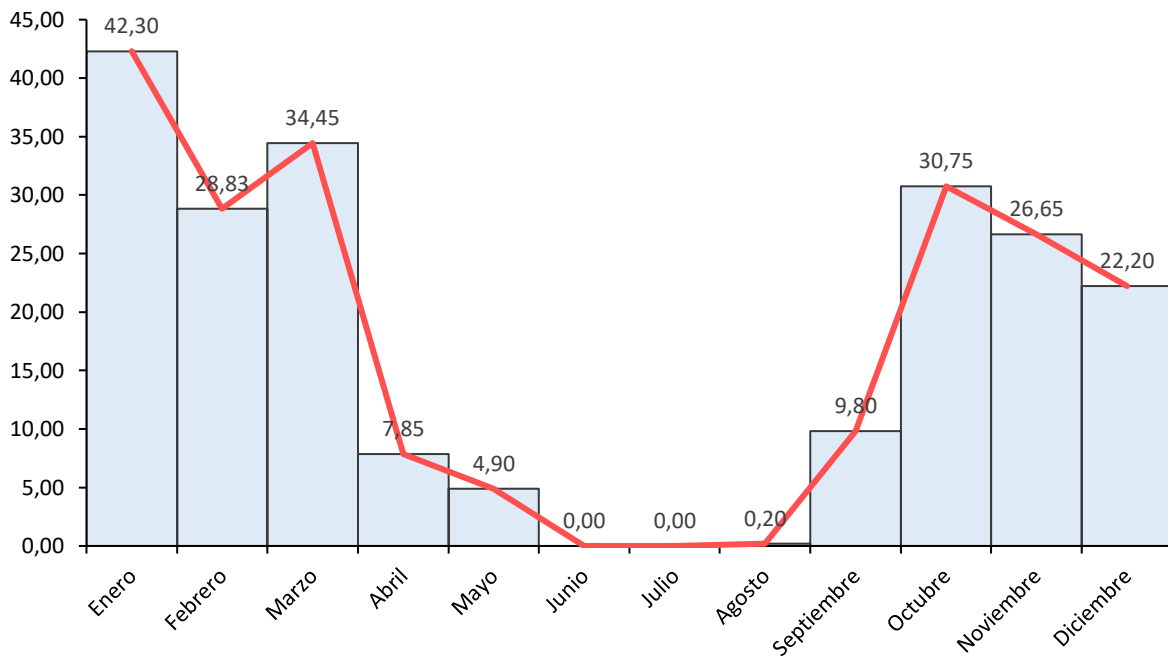
HISTOGRAMA (D = 180 min)



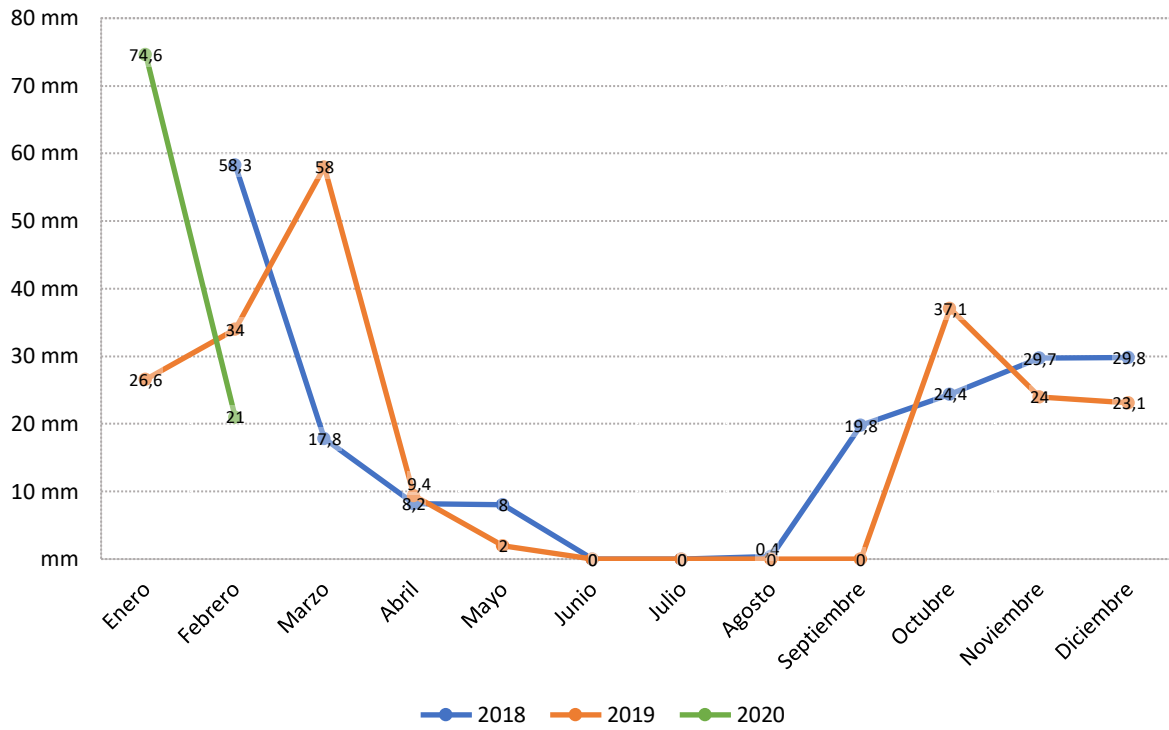
D = 360 MINUTOS



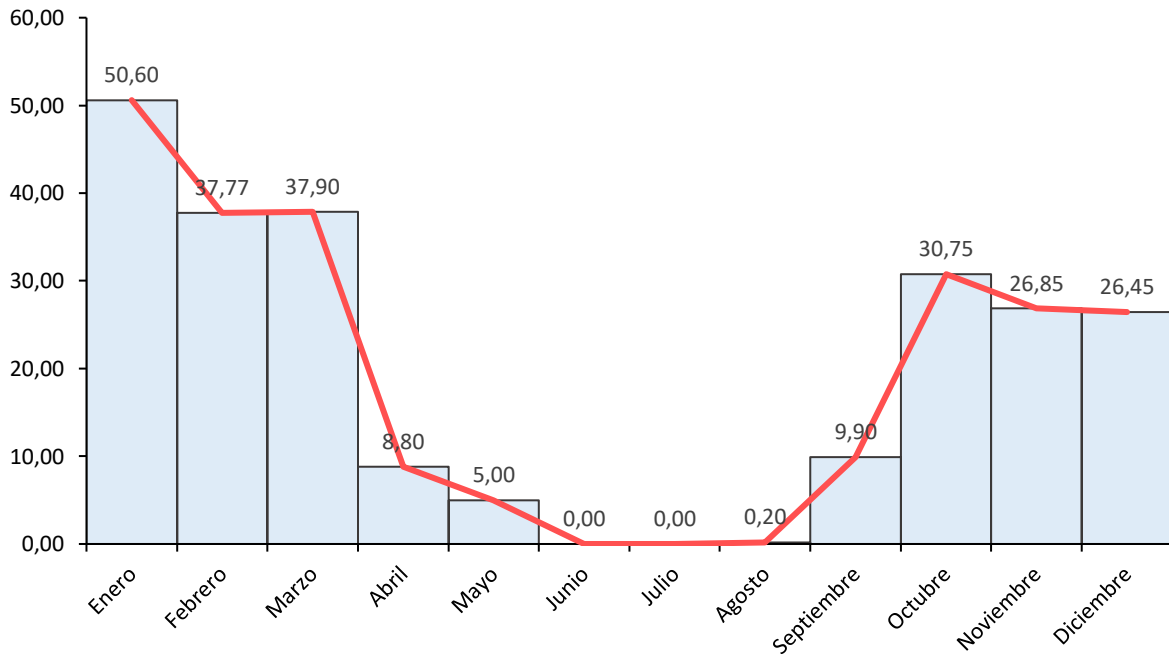
HISTOGRAMA (D = 360 min)



