

ANEXO A
ANÁLISIS HIDROLÓGICO

A-1. Análisis de consistencia y homogeneidad

Para el escenario 1

A continuación, se detalla el análisis utilizando la metodología de la curva doble masa para las estaciones más cercanas a la cuenca:

Estaciones más cercanas dentro del área de estudio				
PLUVIÓMETROS	COORDENADAS		H m.s.n.m.	PERIODO OBSERVADO
	LATITUD S	LONGITUD O		
Sella Quebradas	21° 23' 11"	64°40' 52''	2,145	1985 – 2020
Yesera Norte	21° 22' 20''	64° 33' 03''	2,277	1977 – 2020
Leon Cancha	21° 10' 42"	64° 42' 55"	2,729	1974 – 2003
Canasmoro	21° 32'	64° 45'	2,080	1974 – 2003

De las estaciones; la de estudio “Sella Quebradas” y el patrón “AEROPUERTO” se toman las precipitaciones medias anuales, las cuales se las acumulan:

$$P_i \text{ acum} = P_i + P_{i-1} \text{ acum}$$

Dónde:

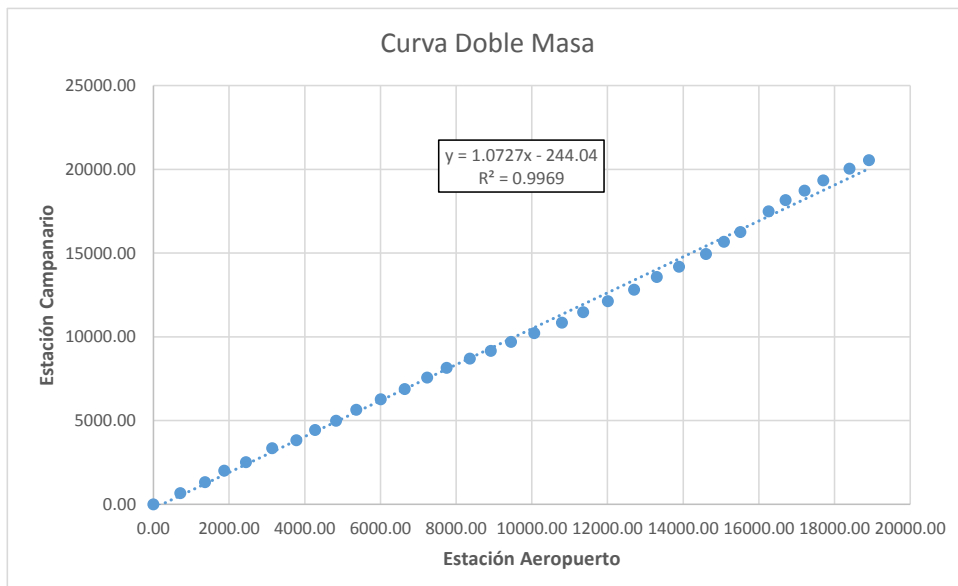
Pi acum = Precipitación acumulada, en mm