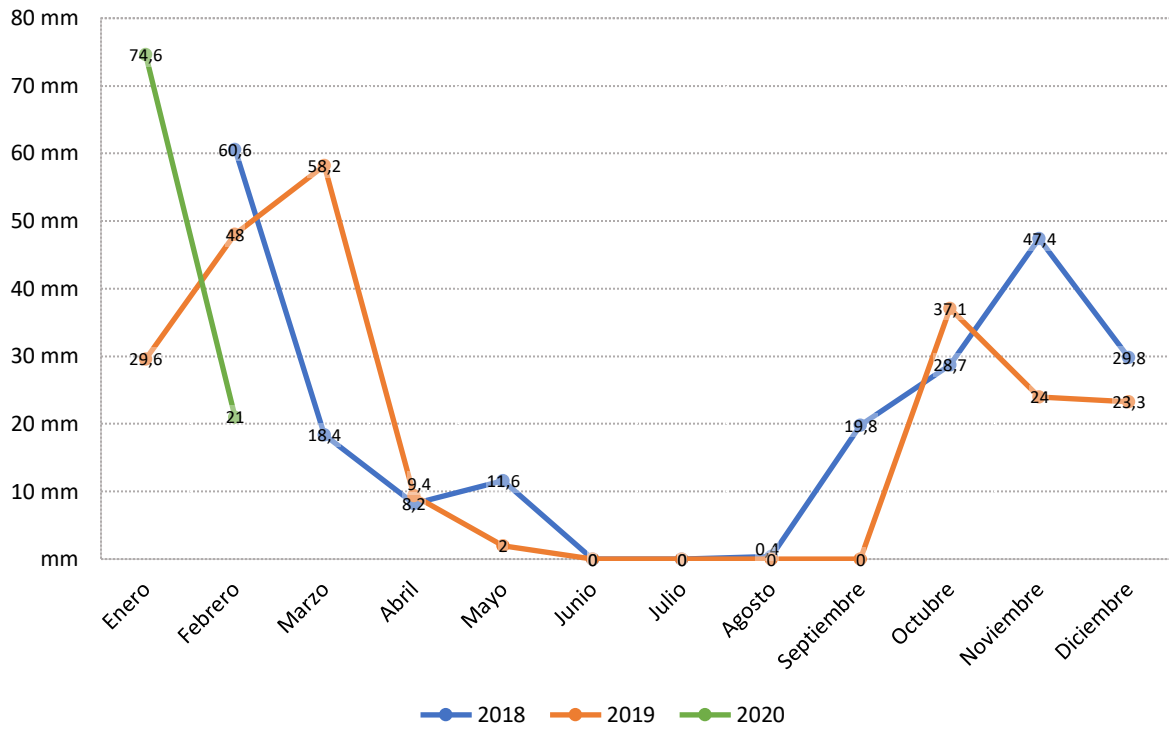
D = 720 MINUTOS



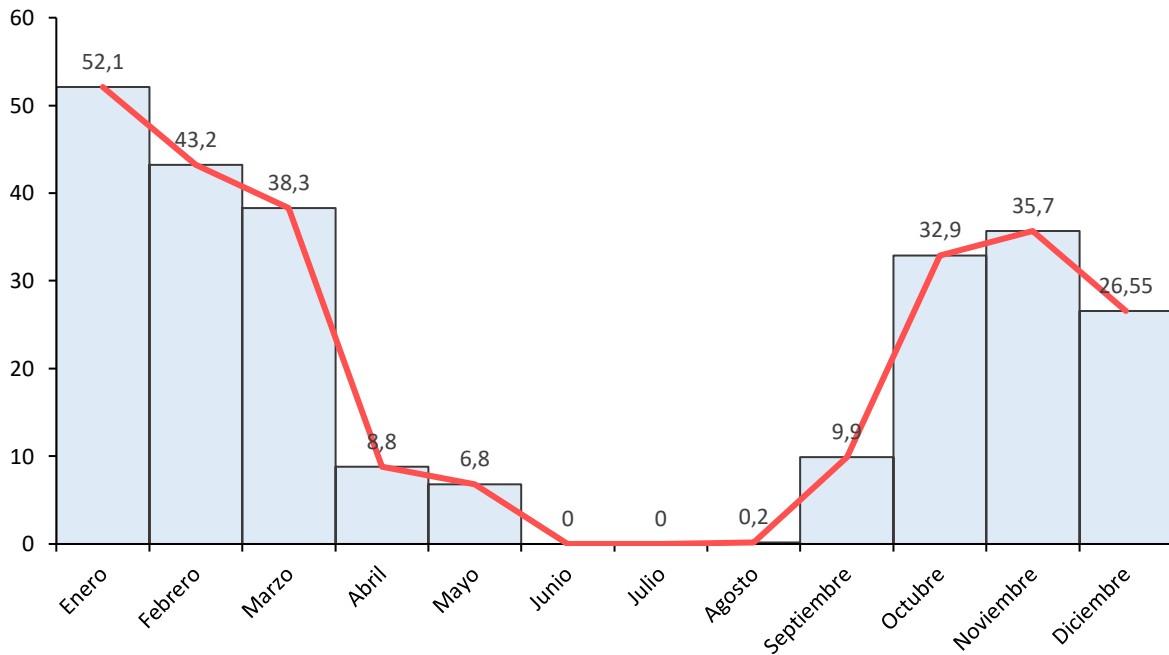
HISTOGRAMA (D = 720 min)



D = 1440 MINUTOS



HISTOGRAMA (D = 1440 min)



I. Prueba de bondad de ajuste y aplicación de distribución Gumbel

Se realiza la prueba de bondad de Smirnov-Kolmogorov, para la ley de distribución Gumbel, se muestra un ejemplo del procedimiento para una serie de 5 min, ver las siguientes tablas:

m	$P_{\max}$	$P_{(x)}$	z	e^{-z}	$F_{(z)}$	Δ
1	2,66	0,0667	-1,394	4,0309	0,0178	0,0489
2	3,74	0,1333	-1,043	2,8377	0,0586	0,0747
3	4,59	0,2000	-0,767	2,1533	0,1161	0,0839
4	4,62	0,2667	-0,757	2,1319	0,1186	0,1481
5	7,14	0,3333	0,063	0,9389	0,3910	0,0577
6	7,27	0,4000	0,105	0,9003	0,4064	0,0064
7	7,64	0,4667	0,225	0,7985	0,4500	0,0167
8	8,94	0,5333	0,648	0,5231	0,5927	0,0594
9	10,39	0,6000	1,120	0,3263	0,7216	0,1216
10	11,4	0,6667	1,448	0,2350	0,7905	0,1238
11	12,70	0,7333	1,871	0,1540	0,8573	0,1240
12	13,07	0,8000	1,991	0,1366	0,8724	0,0724
13	13,20	0,8667	2,033	0,1309	0,8773	0,0106
14	14,74	0,9333	2,534	0,0793	0,9237	0,0096

Series de duración	Media aritmética $\bar{x}$	Desviación estándar S_x	Parámetro de escala α	Parámetro de posición μ	$\Delta_{\max}$	Δ_0	Ajuste
5 min	8,721	3,944	3,075	6,947	0,1481	0,3635	si
10 min	14,679	5,664	4,416	12,131	0,1227	0,3635	si
15 min	18,111	5,812	4,532	15,496	0,2227	0,3635	si
30 min	26,002	8,414	6,560	22,217	0,1717	0,3635	si
45 min	30,343	10,478	8,170	25,629	0,1468	0,3635	si
60 min	33,420	12,198	9,511	27,932	0,1235	0,3635	si
120 min	39,406	16,636	12,971	31,922	0,0569	0,3635	si
180 min	41,591	17,007	13,260	33,940	0,0718	0,3635	si
360 min	47,326	15,311	11,938	40,438	0,1154	0,3635	si
720 min	54,249	15,743	12,275	47,166	0,1306	0,3635	si
1440 min	60,959	15,046	11,731	54,190	0,1045	0,3635	si

Verificado que las muestras se ajustan a la distribución Gumbel, se estima la precipitación de las distintas duraciones, para distintos periodos de retorno.

Para la precipitación máxima en 24 horas, se analizarán los registros letrados por la estación pluviométrica El Tejar Tarija, que cuenta con una información de 39 años. Y se encuentra a una altitud y ubicación geográfica próxima a la zona de estudio.

m	$P_{\max}$	$P_{(x)}$	z	e^{-z}	$F_{(z)}$	Δ
1	30	0,0250	-1,307	3,695	0,025	0,0002
2	32	0,0500	-1,171	3,225	0,040	0,0103
3	34,3	0,0750	-1,015	2,759	0,063	0,0117
4	34,5	0,1000	-1,002	2,724	0,066	0,0344
5	36,5	0,1250	-0,866	2,377	0,093	0,0322
6	38,3	0,1500	-0,744	2,104	0,122	0,0281
7	39	0,1750	-0,696	2,006	0,135	0,0404
8	39	0,2000	-0,696	2,006	0,135	0,0654
9	43	0,2250	-0,425	1,530	0,217	0,0084
10	43,3	0,2500	-0,405	1,499	0,223	0,0267
11	44	0,2750	-0,357	1,429	0,240	0,0355
12	46	0,3000	-0,222	1,249	0,287	0,0131
13	47,3	0,3250	-0,133	1,142	0,319	0,0059
14	47,5	0,3500	-0,120	1,128	0,324	0,0262
15	48,6	0,3750	-0,045	1,046	0,351	0,0237
16	49	0,4000	-0,018	1,018	0,361	0,0387
17	49,5	0,4250	0,016	0,984	0,374	0,0512
18	49,6	0,4500	0,023	0,977	0,376	0,0737
19	49,7	0,4750	0,030	0,970	0,379	0,0961
20	49,8	0,5000	0,036	0,965	0,381	0,1189
21	56,5	0,5250	0,491	0,612	0,542	0,0173
22	56,5	0,5500	0,491	0,612	0,542	0,0077
23	58	0,5750	0,593	0,553	0,575	0,0004
24	62	0,6000	0,864	0,422	0,656	0,0561
25	64	0,6250	1,000	0,368	0,692	0,0672
26	65	0,6500	1,068	0,344	0,709	0,0591
27	66,5	0,6750	1,169	0,311	0,733	0,0580

28	67	0,7000	1,203	0,300	0,741	0,0406
29	68,5	0,7250	1,305	0,271	0,763	0,0375
30	70,6	0,7500	1,448	0,235	0,791	0,0405
31	71	0,7750	1,475	0,229	0,796	0,0205
32	80	0,8000	2,085	0,124	0,883	0,0831
33	80	0,8250	2,085	0,124	0,883	0,0581
34	81,3	0,8500	2,173	0,114	0,892	0,0424
35	84	0,8750	2,357	0,095	0,910	0,0346
36	84	0,9000	2,357	0,095	0,910	0,0096
37	90	0,9250	2,764	0,063	0,939	0,0139
38	91,5	0,9500	2,866	0,057	0,945	0,0053
39	105,7	0,9750	3,829	0,022	0,979	0,0035

Precipitación máxima en 24 horas para distintos periodos de retorno:

Parámetros		T	P _{24h} (mm)
Media aritmética ($\bar{x}$)	57,769	2	54,67
Desviación estándar (Sx)	18,904	5	71,37
Parámetro de escala (α)	14,739	10	82,43
Parámetro de posición (μ)	49,265	25	96,41
$\Delta_{\max}$	0,0654	50	106,78
Δ_0	0,2178	75	112,80
Ajuste	si	100	117,07

J. Modelos matemáticos por correlación múltiple lineal y su precisión según estadística

Correlación múltiple para Sherman ($60 \text{ min} \leq D \leq 1440 \text{ min}$)

x_2	x_1	y	x_1*y	x_2*y	x_1^2	x_2^2	x_1*x_2
Log(D+c)	Log(T)	Log(I)	Log(T)*Log(I)	Log(D+c)*Log(I)	Log(T) ²	Log(D+c) ²	Log(T)*Log(D+c)
1,933	0,301	1,497	0,451	2,894	0,091	3,736	0,582
1,933	0,699	1,625	1,136	3,142	0,489	3,736	1,351
1,933	1,000	1,693	1,693	3,273	1,000	3,736	1,933
1,933	1,398	1,766	2,469	3,414	1,954	3,736	2,702
1,933	1,699	1,813	3,081	3,505	2,886	3,736	3,284
1,933	1,875	1,838	3,447	3,554	3,516	3,736	3,624
1,933	2,000	1,855	3,711	3,586	4,000	3,736	3,866
2,163	0,301	1,263	0,380	2,733	0,091	4,681	0,651
2,163	0,699	1,410	0,985	3,050	0,489	4,681	1,512
2,163	1,000	1,485	1,485	3,213	1,000	4,681	2,163
2,163	1,398	1,565	2,187	3,385	1,954	4,681	3,024
2,163	1,699	1,616	2,745	3,495	2,886	4,681	3,676
2,163	1,875	1,643	3,080	3,554	3,516	4,681	4,057
2,163	2,000	1,661	3,322	3,593	4,000	4,681	4,327
2,313	0,301	1,112	0,335	2,572	0,091	5,351	0,696
2,313	0,699	1,254	0,876	2,901	0,489	5,351	1,617
2,313	1,000	1,328	1,328	3,071	1,000	5,351	2,313
2,313	1,398	1,406	1,965	3,252	1,954	5,351	3,234
2,313	1,699	1,456	2,473	3,368	2,886	5,351	3,930
2,313	1,875	1,482	2,780	3,429	3,516	5,351	4,337
2,313	2,000	1,500	3,001	3,471	4,000	5,351	4,626
2,586	0,301	0,873	0,263	2,258	0,091	6,689	0,779
2,586	0,699	0,988	0,690	2,555	0,489	6,689	1,808
2,586	1,000	1,050	1,050	2,715	1,000	6,689	2,586
2,586	1,398	1,117	1,562	2,890	1,954	6,689	3,615
2,586	1,699	1,161	1,973	3,004	2,886	6,689	4,394
2,586	1,875	1,185	2,222	3,065	3,516	6,689	4,849
2,586	2,000	1,201	2,402	3,107	4,000	6,689	5,172