Pi = Precipitación anual, en mm

P(i-1)acum = Precipitación acumulada inmediatamente anterior, en mm

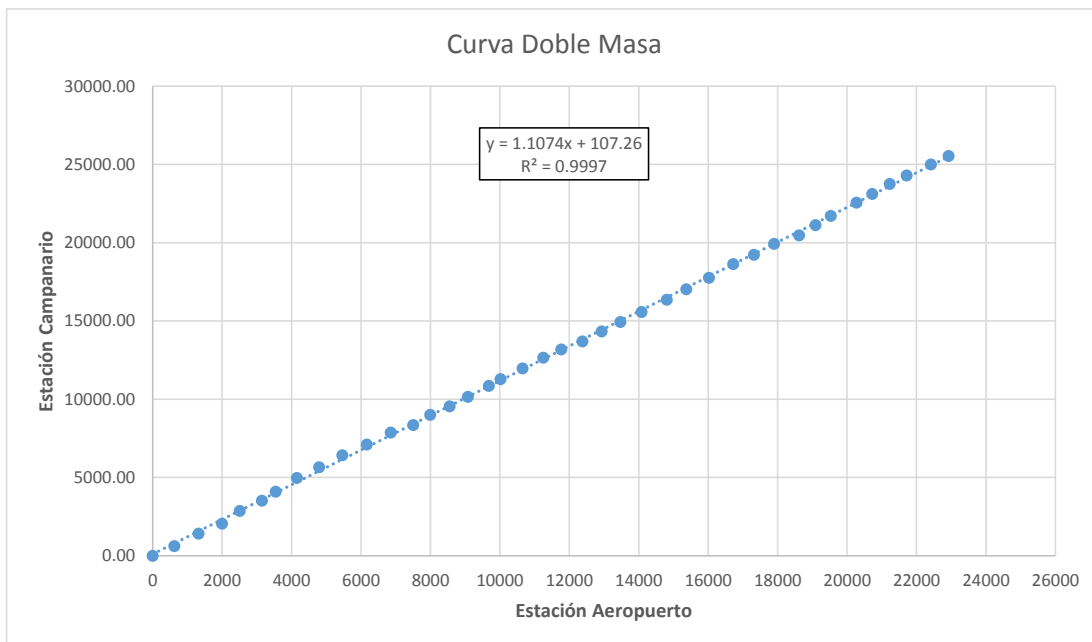
Aplicando la ecuación de precipitación acumulada se tiene:

AÑO	Precipitación (mm)			
	Parcial		Acumulada	
	Aeropuerto	Sella Qdas	Aeropuerto	Sella Qdas
			0.00	0.00
86-87	709	668.7	709.00	668.70
87-88	654.7	659.6	1363.70	1328.30
89-89	508.1	682.7	1871.80	2011.00
89-90	575.10	496.10	2446.90	2507.10
90-91	690.20	835.20	3137.10	3342.30
91-92	640.20	486.10	3777.30	3828.40
92-93	492.90	604.90	4270.20	4433.30
93-94	558.50	560.90	4828.70	4994.20
94-95	529.50	647.10	5358.20	5641.30
95-96	649.00	634.70	6007.20	6276.00
98-99	630.50	603.40	6637.70	6879.40
99-00	599.20	687.00	7236.90	7566.40
00-01	513.50	577.80	7750.40	8144.20
01-02	614.00	559.00	8364.40	8703.20
02-03	548.80	454.50	8913.20	9157.70
03-04	539.20	535.80	9452.40	9693.50
04-05	612.50	531.50	10064.90	10225.00
05-06	728.80	626.40	10793.70	10851.40
06-07	562.20	611.10	11355.90	11462.50
07-08	651.10	666.00	12007.00	12128.50
08-09	696.20	676.50	12703.20	12805.00
09-10	600.30	763.60	13303.50	13568.60
10-11	583.70	613.00	13887.20	14181.60
11-12	713.10	760.00	14600.30	14941.60
12-13	475.20	731.00	15075.50	15672.60
13-14	438.60	582.40	15514.10	16255.00
14-15	740.90	1236.50	16255.00	17491.50
15-16	452.80	671.10	16707.80	18162.60
16-17	503.20	566.00	17211.00	18728.60
17-18	491.90	604.20	17702.90	19332.80
18-19	695.90	704.70	18398.80	20037.50
19-20	510.00	506.40	18908.80	20543.90



Con una correlación de R = 0,9969, lo cual nos indica que la estación es consistente