2,873	0,301	0,634	0,191	1,821	0,091	8,252	0,865
2,873	0,699	0,795	0,555	2,283	0,489	8,252	2,008
2,873	1,000	0,843	0,843	2,422	1,000	8,252	2,873
2,873	1,398	0,857	1,199	2,463	1,954	8,252	4,016
2,873	1,699	0,899	1,527	2,582	2,886	8,252	4,880
2,873	1,875	0,921	1,727	2,646	3,516	8,252	5,386
2,873	2,000	0,936	1,873	2,690	4,000	8,252	5,745
3,166	0,301	0,387	0,116	1,225	0,091	10,024	0,953
3,166	0,699	0,476	0,333	1,506	0,489	10,024	2,213
3,166	1,000	0,526	0,526	1,666	1,000	10,024	3,166
3,166	1,398	0,582	0,814	1,843	1,954	10,024	4,426
3,166	1,699	0,620	1,053	1,962	2,886	10,024	5,379
3,166	1,875	0,640	1,200	2,026	3,516	10,024	5,937
3,166	2,000	0,654	1,308	2,070	4,000	10,024	6,332
Σ	Σ	Σ	Σ	Σ	Σ	Σ	Σ
105,242	53,832	49,614	66,357	117,252	83,615	271,125	134,889

Correlación múltiple para Bernard ($60 \text{ min} \leq D \leq 1440 \text{ min}$)

X ₂	X ₁	y	x ₁ *y	x ₂ *y	x ₁ ²	x ₂ ²	x ₁ *x ₂
Log(D)	Log(T)	Log(I)	Log(T)*Log(I)	Log(D)*Log(I)	Log(T) ²	Log(D) ²	Log(T)*Log(D)
1,778	0,301	1,497	0,451	2,662	0,091	3,162	0,535
1,778	0,699	1,625	1,136	2,890	0,489	3,162	1,243
1,778	1,000	1,693	1,693	3,011	1,000	3,162	1,778
1,778	1,398	1,766	2,469	3,140	1,954	3,162	2,486
1,778	1,699	1,813	3,081	3,224	2,886	3,162	3,021
1,778	1,875	1,838	3,447	3,269	3,516	3,162	3,334
1,778	2,000	1,855	3,711	3,299	4,000	3,162	3,556
2,079	0,301	1,263	0,380	2,627	0,091	4,323	0,626
2,079	0,699	1,410	0,985	2,931	0,489	4,323	1,453
2,079	1,000	1,485	1,485	3,088	1,000	4,323	2,079
2,079	1,398	1,565	2,187	3,253	1,954	4,323	2,907
2,079	1,699	1,616	2,745	3,359	2,886	4,323	3,532

2,079	1,875	1,643	3,080	3,415	3,516	4,323	3,899
2,079	2,000	1,661	3,322	3,453	4,000	4,323	4,158
2,255	0,301	1,112	0,335	2,507	0,091	5,086	0,679
2,255	0,699	1,254	0,876	2,828	0,489	5,086	1,576
2,255	1,000	1,328	1,328	2,994	1,000	5,086	2,255
2,255	1,398	1,406	1,965	3,170	1,954	5,086	3,153
2,255	1,699	1,456	2,473	3,283	2,886	5,086	3,832
2,255	1,875	1,482	2,780	3,343	3,516	5,086	4,229
2,255	2,000	1,500	3,001	3,384	4,000	5,086	4,511
2,556	0,301	0,873	0,263	2,232	0,091	6,535	0,770
2,556	0,699	0,988	0,690	2,525	0,489	6,535	1,787
2,556	1,000	1,050	1,050	2,684	1,000	6,535	2,556
2,556	1,398	1,117	1,562	2,856	1,954	6,535	3,574
2,556	1,699	1,161	1,973	2,969	2,886	6,535	4,343
2,556	1,875	1,185	2,222	3,030	3,516	6,535	4,793
2,556	2,000	1,201	2,402	3,071	4,000	6,535	5,113
2,857	0,301	0,634	0,191	1,812	0,091	8,164	0,860
2,857	0,699	0,795	0,555	2,271	0,489	8,164	1,997
2,857	1,000	0,843	0,843	2,409	1,000	8,164	2,857
2,857	1,398	0,857	1,199	2,450	1,954	8,164	3,994
2,857	1,699	0,899	1,527	2,568	2,886	8,164	4,855
2,857	1,875	0,921	1,727	2,632	3,516	8,164	5,358
2,857	2,000	0,936	1,873	2,675	4,000	8,164	5,715
3,158	0,301	0,387	0,116	1,222	0,091	9,975	0,951
3,158	0,699	0,476	0,333	1,503	0,489	9,975	2,208
3,158	1,000	0,526	0,526	1,662	1,000	9,975	3,158
3,158	1,398	0,582	0,814	1,839	1,954	9,975	4,415
3,158	1,699	0,620	1,053	1,957	2,886	9,975	5,366
3,158	1,875	0,640	1,200	2,021	3,516	9,975	5,922
3,158	2,000	0,654	1,308	2,065	4,000	9,975	6,317
Σ	Σ	Σ	Σ	Σ	Σ	Σ	Σ
102,792	53,832	49,614	66,357	113,584	83,615	260,717	131,750

Precisión de modelos matemáticos

Modelo de Sherman ($5\text{min} \leq D \leq 60 \text{ min}$)

T años	D min	I mm/h	I _{est} mm/h	I ² - $\bar{I}^2$	(I - I _{est}) ²
2,00	5	96,89	116,41	381,00	-2547,81
5,00	5	138,71	140,08	1,87	7305,80
10,00	5	166,40	161,13	27,78	15754,65
25,00	5	201,39	193,90	56,14	28622,74
50,00	5	227,35	223,04	18,54	39750,83
75,00	5	242,43	242,08	0,13	46838,08
100,00	5	253,11	256,56	11,93	52129,26
2,00	10	82,50	87,38	23,82	-5129,39
5,00	10	112,53	105,15	54,51	727,48
10,00	10	132,41	120,95	131,39	5597,71
25,00	10	157,53	145,54	143,79	12881,91
50,00	10	176,17	167,42	76,62	19101,33
75,00	10	187,00	181,71	28,04	23035,53
100,00	10	194,67	192,58	4,37	25961,85
2,00	15	68,63	72,00	11,39	-7225,34
5,00	15	89,17	86,64	6,40	-3983,00
10,00	15	102,78	99,67	9,68	-1371,71
25,00	15	119,97	119,93	0,00	2456,93
50,00	15	132,72	137,96	27,47	5679,00
75,00	15	140,13	149,74	92,27	7701,23
100,00	15	145,38	158,70	177,42	9198,88
2,00	30	49,24	50,12	0,78	-9510,32
5,00	30	64,11	60,32	14,41	-7824,66
10,00	30	73,96	69,38	20,94	-6465,25
25,00	30	86,40	83,49	8,45	-4470,41
50,00	30	95,63	96,04	0,17	-2790,56
75,00	30	100,99	104,24	10,54	-1735,88
100,00	30	104,79	110,47	32,34	-954,65
2,00	45	38,16	40,04	3,52	-10478,63
5,00	45	50,51	48,18	5,43	-9383,77
10,00	45	58,69	55,42	10,64	-8491,11
25,00	45	69,01	66,69	5,39	-7172,13

50,00	45	76,68	76,72	0,00	-6055,78
75,00	45	81,13	83,27	4,56	-5352,95
100,00	45	84,28	88,25	15,73	-4831,54
2,00	60	31,42	34,01	6,71	-10948,08
5,00	60	42,20	40,92	1,62	-10154,50
10,00	60	49,34	47,08	5,11	-9501,20
25,00	60	58,35	56,65	2,91	-8530,06
50,00	60	65,04	65,16	0,01	-7704,53
75,00	60	68,93	70,72	3,21	-7183,56
100,00	60	71,68	74,96	10,71	-6796,56
			Σ	1447,736	136149,833

Modelo de Bernard ($5\text{min} \leq D \leq 60 \text{ min}$)

T años	D min	I mm/h	I _{est} mm/h	I ² - $\bar{I}^2$	(I - I _{est}) ²
2,00	5	96,89	120,76	569,73	-2547,81
5,00	5	138,71	145,31	43,57	7305,80
10,00	5	166,40	167,15	0,56	15754,65
25,00	5	201,39	201,14	0,06	28622,74
50,00	5	227,35	231,37	16,23	39750,83
75,00	5	242,43	251,12	75,55	46838,08
100,00	5	253,11	266,15	170,07	52129,26
2,00	10	82,50	85,43	8,58	-5129,39
5,00	10	112,53	102,80	94,72	727,48
10,00	10	132,41	118,25	200,65	5597,71
25,00	10	157,53	142,29	232,36	12881,91
50,00	10	176,17	163,68	156,10	19101,33
75,00	10	187,00	177,65	87,53	23035,53
100,00	10	194,67	188,28	40,87	25961,85
2,00	15	68,63	69,77	1,30	-7225,34
5,00	15	89,17	83,95	27,26	-3983,00
10,00	15	102,78	96,57	38,52	-1371,71
25,00	15	119,97	116,21	14,12	2456,93
50,00	15	132,72	133,68	0,92	5679,00
75,00	15	140,13	145,09	24,57	7701,23
100,00	15	145,38	153,77	70,44	9198,88

2,00	30	49,24	49,35	0,01	-9510,32
5,00	30	64,11	59,39	22,31	-7824,66
10,00	30	73,96	68,32	31,83	-6465,25
25,00	30	86,40	82,21	17,56	-4470,41
50,00	30	95,63	94,56	1,13	-2790,56
75,00	30	100,99	102,64	2,71	-1735,88
100,00	30	104,79	108,78	15,92	-954,65
2,00	45	38,16	40,31	4,59	-10478,63
5,00	45	50,51	48,50	4,03	-9383,77
10,00	45	58,69	55,79	8,36	-8491,11
25,00	45	69,01	67,14	3,51	-7172,13
50,00	45	76,68	77,23	0,31	-6055,78
75,00	45	81,13	83,82	7,25	-5352,95
100,00	45	84,28	88,84	20,76	-4831,54
2,00	60	31,42	34,91	12,22	-10948,08
5,00	60	42,20	42,01	0,03	-10154,50
10,00	60	49,34	48,33	1,01	-9501,20
25,00	60	58,35	58,16	0,04	-8530,06
50,00	60	65,04	66,90	3,43	-7704,53
75,00	60	68,93	72,61	13,50	-7183,56
100,00	60	71,68	76,95	27,74	-6796,56
			Σ	2071,950	136149,833

Modelo de Sherman ($60 \text{ min} \leq D \leq 1440 \text{ min}$)

T años	D min	I mm/h	I _{est} mm/h	I ² - $\bar{I}^2$	(I - I _{est}) ²
2,00	60	31,42	34,82	11,56	464,78
5,00	60	42,20	41,41	0,62	1258,36
10,00	60	49,34	47,21	4,51	1911,66
25,00	60	58,35	56,15	4,85	2882,80
50,00	60	65,04	64,02	1,05	3708,33
75,00	60	68,93	69,12	0,04	4229,30
100,00	60	71,68	72,99	1,71	4616,29
2,00	120	18,34	20,99	7,05	-186,02
5,00	120	25,69	24,97	0,52	137,61
10,00	120	30,56	28,47	4,37	411,35

25,00	120	36,71	33,85	8,12	824,96
50,00	120	41,27	38,60	7,12	1180,66
75,00	120	43,92	41,68	5,02	1406,54
100,00	120	45,80	44,01	3,19	1574,90
2,00	180	12,93	15,11	4,74	-355,04
5,00	180	17,94	17,97	0,00	-200,35
10,00	180	21,26	20,49	0,59	-70,32
25,00	180	25,45	24,37	1,17	125,44
50,00	180	28,56	27,78	0,60	293,36
75,00	180	30,37	30,00	0,14	399,85
100,00	180	31,65	31,68	0,00	479,16
2,00	360	7,47	8,30	0,69	-466,52
5,00	360	9,72	9,87	0,02	-427,75
10,00	360	11,22	11,25	0,00	-396,48
25,00	360	13,10	13,38	0,08	-350,60
50,00	360	14,50	15,26	0,57	-311,96
75,00	360	15,32	16,47	1,34	-287,71
100,00	360	15,89	17,40	2,26	-269,74
2,00	720	4,31	4,43	0,01	-503,77
5,00	720	6,23	5,26	0,94	-483,46
10,00	720	6,97	6,00	0,93	-473,74
25,00	720	7,20	7,14	0,00	-470,43
50,00	720	7,92	8,14	0,05	-459,55
75,00	720	8,34	8,79	0,20	-452,75
100,00	720	8,64	9,28	0,41	-447,73
2,00	1440	2,44	2,32	0,01	-516,37
5,00	1440	2,99	2,76	0,05	-513,36
10,00	1440	3,36	3,15	0,04	-511,03
25,00	1440	3,82	3,75	0,01	-507,70
50,00	1440	4,17	4,27	0,01	-504,96
75,00	1440	4,36	4,61	0,06	-503,25
100,00	1440	4,51	4,87	0,13	-502,00
			Σ	74,809	15732,729

Modelo de Bernard ($60 \text{ min} \leq D \leq 1440 \text{ min}$)

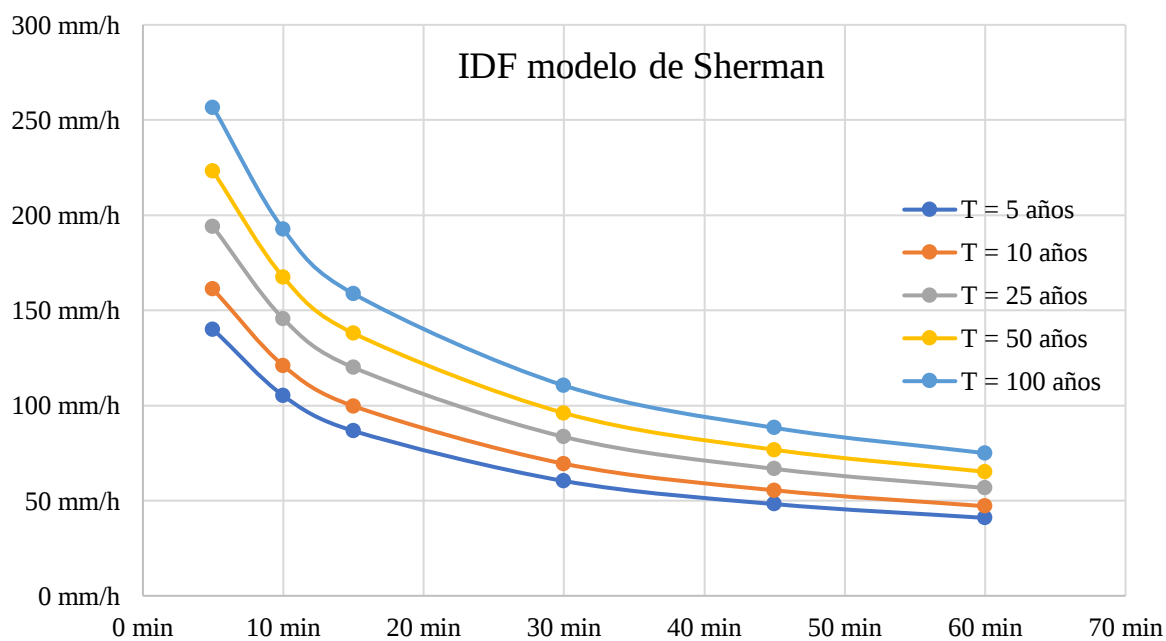
T años	D min	I mm/h	I _{est} mm/h	I ² - $\bar{I}$ ²	(I - I _{est}) ²
2,00	60	31,42	37,16	32,96	464,78
5,00	60	42,20	44,19	3,98	1258,36
10,00	60	49,34	50,39	1,11	1911,66
25,00	60	58,35	59,93	2,47	2882,80
50,00	60	65,04	68,32	10,76	3708,33
75,00	60	68,93	73,77	23,43	4229,30
100,00	60	71,68	77,90	38,62	4616,29
2,00	120	18,34	20,50	4,67	-186,02
5,00	120	25,69	24,38	1,71	137,61
10,00	120	30,56	27,80	7,61	411,35
25,00	120	36,71	33,06	13,29	824,96
50,00	120	41,27	37,69	12,78	1180,66
75,00	120	43,92	40,70	10,37	1406,54
100,00	120	45,80	42,97	7,96	1574,90
2,00	180	12,93	14,48	2,38	-355,04
5,00	180	17,94	17,22	0,53	-200,35
10,00	180	21,26	19,63	2,66	-70,32
25,00	180	25,45	23,34	4,44	125,44
50,00	180	28,56	26,62	3,78	293,36
75,00	180	30,37	28,74	2,65	399,85
100,00	180	31,65	30,35	1,69	479,16
2,00	360	7,47	7,99	0,27	-466,52
5,00	360	9,72	9,50	0,05	-427,75
10,00	360	11,22	10,83	0,15	-396,48
25,00	360	13,10	12,88	0,05	-350,60
50,00	360	14,50	14,68	0,03	-311,96
75,00	360	15,32	15,85	0,29	-287,71
100,00	360	15,89	16,74	0,72	-269,74
2,00	720	4,31	4,41	0,01	-503,77
5,00	720	6,23	5,24	0,99	-483,46
10,00	720	6,97	5,97	0,99	-473,74
25,00	720	7,20	7,10	0,01	-470,43
50,00	720	7,92	8,10	0,03	-459,55
75,00	720	8,34	8,75	0,16	-452,75
100,00	720	8,64	9,24	0,36	-447,73

2,00	1440	2,44	2,43	0,00	-516,37
5,00	1440	2,99	2,89	0,01	-513,36
10,00	1440	3,36	3,30	0,00	-511,03
25,00	1440	3,82	3,92	0,01	-507,70
50,00	1440	4,17	4,47	0,09	-504,96
75,00	1440	4,36	4,82	0,21	-503,25
100,00	1440	4,51	5,09	0,35	-502,00
			Σ	194,647	15732,729

K. Curvas IDF ($5 \text{ min} \leq D \leq 60 \text{ min}$)

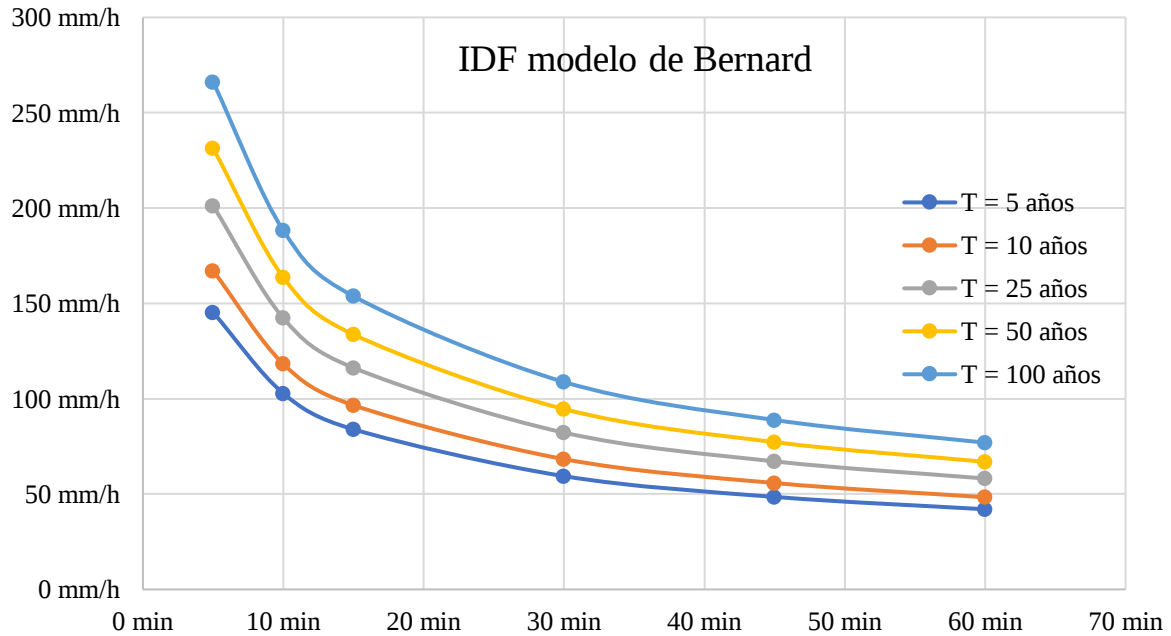
Modelo de Sherman

T (años)	Intensidad (mm/h)					
	5 min	10 min	15 min	30 min	45 min	60 min
5	140,08	105,15	86,64	60,32	48,18	40,92
10	161,13	120,95	99,67	69,38	55,42	47,08
25	193,90	145,54	119,93	83,49	66,69	56,65
50	223,04	167,42	137,96	96,04	76,72	65,16
100	256,56	192,58	158,70	110,47	88,25	74,96