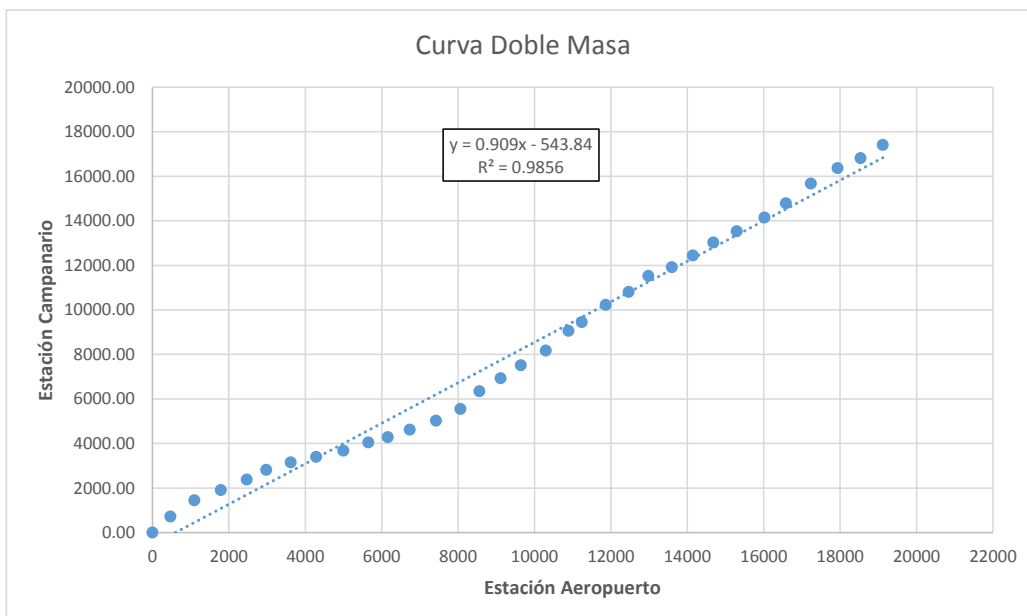
AÑO	Precipitación (mm)			
	Parcial		Acumulada	
	Aeropuerto	Yesera Norte	Aeropuerto	Yesera Norte
			0.00	0.00
77-78	622.3	626.6	622.30	626.60
78-79	696.1	791.8	1318.40	1418.40
79-80	676.5	635.8	1994.90	2054.20
80-81	513.7	822.5	2508.60	2876.70
81-82	638.9	650.7	3147.50	3527.40
82-83	397.8	568	3545.30	4095.40
83-84	609.3	879.2	4154.60	4974.60
84-85	639.6	683.5	4794.20	5658.10
85-86	666.3	763.1	5460.50	6421.20
86-87	709	687.1	6169.50	7108.30
90-91	690.20	764.00	6859.70	7872.30
91-92	640.20	489.00	7499.90	8361.30
92-93	492.90	643.00	7992.80	9004.30
93-94	558.50	546.50	8551.30	9550.80
94-95	529.50	611.00	9080.80	10161.80
96-97	599.30	689.00	9680.10	10850.80
97-98	342.30	444.50	10022.40	11295.30
98-99	630.50	674.50	10652.90	11969.80
99-00	599.20	691.00	11252.10	12660.80
00-01	513.50	520.70	11765.60	13181.50
01-02	614.00	515.80	12379.60	13697.30
02-03	548.80	641.50	12928.40	14338.80
03-04	539.20	594.80	13467.60	14933.60
04-05	612.50	647.80	14080.10	15581.40
05-06	728.80	785.00	14808.90	16366.40
06-07	562.20	655.00	15371.10	17021.40
07-08	651.10	739.80	16022.20	17761.20
08-09	696.20	875.50	16718.40	18636.70
09-10	600.30	596.50	17318.70	19233.20
10-11	583.70	695.50	17902.40	19928.70
11-12	713.10	543.60	18615.50	20472.30
12-13	475.20	654.80	19090.70	21127.10
13-14	438.60	595.50	19529.30	21722.60
14-15	740.90	843.50	20270.20	22566.10
15-16	452.80	557.90	20723.00	23124.00
16-17	503.20	631.10	21226.20	23755.10
17-18	491.90	541.90	21718.10	24297.00
18-19	695.90	699.00	22414.00	24996.00
19-20	510.00	543.70	22924.00	25539.70



Con una correlación de R = 0,9997, lo cual nos indica que la estación es consistente

AÑO	Precipitación (mm)			
	Parcial		Acumulada	
	Aeropuerto	Leon Cancha	Aeropuerto	Leon Cancha
			0.00	0.00
76-77	471.3	723.1	471.30	723.10
77-78	622.3	727.2	1093.60	1450.30
78-79	696.1	459.6	1789.70	1909.90

79-80	676.5	465.5	2466.20	2375.40
80-81	513.7	446.5	2979.90	2821.90
81-82	638.9	328.1	3618.80	3150.00
85-86	666.3	247.4	4285.10	3397.40
86-87	709.00	279.30	4994.10	3676.70
87-88	654.70	377.30	5648.80	4054.00
88-89	508.10	230.60	6156.90	4284.60
89-90	575.10	333.30	6732.00	4617.90
90-91	690.20	403.70	7422.20	5021.60
91-92	640.20	534.30	8062.40	5555.90
92-93	492.90	785.90	8555.30	6341.80
93-94	558.50	588.60	9113.80	6930.40
94-95	529.50	582.00	9643.30	7512.40
95-96	649.00	661.80	10292.30	8174.20
96-97	599.30	880.70	10891.60	9054.90
97-98	342.30	398.40	11233.90	9453.30
98-99	630.50	769.90	11864.40	10223.20
99-00	599.20	579.40	12463.60	10802.60
00-01	513.50	725.40	12977.10	11528.00
01-02	614.00	389.70	13591.10	11917.70
02-03	548.80	522.00	14139.90	12439.70
03-04	539.20	585.20	14679.10	13024.90
04-05	612.50	504.00	15291.60	13528.90
05-06	728.80	621.20	16020.40	14150.10
06-07	562.20	630.30	16582.60	14780.40
07-08	651.10	894.40	17233.70	15674.80
08-09	696.20	692.10	17929.90	16366.90
09-10	600.30	452.10	18530.20	16819.00
10-11	583.70	584.30	19113.90	17403.30



Con una correlación de $R = 0,9856$, lo cual nos indica que la estación es consistente

Análisis de homogeneidad.

Luego del análisis de la curva doble masa por lo tanto estas series de datos serán sujetas a un análisis de homogeneidad por el método de Mann Kendall.

La prueba de Homogeneidad de Mann-Kendall es en realidad un examen estadístico que conduce a elegir alguna de las siguientes respuestas:

Hipótesis nula: Todos los valores de la serie son datos aleatorios de una sola población (Es una serie Homogénea).

Hipótesis alternativa: Es una serie no homogénea con tendencia monótona.

Esta prueba o examen consiste en calcular un índice de desviación S de la serie de datos, y a partir de este valor calcular el valor de V mediante la relación:

Seguidamente se realizará el análisis de homogeneidad para la estación consistente.

“Procedimiento de cálculo”, para la estación de Sella quebradas se tiene:

ESTACION Sella Qdas			
n	Pmax	si	tí
1	60.3	16	18
2	65.8	12	21
3	38.1	30	2
4	88.5	1	30
5	80.0	5	24
6	40.0	24	4
7	63.0	11	17
8	80.5	3	24
9	52.1	13	13
10	52.0	13	11

11	110.0	0	24
12	40.0	19	4
13	62.5	9	13
14	72.4	6	15
15	49.5	12	8
16	55.6	9	10
17	63.4	7	11
18	30.0	17	0
19	76.5	5	11
20	39.0	14	1
21	78.0	4	10
22	80.4	2	11
23	70.6	3	9
24	52.0	4	7
25	60.0	3	7
26	84.0	1	8
27	50.0	2	6
28	40.5	5	2
29	84.7	0	6
30	80.0	0	5
31	39.5	3	1
32	46.1	1	2
33	46.8	0	2
34	38.0	1	0
35	45.2	0	0
Σ		255	337

Dónde:

si: Cantidad de precipitaciones máximas mayores a xi y que están por debajo de su posición.

ti: Cantidad de precipitaciones máximas menores a xi y que están por debajo de su posición

A partir de la tabla, se tiene:

$$I = \sum_{i=1}^{i=n-1} t_i \quad T = \sum_{i=1}^{i=n-1} S_i \quad S = T - I$$

Entonces se calcula:

$$V = \frac{S - 1}{\sqrt{\frac{n * (n - 1) * (2 * n + 5)}{18}}}$$

n: Número de datos

PARAMETROS	
n=	35
T=	255
I=	337
S=	-82
S-1=	-83
LA RAIZ	70.42
V =	-1.18

De la siguiente tabla se escoge un nivel de significación que para este caso es de 5%

Vcrit para diferentes niveles de significación α

α	0,005	0,01	0,025	0,05	0,1
 Vcrit 	2,58	2,33	1,96	1,64	1,28

Entonces comparamos en V con Vcrit

condición: $V < V_{crit}$ $-1,18 < 1,64$

Como el valor de V está dentro de -1,64 y 1,64 la hipótesis es válida, por lo tanto, los datos son homogéneos.