Modelo de Bernard

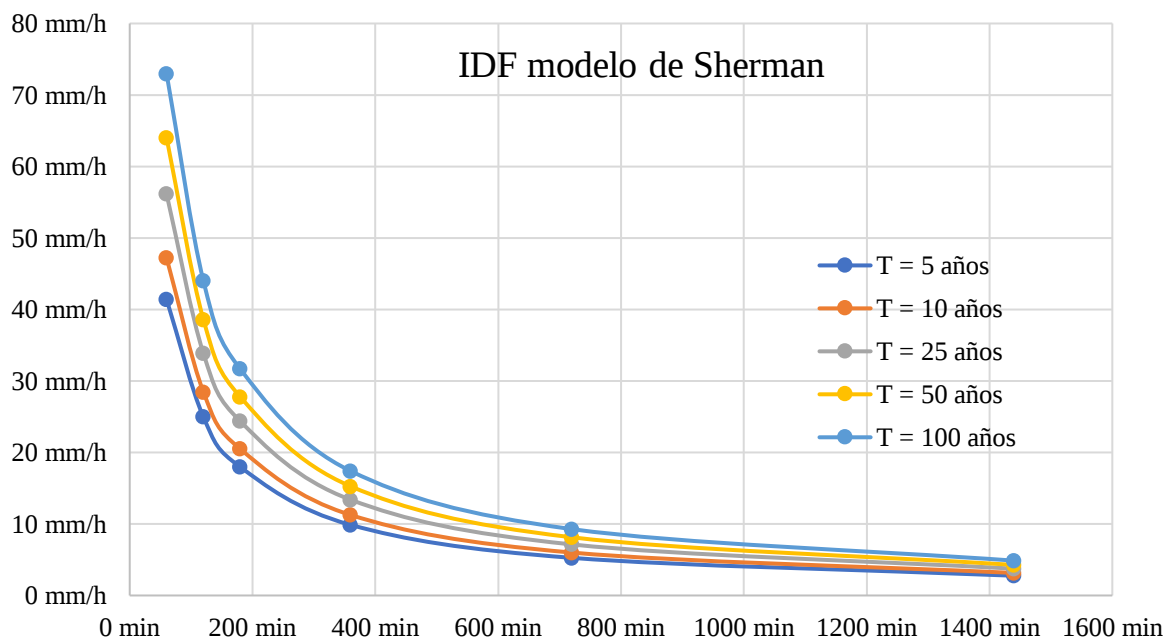
T (años)	Intensidad (mm/h)					
	5 min	10 min	15 min	30 min	45 min	60 min
5	145,31	102,80	83,95	59,39	48,50	42,01
10	167,15	118,25	96,57	68,32	55,79	48,33
25	201,14	142,29	116,21	82,21	67,14	58,16
50	231,37	163,68	133,68	94,56	77,23	66,90
100	266,15	188,28	153,77	108,78	88,84	76,95



L. Curvas IDF (60 min ≤ D ≤ 1440 min)

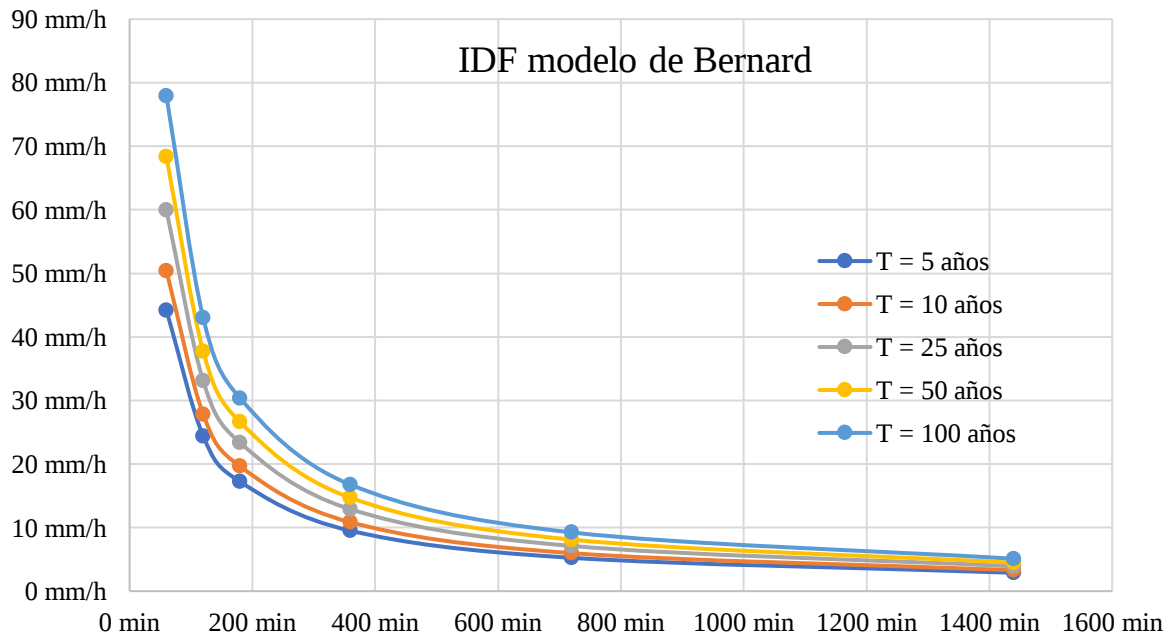
Modelo de Sherman

T (años)	Intensidad (mm/h)					
	60 min	120 min	180 min	360 min	720 min	1440 min
5	41,41	24,97	17,97	9,87	5,26	2,76
10	47,21	28,47	20,49	11,25	6,00	3,15
25	56,15	33,85	24,37	13,38	7,14	3,75
50	64,02	38,60	27,78	15,26	8,14	4,27
100	72,99	44,01	31,68	17,40	9,28	4,87



Modelo de Bernard

T (años)	Intensidad (mm/h)					
	5 min	10 min	15 min	30 min	45 min	60 min
5	44,19	24,38	17,22	9,50	5,24	2,89
10	50,39	27,80	19,63	10,83	5,97	3,30
25	59,93	33,06	23,34	12,88	7,10	3,92
50	68,32	37,69	26,62	14,68	8,10	4,47
100	77,90	42,97	30,35	16,74	9,24	5,09



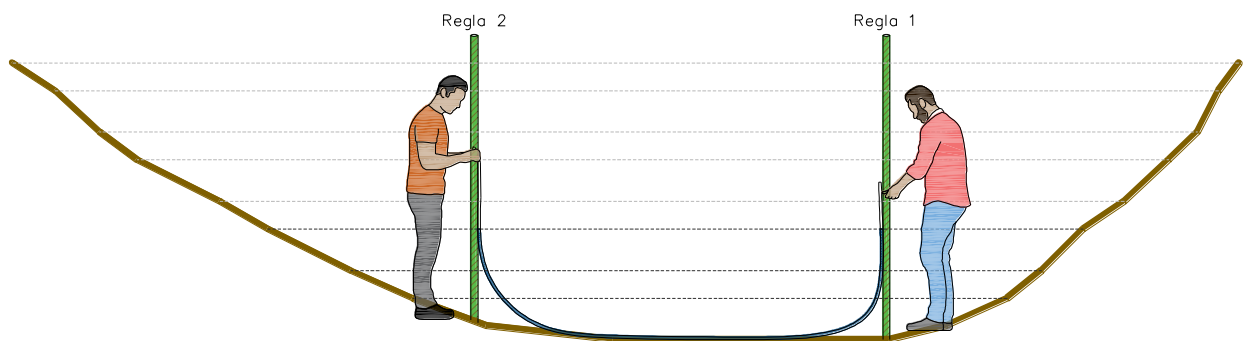
M. Sección transversal para diseño de diques de sedimentación en quebrada “El Coco”

La medición de secciones transversales del lecho del cauce de la quebrada El Coco, se realizó usando los siguientes materiales:

- Cinta métrica.
- Manguera transparente con agua.
- 2 cañas huecas seleccionadas según su semejanza a una recta lineal.
- Cuaderno, marcador y lapicera.
- Machete y azadón.

El procedimiento de medición se basó en los siguientes pasos:

- Limpieza del sitio de medición.
- Añadir marcas de distancia cada 1 cm, en las superficies de las cañas huecas. Para que cumplan la función de una regla vertical improvisada, que permitan medir las elevaciones en las secciones transversales.
- Empotrar en el terreno (cada regla próxima a un margen) el extremo inferior de las reglas para que adquieran una posición vertical, considerando que las marcas de medición de las reglas queden en el mismo nivel elevación entre sí. Dichos niveles de elevación son calibrados con ayuda del agua dentro de la manguera transparente. (Ver figura)
- Medir la distancia horizontal entre la regla₁-margen derecho, y regla₁-margen izquierdo. Para asegurar que las distancias medidas sean horizontales, verificar que la cinta métrica pase por los mismos niveles de elevación de regla₁ y regla₂.
- Anotar el ancho de sección según el nivel de elevación en el terreno.



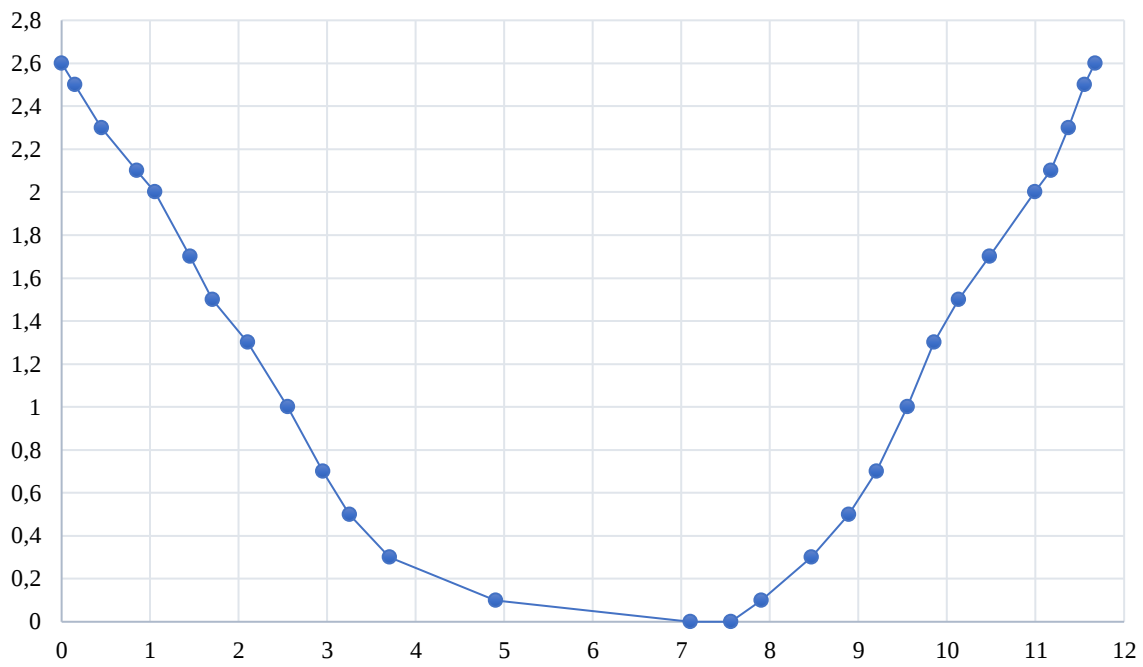
Sección transversal (0+000 m)