ESTACION Yesera Norte			
n	Pmax	si	ti
1	42.0	33	7
2	38.0	35	4
3	53.2	14	24
4	42.3	31	6
5	73.0	1	35
6	40.2	30	5
7	35.2	31	3
8	97.0	0	33
9	46.0	24	8
10	68.0	2	28
11	48.2	18	12
12	67.0	3	26

13	52.0	14	14
14	71.0	0	27
15	49.5	14	12
16	51.0	13	12
17	47.5	13	11
18	55.0	7	15
19	52.5	10	11
20	69.0	0	21
21	47.0	10	8
22	59.0	3	16
23	45.0	11	7
24	30.0	17	0
25	52.5	8	8
26	43.5	10	4
27	56.0	4	10
28	68.0	0	13
29	40.0	10	2
30	43.0	9	2
31	64.5	0	10
32	35.0	8	1
33	53.0	3	4
34	43.5	6	1
35	55.0	2	4
36	34.5	5	0
37	59.2	0	4
38	47.0	2	0
39	53.0	1	1
40	56.5	0	1
41	47.0	0	0
Σ		402	410

PARAMETROS	
n=	41
T=	402
I=	410
S=	-8
S-1=	-9
LA RAIZ	89.03
V =	-0.10

Entonces comparamos en V con Vcrit

condición: $V < V_{crit}$ $-0,10 < 1.64$

Como el valor de V está dentro de -1,64 y 1,64 la hipótesis es válida, por lo tanto, los datos son homogéneos.

ESTACION Leon Cancha			
n	Pmax	si	ti
1	40.2	10	24
2	40.9	9	24
3	26.1	24	7
4	40.1	9	22
5	29.0	19	11
6	43.0	5	24
7	19.0	28	0
8	34.0	15	11
9	25.0	21	5
10	21.0	22	3
11	20.6	22	0
12	20.6	22	0
13	20.6	22	0
14	24.3	21	0
15	30.6	16	4
16	34.0	15	4
17	37.3	11	7
18	38.5	8	9
19	36.4	11	5
20	38.3	8	7
21	42.5	5	9
22	28.5	10	3
23	67.6	0	12
24	42.1	4	7
25	34.3	7	3
26	42.0	4	5
27	46.2	2	6
28	47.0	1	6
29	28.3	4	2
30	36.5	3	2
31	62.2	0	4
32	38.1	1	2
33	26.2	1	1

34	26.1	1	0
35	43.4	0	0
Σ		361	229

PARAMETROS	
n=	35
T=	361
I=	229
S=	132
S-1=	131
LA RAIZ	70.42
V =	1.86

1,86 < 1,64

Como el valor de V, No está dentro de -1,64 y 1,64 la hipótesis no es válida, por lo tanto, los datos son No homogéneos.

Anexo A-2. Altura de precipitaciones máximas para determinado periodo de retorno.

Estimación de parámetros de distribución

La media (\bar{X}), la desviación estándar (S) se obtuvo mediante las fórmulas:

$$\bar{X} = \frac{\sum X_i}{n}$$

\bar{X} Media muestral.

X_i = valor i-ésimo de la muestra.

n = Número de datos de la muestra.

$$S = \sqrt{\frac{\sum (X_i - \bar{X})^2}{n - 1}}$$

X_i = Valor de la i-ésima marca de clase.

\bar{X} : Media.

n = Número total de datos.

$n =$	35	Numero de datos
$\bar{X} =$	60.35	Media
$S_x =$	18.86	Desviación

Estimación de parámetros de la distribución Gumbel

$$\beta = \bar{x} - 0.45 * S = 60.35 - 0.45 * 18.86 = 51.86$$

$$\alpha = 1.2825/S_x = 1.2825 / 18.86 = 0.07$$

m	$P_{max} = mm$	$P = X$	$P(X) = \frac{m}{n + 1}$	$Z = \alpha(x - \beta)$	$F(Z) = e^{-e^{-Z}}$	$ F(Z) - P(X) $
1	60.30	30.00	0.0278	-1.5302	0.0099	0.0179
2	65.80	37.10	0.0556	-1.0332	0.0602	0.0046
3	38.10	38.00	0.0833	-0.9702	0.0715	0.0119
4	88.50	38.10	0.1111	-0.9632	0.0728	0.0383
5	80.00	39.00	0.1389	-0.9002	0.0854	0.0535
6	40.00	39.50	0.1667	-0.8652	0.0930	0.0737
7	63.00	40.00	0.1944	-0.8302	0.1009	0.0936
8	80.50	40.50	0.2222	-0.7952	0.1092	0.1131
9	52.10	45.20	0.2500	-0.4662	0.2031	0.0469
10	52.00	46.10	0.2778	-0.4032	0.2239	0.0539
11	110.00	46.80	0.3056	-0.3542	0.2405	0.0651
12	37.10	49.50	0.3333	-0.1652	0.3074	0.0259
13	62.50	50.00	0.3611	-0.1302	0.3201	0.0410