Sección transversal (0+021 m)

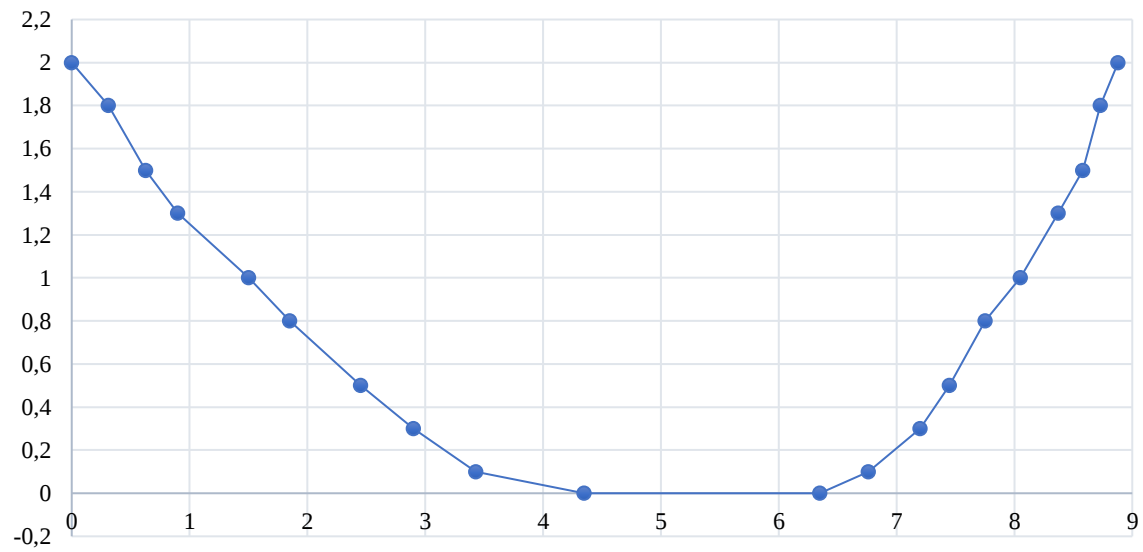
X	Y
0	2,6
0,15	2,5
0,45	2,3
0,85	2,1
1,05	2
1,45	1,7
1,7	1,5
2,1	1,3
2,55	1
2,95	0,7
3,25	0,5
3,7	0,3
4,9	0,1
7,1	0
7,56	0
7,9	0,1
8,47	0,3
8,89	0,5
9,2	0,7
9,55	1
9,85	1,3
10,13	1,5
10,48	1,7
10,99	2
11,17	2,1
11,37	2,3
11,55	2,5
11,67	2,6

X	Y
0	2
0,15	1,8
0,3	1,5
0,51	1,3
0,83	1
1,13	0,8
1,43	0,5
1,68	0,3
2,12	0,1
2,53	0
4,53	0
5,45	0,1
5,98	0,3
6,43	0,5
7,03	0,8
7,38	1
7,98	1,3
8,25	1,5
8,57	1,8
8,88	2

Sección transversal (0 + 000 m)



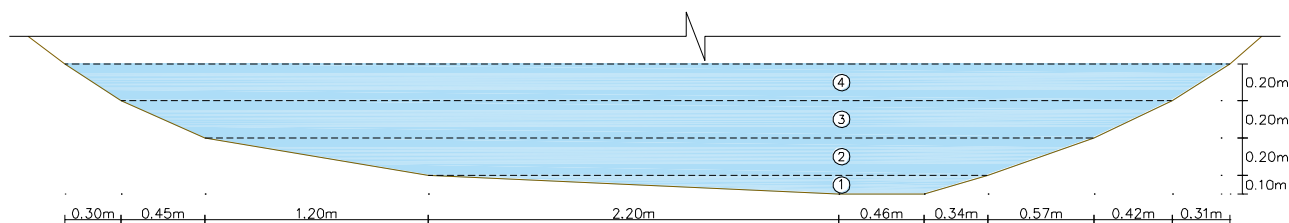
Sección transversal (0 + 021 m)



N. Caudal unitario (q) y factor de sedimento de Lacey (f)

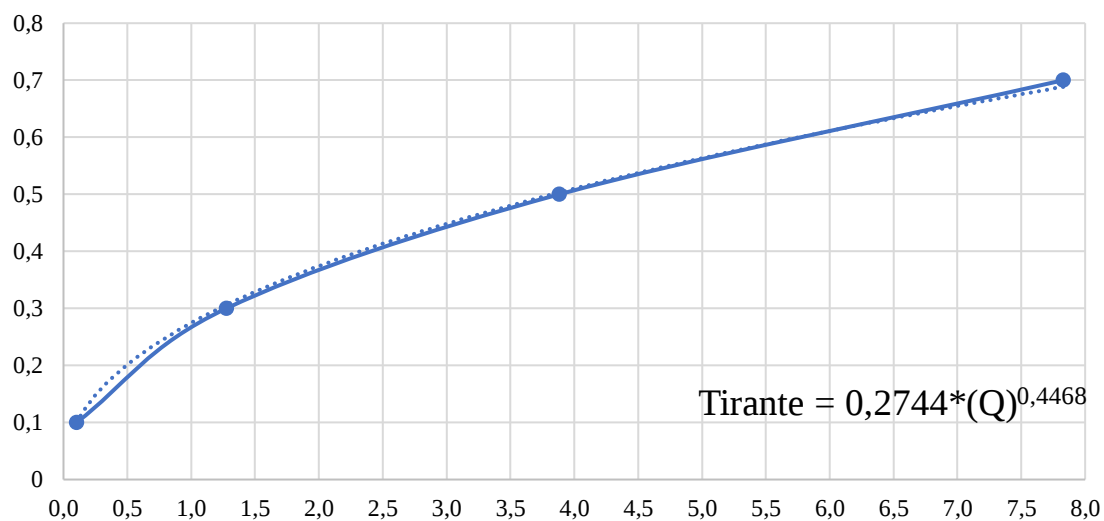
El factor de sedimento de Lacey (f) estimado, es representativo para los dos diques (0+000m y 0+021m).

- Dique en progresiva 0+000 m



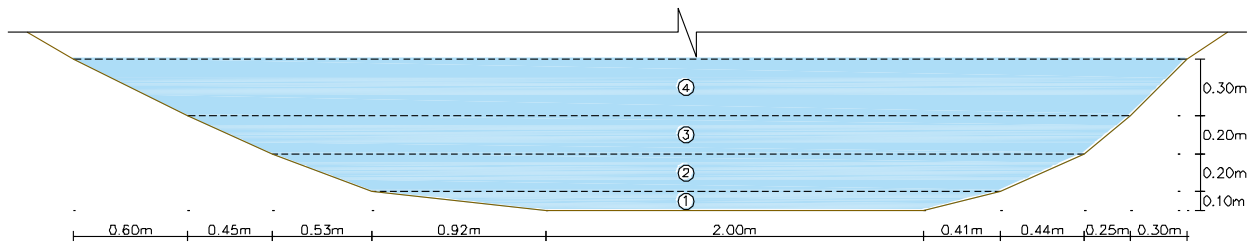
Altura m	A. parcial m ²	A. acumulada m ²	P. parcial m	P. acumulado m	Radio H. m	Caudal m ³ /s
0	0	0	0	0	0	0
0,1	0,173	0,173	3,017	3,017	0,057	0,10
0,3	0,777	0,95	1,821	4,838	0,196	1,28
0,5	1,041	1,991	0,957	5,795	0,344	3,88
0,7	1,189	3,18	0,73	6,525	0,487	7,83

Caudal vs Tirante



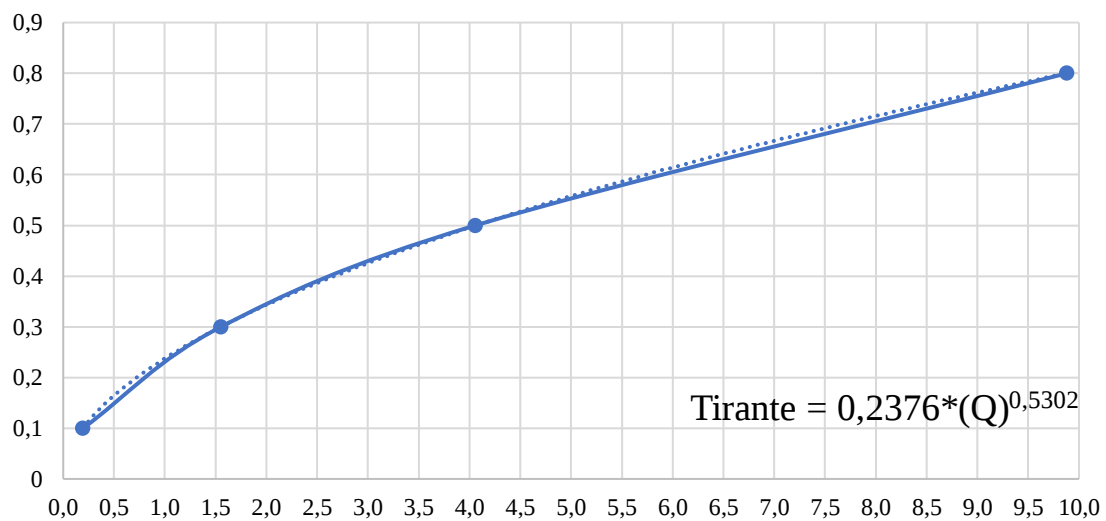
Tipo de sedimento	Porcentaje		f
Rodados pequeños y grava angulosa	30%	4,68	2,60
Arena gruesa	50%	2,00	
Limo común	20%	1,00	

- Dique en progresiva 0+021 m



Altura m	A. parcial m ²	A. acumulada m ²	P. parcial m	P. acumulado m	Radio H. m	Caudal m ³ /s
0	0	0	0	0	0	0
0,1	0,266	0,266	3,347	3,347	0,079	0,20
0,3	0,763	1,029	1,049	4,396	0,234	1,55
0,5	0,930	1,959	0,812	5,208	0,376	4,06
0,8	1,635	3,594	1,095	6,303	0,570	9,82

Caudal vs Tirante



O. Diseño y análisis estructural

DIQUE DE RETENCIÓN DE SEDIMENTOS (0+000 m)

a) Condición del núcleo central y no hundimiento

El esfuerzo admisible del suelo (σ_{adm}), es 3500 kg/m².

	Fuerza (Kg)	Brazo (m)	Momento (Kg*m)
q =	935,0	2,50	2337,50
P =	6545	1,86	12173,7
E _H =	1350	2,00	2700,00
S _{w1} =	4788	1,50	-7182,0
S _{w2} =	306,0	2,00	-612,00
E _w =	289,0	1,73	-499,97

$$x_o = \frac{\sum M_V - \sum M_H}{\sum F_V}$$

$$x_o = \frac{(2337,5 + 12173,7 - 7182 - 612) - (2700 - 499,97)}{(935 + 6545 - 4788 - 306)}$$

$$x_o = \frac{(6717,2 - 2200,03) \text{ Kg*m}}{2386 \text{ Kg}}$$

$$x_o = 1,89 \text{ m}$$

$$e = B/2 - x_o$$

$$e = \frac{3}{2} \text{ m} - 1,89 \text{ m}$$

$$e = -0,39 \text{ m} < B/6 \quad \text{Cumple}$$

$$\sigma_1 = \frac{\sum F_V}{B} * \left(1 + \frac{6 * e}{B}\right)$$

$$\sigma_1 = \frac{2386 \text{ Kg}}{3} * \left(1 + \frac{6 * (-0,39)}{3}\right)$$

$$\sigma_1 = 169,89 \text{ kg/m}^2$$

$$\sigma_2 = \frac{\sum F_V}{B} * \left(1 - \frac{6 * e}{B}\right)$$

$$\sigma_2 = \frac{2386 \text{ Kg}}{3} * \left(1 - \frac{6 * (-0,39)}{3}\right)$$

$$\sigma_2 = 1420,78 \text{ kg/m}^2$$

Se cumple con la condición de no hundimiento, porque los esfuerzos σ_1 y σ_2 , son menores al esfuerzo admisible del suelo σ_{adm} .

b) Condición de no deslizamiento

$$F_{SD} = (q + P - S_w) * \mu \geq E_H$$

$$(q + P - S_{w1} - S_{w2}) * \mu \geq E_H$$

$$(935 + 6545 - 4788 - 306) * 0,70 \geq 1350 \text{ Kg}$$

$$1670,2 \text{ Kg} \geq 1350 \text{ Kg} \quad \text{Cumple}$$

c) Condición de no vuelco

No considera el empuje hidrostático aguas abajo.

$$\frac{\sum M_V}{\sum M_H} \geq 1,5$$

$$\frac{(2337,5 + 12173,7 - 7182 - 612) \text{ Kg*m}}{2700 \text{ Kg*m}} \geq 1,5$$

$$2,49 \geq 1,5 \quad \text{Cumple}$$

DIQUE DE RETENCIÓN DE SEDIMENTOS (0+021 m)

a) Condición del núcleo central y no hundimiento

El esfuerzo admisible del suelo (σ_{adm}), es 3500 kg/m^2

	Fuerza (Kg)	Brazo (m)	Momento (Kg*m)
q =	935,0	1,50	1402,50
P =	4165	1,21	5039,65
E_H =	600	1,83	1098,00
S_{w1} =	3192	1,00	-3192,00
S_{w2} =	204	1,33	-271,32
E_w =	219	1,70	-372,30

$$x_o = \frac{\sum M_V - \sum M_H}{\sum F_V}$$

$$x_o = \frac{(1402,5 + 5039,65 - 3192 - 271,32) - (1098 - 372,3)}{(935 + 4165 - 3192 - 204)}$$

$$x_o = \frac{(2978,83 - 725,7) \text{ Kg}\cdot\text{m}}{1704 \text{ Kg}}$$

$$x_o = 1,32 \text{ m}$$

$$e = \frac{B}{2} - x_o$$

$$e = \frac{2}{2} \text{ m} - 1,32 \text{ m}$$

$$e = -0,32 \text{ m} < B/6 \quad \text{Cumple}$$

$$\sigma_1 = \frac{\sum F_v}{B} * \left(1 + \frac{6 * e}{B}\right)$$

$$\sigma_2 = \frac{\sum F_v}{B} * \left(1 - \frac{6 * e}{B}\right)$$

$$\sigma_1 = \frac{1704 \text{ Kg}}{2} * \left(1 + \frac{6 * (-0,32)}{2}\right)$$

$$\sigma_2 = \frac{1704 \text{ Kg}}{2} * \left(1 - \frac{6 * (-0,32)}{2}\right)$$

$$\sigma_1 = 28,31 \text{ Kg/m}^2$$

$$\sigma_2 = 1675,70 \text{ Kg/m}^2$$

Se cumple con la condición de no hundimiento, porque los esfuerzos σ_1 y σ_2 , son menores al esfuerzo admisible del suelo σ_{adm} .

b) Condición de no deslizamiento

$$F_{SD} = (q + P - S_w) * \mu \geq E_H$$

$$(q + P - S_{w1} - S_{w2}) * \mu \geq E_H$$

$$(935 \text{ Kg} + 4165 \text{ Kg} - 3192 \text{ Kg} - 204 \text{ Kg}) * 0,70 \geq 600 \text{ Kg}$$

$$1192,80 \text{ Kg} \geq 600 \text{ Kg} \quad \text{Cumple}$$

c) Condición de no volcamiento

No considera el empuje hidrostático aguas abajo.

$$\frac{\sum M_v}{\sum M_H} \geq 1,5$$

$$\frac{(1402,5 + 5039,65 - 3192 - 271,32) \text{ Kg}\cdot\text{m}}{1098 \text{ Kg}\cdot\text{m}} \geq 1,5$$

$$2,71 \geq 1,5 \quad \text{Cumple}$$

CANAL DE ENCAUZAMIENTO

Empuje horizontal activo del suelo (E_{Ha})

Se considera un suelo con peso específico de 2000 kg/m^3 y ángulo de fricción interna de 30° .

$$K_a = \tan\left(45 - \frac{\phi}{2}\right)^2$$

$$K_a = \tan\left(45 - \frac{30^\circ}{2}\right)^2$$

$$K_a = 0,333$$

$$Q_E = \gamma_s * H * K_a$$

$$Q_E = 2000 \text{ Kg/m}^3 * 1,30 \text{ m} * 0,333$$

$$Q_E = 866,67 \text{ Kg/m}$$

$$E_{Ha} = \frac{1}{2} * H * Q_E$$

$$E_{Ha} = \frac{1}{2} * 1,4 \text{ m} * 866,67 \text{ Kg/m}$$

$$E_{Ha} = 563,33 \text{ Kg}$$

$$Y_{Ea} = \frac{1}{3} * H$$

$$Y_{Ea} = \frac{1}{3} * 1,3 \text{ m}$$

$$Y_{Ea} = 0,43 \text{ m}$$

Sobrecarga viva (E_{LS})

$$Q_{LS} = K_a * 0,6 * \gamma_s * 1 \text{ m}$$

$$Q_{LS} = 0,333 * 0,6 * 2000 \text{ Kg/m}^3 * 1 \text{ m}$$

$$Q_{LS} = 400 \text{ Kg/m}$$

$$E_{LS} = Q_{LS} * H$$

$$E_{LS} = 400 \text{ Kg/m} * 1,30 \text{ m}$$

$$E_{LS} = 520 \text{ Kg}$$

$$Y_{LS} = \frac{H}{2}$$

$$Y_{LS} = \frac{1,30 \text{ m}}{2}$$

$$Y_{LS} = 0,65 \text{ m}$$

Peso propio (P)

El hormigón ciclópeo estará compuesto por aproximadamente 60% de hormigón simple y 40% de piedra.

Las paredes y solera del canal deben tener un espesor mínimo de 0,25 m para que no haya problemas con un tamaño máximo de piedra de 15 cm aproximadamente.

$$\gamma_{H^{\circ}C^{\circ}} = 0,6 * \gamma_{H^{\circ}} + 0,4 * \gamma_p$$

$$\gamma_{H^{\circ}C^{\circ}} = 0,6 * (2400 \text{ Kg/m}^3) + 0,4 * (1700 \text{ Kg/m}^3)$$

$$\gamma_{H^{\circ}C^{\circ}} = 2120 \text{ Kg/m}^3$$

$$V = (1 \text{ m} * B * e) + 2 * (1 \text{ m} * H * e)$$

$$V = (1 \text{ m} * 6,4 \text{ m} * 0,20 \text{ m}) + 2 * (1 \text{ m} * 1,1 \text{ m} * 0,2 \text{ m})$$

$$V = 1,76 \text{ m}^3$$

$$P = \gamma_{H^{\circ}C^{\circ}} * V$$

$$P = 2120 \text{ Kg/m}^3 * 1,76 \text{ m}^3$$

$$P = 3731,20 \text{ Kg}$$

$$X_p = \frac{B}{2}$$

$$X_p = \frac{6,4 \text{ m}}{2}$$

$$X_p = 3,2 \text{ m}$$

Análisis de estabilidad

a) Condición del núcleo central y no hundimiento

El esfuerzo admisible del suelo (σ_{adm}), es 35000 kg/m².

Fuerza (Kg)	Brazo (m)	Momento (Kg*m)
P = 3731,20	3,2	11939,84

$E_{Ha} =$	563,33	0,43	244,11
$E_{LS} =$	520,00	0,65	338,00

$$x_o = \frac{\sum M_V - \sum M_H}{\sum F_V}$$

$$x_o = \frac{(11939,84)\text{Kg}\cdot\text{m} - (244,11 + 338,0)\text{Kg}\cdot\text{m}}{3731,20}$$

$$x_o = 3,04 \text{ m}$$

$$e = \frac{B}{2} - x_o$$

$$e = \frac{6,4}{2} \text{ m} - 3,04 \text{ m}$$

$$e = 0,156 \text{ m} < B/6 \quad \text{Cumple}$$

$$\sigma_1 = \frac{\sum F_V}{B} * \left(1 + \frac{6 * e}{B}\right)$$

$$\sigma_1 = \frac{3731,20}{6,4} * \left(1 + \frac{6 * (0,156)}{6,4}\right)$$

$$\sigma_1 = 668,26 \frac{\text{Kg}}{\text{m}^2}$$

$$\sigma_2 = \frac{\sum F_V}{B} * \left(1 - \frac{6 * e}{B}\right)$$

$$\sigma_2 = \frac{3731,20}{6,4} * \left(1 - \frac{6 * (0,156)}{6,4}\right)$$

$$\sigma_2 = 497,74 \frac{\text{Kg}}{\text{m}^2}$$

Se cumple con la condición de no hundimiento, porque los esfuerzos σ_1 y σ_2 , son menores al esfuerzo admisible del suelo σ_{adm} .

b) Condición de no deslizamiento

$$\sum F_V * \mu \geq E_{Ha} + E_{LS}$$

$$3731,20 * 0,7 \geq 563,33 + 520$$

$$2611,84 \text{ Kg} \geq 1083,3 \text{ Kg} \quad \text{Cumple}$$

c) Condición de no volcamiento

$$\frac{\sum M_V}{\sum M_H} \geq 1,5$$

$$\frac{11939,84 \text{ Kg}\cdot\text{m}}{(244,11 + 338,0) \text{ Kg}\cdot\text{m}} \geq 1,5$$

$$20,51 \geq 1,5 \quad \text{Cumple}$$

CAIDA VERTICAL

Empuje horizontal activo del suelo (E_{Ha})