14	72.40	52.00	0.3889	0.0098	0.3715	0.0174	
15	49.50	52.00	0.4167	0.0098	0.3715	0.0452	
16	55.60	52.10	0.4444	0.0168	0.3741	0.0704	
17	63.40	55.60	0.4722	0.2618	0.4632	0.0091	
18	30.00	60.00	0.5000	0.5698	0.5680	0.0680	
19	76.50	60.30	0.5278	0.5908	0.5747	0.0469	
20	39.00	62.50	0.5556	0.7448	0.6220	0.0664	
21	78.00	63.00	0.5833	0.7798	0.6322	0.0489	
22	80.40	63.40	0.6111	0.8078	0.6403	0.0292	
23	70.60	65.80	0.6389	0.9758	0.6860	0.0471	
24	52.00	70.60	0.6667	1.3118	0.7639	0.0972	
25	60.00	72.40	0.6944	1.4378	0.7886	0.0942	-
26	84.00	76.50	0.7222	1.7248	0.8368	0.1145	Δ_{max}
27	50.00	78.00	0.7500	1.8298	0.8518	0.1018	+
28	40.50	80.00	0.7778	1.9698	0.8698	0.0920	
29	84.70	80.00	0.8056	1.9698	0.8698	0.0643	
30	80.00	80.40	0.8333	1.9978	0.8732	0.0398	
31	39.50	80.50	0.8611	2.0048	0.8740	0.0129	
32	46.10	84.00	0.8889	2.2498	0.8999	0.0111	
33	46.80	84.70	0.9167	2.2988	0.9045	0.0122	
34	38.00	88.50	0.9444	2.5648	0.9260	0.0185	
35	45.20	110.00	0.9722	4.0698	0.9831	0.0108	

Calculo de la diferencia $\Delta = |F(Z) - P(x)|$, para todos los valores x.

Seleccionar la máxima diferencia $\Delta_{\text{máx}} = |F(Z) - P(x)|$.

$$\Delta_{\text{máx}} = |F(Z) - P(x)| = 0,1145$$

Determinación del valor crítico para un nivel de significación del 5%.

$\Delta_{max} = 0.1145$ Delta máximo
 $\alpha = 0.05$ Nivel de significación 5.00%
 $n = 35$ Media

α	Δ_0
20%	0.1809
15%	0.1927
10%	0.2062
5%	0.2299
1%	0.2755

$\Delta_{max} = 0.1145 < \Delta_0 = 0.2299$ De Formula
Buen Ajuste

Si el $\Delta_{m\acute{a}x} < \Delta_0$, el ajuste es bueno para un nivel de significancia del 5%, caso contrario el ajuste es malo. Se concluye que los datos de Precipitaciones maximas en 24 hrs se ajustan a la distribución Gumbel, con un nivel de significación del 5% o una probabilidad del 95 %.

Calculo del caudal de diseño para un: $T = 500$ años

$$T = \frac{1}{1 - P(Q \leq q)} \quad P(Q \leq q) = 1 - \frac{1}{T} \quad F(x) = \frac{T - 1}{T} =$$

$$P(Q \leq q) = F(x) = 1 - \frac{1}{T} = 1 - \frac{1}{500} = 0.998$$

$$Z = \ln\{\ln(F(x))\} * (-1) * (-1) = \ln[\ln(0.998) * -1] * -1 = 6.2136$$

$$Z = \alpha(x - \beta) \quad x = \frac{Z}{\alpha} + \beta = 6.2136 / 0.07 * 51.86 = 140.63 \text{ mm}$$

Es probable que la precipitacion maxima de 140.63 mm se presente al menos una vez cada 500 años, en función a la muestra con la que estamos trabajando.