Se considera un suelo con peso específico de 2000 kg/m^3 y ángulo de fricción interna de 30° .

$$K_a = \tan\left(45 - \frac{\phi}{2}\right)^2$$

$$K_a = \tan\left(45 - \frac{30^\circ}{2}\right)^2$$

$$K_a = 0,333$$

$$Q_E = \gamma_s * H * K_a$$

$$Q_E = 2000 \text{ Kg/m}^3 * 2,3 \text{ m} * 0,333$$

$$Q_E = 1533,33 \text{ Kg/m}$$

$$E_{Ha} = \frac{1}{2} * H * Q_E$$

$$E_{Ha} = \frac{1}{2} * 2,3 \text{ m} * 1533,33 \text{ Kg/m}$$

$$E_{Ha} = 1763,33 \text{ Kg}$$

$$Y_{Ea} = \frac{1}{3} * H$$

$$Y_{Ea} = \frac{1}{3} * 2,3 \text{ m}$$

$$Y_{Ea} = 0,77 \text{ m}$$

Sobrecarga viva (E_{LS})

$$Q_{LS} = K_a * 0,6 * \gamma_s * 1 \text{ m}$$

$$Q_{LS} = 0,333 * 0,6 * 2000 \text{ Kg/m}^3 * 1 \text{ m}$$

$$Q_{LS} = 400 \text{ Kg/m}$$

$$E_{LS} = Q_{LS} * H$$

$$E_{LS} = 400 \frac{\text{Kg}}{\text{m}} * 2,3 \text{ m}$$

$$E_{LS} = 920 \text{ Kg}$$

$$Y_{LS} = \frac{H}{2}$$

$$Y_{LS} = \frac{2,3 \text{ m}}{2}$$

$$Y_{LS} = 1,15 \text{ m}$$

Peso propio (P)

Se considera un peso específico para el hormigón armado de 2400 Kg/m^3 , y un espesor de paredes y solera de canal de $0,20 \text{ m}$.

$$V = (1 \text{ m} * B * e) + 2 * (1 \text{ m} * H * e)$$

$$V = (1 \text{ m} * 3,2 \text{ m} * 0,30 \text{ m}) + 2 * (1 \text{ m} * 2 \text{ m} * 0,30 \text{ m})$$

$$V = 2,16 \text{ m}^3$$

$$P = \gamma_{H^oA^o} * V$$

$$P = 2400 \text{ Kg/m}^3 * 2,16 \text{ m}^3$$

$$P = 5184 \text{ Kg}$$

$$X_P = \frac{B}{2}$$

$$X_P = \frac{3,2 \text{ m}}{2}$$

$$X_P = 1,6 \text{ m}$$

Análisis de estabilidad

a) Condición del núcleo central y no hundimiento

El esfuerzo admisible del suelo (σ_{adm}), es 35000 kg/m^2

	Fuerza (Kg)	Brazo (m)	Momento (t*m)
P =	5184,00	1,60	8294,40
E _{Ha} =	1763,33	0,77	1351,89
E _{LS} =	920,00	1,15	1058,00

$$x_o = \frac{\sum M_V - \sum M_H}{\sum F_V}$$

$$x_o = \frac{(8294,40)\text{Kg}\cdot\text{m} - (1351,89 + 1058,00)\text{Kg}\cdot\text{m}}{5184,00 \text{ Kg}}$$

$$x_o = 1,14 \text{ m}$$

$$e = \frac{B}{2} - x_o$$

$$e = \frac{3,2}{2} \text{ m} - 1,14 \text{ m}$$

$$e = 0,46 \text{ m} < B/6 \quad \text{Cumple}$$

$$\sigma_1 = \frac{\sum F_V}{B} * \left(1 + \frac{6 * e}{B}\right)$$

$$\sigma_1 = \frac{5184,00}{3,2} * \left(1 + \frac{6 * (0,46)}{3,2}\right)$$

$$\sigma_1 = 3032 \frac{\text{Kg}}{\text{m}^2}$$

$$\sigma_2 = \frac{\sum F_V}{B} * \left(1 - \frac{6 * e}{B}\right)$$

$$\sigma_2 = \frac{5184,00}{3,2} * \left(1 - \frac{6 * (0,46)}{3,2}\right)$$

$$\sigma_2 = 208 \frac{\text{Kg}}{\text{m}^2}$$

Se cumple con la condición de no hundimiento, porque los esfuerzos σ_1 y σ_2 , son menores al esfuerzo admisible del suelo σ_{adm} .

b) Condición de no deslizamiento

$$\sum F_V * \mu \geq E_{Ha} + E_{LS}$$

$$5184,0 * 0,7 \geq 1763,33 + 920$$

$$3628,8 \text{ Kg} \geq 2683,3 \text{ Kg} \quad \text{Cumple}$$

c) Condición de no volcamiento

$$\frac{\sum M_V}{\sum M_H} \geq 1,5$$

$$\frac{8294,40 \text{ Kg}\cdot\text{m}}{(1351,89 + 1058,00) \text{ Kg}\cdot\text{m}} \geq 1,5$$

$$3,44 \geq 1,5 \quad \text{Cumple}$$

CANAL DE EVACUACIÓN

Empuje horizontal activo del suelo (E_{Ha})

Se considera un suelo con peso específico de 2000 kg/m^3 y ángulo de fricción interna de 30° .

$$K_a = \tan\left(45 - \frac{\phi}{2}\right)^2$$

$$K_a = \tan\left(45 - \frac{30^\circ}{2}\right)^2$$

$$K_a = 0,333$$

$$Q_E = \gamma_s * H * K_a$$

$$Q_E = 2000 \text{ Kg/m}^3 * 1,40 \text{ m} * 0,333$$

$$Q_E = 933,33 \text{ Kg/m}$$

$$E_{Ha} = \frac{1}{2} * H * Q_E$$

$$E_{Ha} = \frac{1}{2} * 1,50 \text{ m} * 933,33 \text{ Kg/m}$$

$$E_{Ha} = 653,33 \text{ Kg}$$

$$Y_{Ea} = \frac{1}{3} * H$$

$$Y_{Ea} = \frac{1}{3} * 1,5 \text{ m}$$

$$Y_{Ea} = 0,47 \text{ m}$$

Sobrecarga viva (E_{LS})

$$Q_{LS} = K_a * 0,6 * \gamma_s * 1 \text{ m}$$

$$Q_{LS} = 0,333 * 0,6 * 2000 \text{ Kg/m}^3 * 1 \text{ m}$$

$$Q_{LS} = 400 \text{ Kg/m}$$

$$E_{LS} = Q_{LS} * H$$

$$E_{LS} = 400 \text{ Kg/m} * 1,40 \text{ m}$$

$$E_{LS} = 560 \text{ Kg}$$

$$Y_{LS} = \frac{H}{2}$$

$$Y_{LS} = \frac{1,4 \text{ m}}{2}$$

$$Y_{LS} = 0,70 \text{ m}$$

Peso propio (P)

Se considera un peso específico para el hormigón armado de 2400 Kg/m^3 , y un espesor de paredes y solera de canal de $0,20 \text{ m}$.

$$V = (1 \text{ m} * B * e_1) + 2 * (1 \text{ m} * h * e_2)$$

$$V = (1 \text{ m} * 1,30 \text{ m} * 0,20 \text{ m}) + 2 * (1 \text{ m} * 1,2 \text{ m} * 0,20 \text{ m})$$

$$V = 0,74 \text{ m}^3$$

$$P = \gamma_{H^{\circ}A^{\circ}} * V$$

$$P = 2400 \text{ Kg/m}^3 * 0,74 \text{ m}^3$$

$$P = 1776 \text{ Kg}$$

$$X_P = \frac{B}{2}$$

$$X_P = \frac{1,3 \text{ m}}{2}$$

$$X_P = 0,65 \text{ m}$$

Análisis de estabilidad

a) Condición del núcleo central y no hundimiento

El esfuerzo admisible del suelo (σ_{adm}), es 35000 kg/m^2

	Fuerza (Kg)	Brazo (m)	Momento (t*m)
P =	1776	0,65	1154,40
E _{Ha} =	653,33	0,47	304,89
E _{LS} =	560,00	0,7	392,00

$$x_o = \frac{\sum M_V - \sum M_H}{\sum F_V}$$

$$x_o = \frac{(1154,40) \text{ Kg*m} - (304,98 + 392) \text{ Kg*m}}{1776 \text{ Kg}}$$

$$x_o = \frac{457,51 \text{ Kg} \cdot \text{m}}{1776 \text{ Kg}}$$

$$x_o = 0,26 \text{ m}$$

$$e = \frac{B}{2} - x_o$$

$$e = \frac{1,3}{2} \text{ m} - 0,26 \text{ m}$$

$$e = 0,39 \text{ m} > B/6 \quad \text{No cumple}$$

$$\sigma_1 = \frac{2 \cdot \sum F_V}{3 \cdot x_o}$$

$$\sigma_1 = \frac{2 \cdot 1776 \text{ Kg}}{3 \cdot 0,26 \text{ m}}$$

$$\sigma_1 = 4596,14 \frac{\text{Kg}}{\text{m}^2}$$

$$\sigma_2 = \sigma_1 \cdot \left(\frac{B - 3 \cdot x_o}{3 \cdot x_o} \right)$$

$$\sigma_2 = 4596,14 \frac{\text{Kg}}{\text{m}^2} \cdot \left(\frac{1,3 \text{ m} - 3 \cdot 0,26 \text{ m}}{3 \cdot 0,26 \text{ m}} \right)$$

$$\sigma_2 = 3135,23 \frac{\text{Kg}}{\text{m}^2}$$

Se cumple con la condición de no hundimiento, porque los esfuerzos σ_1 y σ_2 , son menores al esfuerzo admisible del suelo σ_{adm} .

b) Condición de no deslizamiento

$$\sum F_V \cdot \mu \geq E_{Ha} + E_{LS}$$

$$1776 \text{ Kg} \cdot 0,7 \geq 653,33 \text{ Kg} + 560 \text{ Kg}$$

$$1243,2 \text{ Kg} \geq 1213,30 \text{ Kg} \quad \text{Cumple}$$

c) Condición de no volcamiento

Factor de seguridad de vuelco a 1,5.

$$\frac{\sum M_V}{\sum M_H} \geq 1,5$$

$$\frac{1154,40 \text{ Kg} \cdot \text{m}}{(304,89 + 392) \text{ Kg} \cdot \text{m}} \geq 1,5$$

$$1,66 \geq 1,5 \quad \text{Cumple}$$