Calculo del caudal de diseño para un: $T = 1000$ años

$$T = \frac{1}{1 - P(Q \leq q)} \quad P(Q \leq q) = 1 - \frac{1}{T} \quad F(x) = \frac{T - 1}{T} =$$

$$P(Q \leq q) = F(x) = 1 - \frac{1}{T} = 1 - \frac{1}{1000} = 0.999$$

$$Z = \ln\{\ln(F(x))\} * (-1) * (-1) = \ln[\ln(0.999) * -1] * -1 = 6.9073$$

$$Z = \alpha(x - \beta) \quad x = \frac{Z}{\alpha} + \beta = 6.9073 / 0.07 * 51.86 = 150.54 \text{ mm}$$

Es probable que la precipitacion maxima 150.54 mm se presente al menos una vez cada 1000 años, en función a la muestra con la que estamos trabajando.

Calculo del caudal de diseño para un: $T = 5000$ años

$$T = \frac{1}{1 - P(Q \leq q)} \quad P(Q \leq q) = 1 - \frac{1}{T} \quad F(x) = \frac{T - 1}{T} =$$

$$P(Q \leq q) = F(x) = 1 - \frac{1}{T} = 1 - \frac{1}{5000} = 0.9998$$

$$Z = \ln\{\ln[F(x)]\} * (-1) * (-1) = \ln[\ln(0.9998) * -1] * -1 = 8.5171$$

$$Z = \alpha(x - \beta) \quad x = \frac{Z}{\alpha} + \beta = 8.5171 / 0.07 * 51.86 = 173.53 \text{ mm}$$

Es probable que la precipitación máxima 173.53 mm se presente al menos una vez cada 5000 años, en función a la muestra con la que estamos trabajando.

Calculo del caudal de diseño para un: $T = 10000$ años

$$T = \frac{1}{1 - P(Q \leq q)} \quad P(Q \leq q) = 1 - \frac{1}{T} \quad F(x) = \frac{T - 1}{T} =$$

$$P(Q \leq q) = F(x) = 1 - \frac{1}{T} = 1 - \frac{1}{10000} = 0.9999$$

$$Z = \ln\{\ln[F(x)]\} * (-1) * (-1) = \ln[\ln(0.9999) * -1] * -1 = 9.2103$$

$$Z = \alpha(x - \beta) \quad x = \frac{Z}{\alpha} + \beta = 9.2103 / 0.07 * 51.86 = 183.44 \text{ mm}$$

Es probable que la precipitación máxima 183.44 mm se presente al menos una vez cada 10000 años, en función a la muestra con la que estamos trabajando.

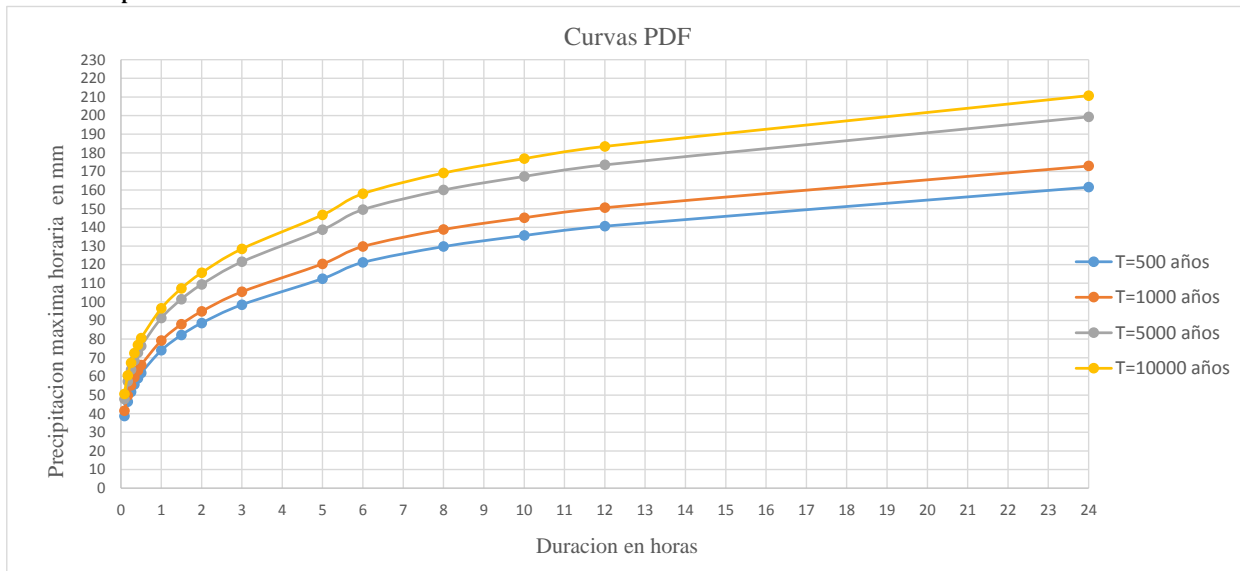
Anexo A-3. Altura de precipitación máxima para la duración del tiempo de concentración.

Estimación de altura de lluvia máxima inferior a la diaraia

Ajustes	Coficiente	Minutos
5 min \ 30 min	0.63	5
10 min \ 30 mi	0.75	10
15 min \ 30 mi	0.83	15
20 min \ 30 mi	0.90	20
25 min \ 30 mi	0.95	25
30 min \ 1 hr	0.83	30
1 hr \ 24 hr	0.46	60
1,5 hr \ 24 hr	0.51	90
2 hr \ 24 hr	0.55	120
3 hr \ 24 hr	0.61	180
5 hr \ 24 hr	0.70	300
6 hr \ 24 hr	0.75	360
8 hr \ 24 hr	0.80	480
10 hr \ 24 hr	0.84	600
12 hr \ 24 hr	0.87	720
24 hr \ 1 día	1.15	1440

Duracion (hr)	Duracion (min)	Periodo de retorno (T) / Precipitaciones en mm			
		500	1000	5000	10000
0	0	0	0	0	0
0.08	5	38.74	41.47	47.80	50.53
0.17	10	46.40	49.67	57.25	60.52
0.25	15	51.56	55.20	63.63	67.26
0.33	20	55.57	59.49	68.57	72.49
0.42	25	58.90	63.05	72.68	76.83
0.50	30	61.76	66.11	76.21	80.56
1.00	60	73.97	79.18	91.28	96.49
1.50	90	82.21	88.00	101.44	107.23
2.00	120	88.60	94.84	109.32	115.57
3.00	180	98.46	105.40	121.49	128.43
5.00	300	112.46	120.39	138.77	146.70
6.00	360	121.16	129.69	149.50	158.04
8.00	480	129.68	138.81	160.01	169.15
10.00	600	135.59	145.15	167.32	176.87
12.00	720	140.63	150.54	173.53	183.44
24.00	1440	161.54	172.93	199.33	210.72

Curvas Precipitacion-Duracion-Frecuencia PDF



De las curvas PDF graficadas se ajustan ecuaciones para diferentes periodos de retorno que presente mayor correlación.
 Son las siguientes:

Para T =	500	años	P=	74.027 * (tiempo)^	0.2591	R ² = 0.9989
Para T =	1000	años	P=	79.244 * (tiempo)^	0.2591	R ² = 0.9989
Para T =	5000	años	P=	91.346 * (tiempo)^	0.2591	R ² = 0.9989
Para T =	10 000	años	P=	96.562 * (tiempo)^	0.2591	R ² = 0.9989

A partir de estas ecuaciones se estima la precipitación máxima para la duración de la tormenta, en este caso la duración es igual al tiempo de concentración.

Valores de precipitación (mm) según Tiempo de concetracion y periodo de retorno					
Duracion	Duracion	Periodo de retorno (T) / Precipitacion (mm)			
(hr)	(min)	500	1000	5000	10 000
2.12	127	89.90	96.24	110.93	117.27

A-4. Caudales máximos.

Precipitación efectiva o en exceso

Datos:

CN(II): 68 ponderado de toda la cuenca

$$CN(I) = \frac{4,2 * CN(II)}{10 - 0,058 * CN(II)}$$

$$CN(III) = \frac{23 * CN(II)}{10 - 0,13 * CN(II)}$$

Cuenca	Condición antecedente de humedad		
	Normal	Seca	Húmeda
	68.00	47	83

Retención potencial máxima

El parámetro de retención de humedad del suelo (S), se lo puede obtener de la siguiente expresión:

$$S = \frac{25400}{NC} - 254$$

Retención potencial máxima S		
Normal	Seca	Húmeda
120	285	52

$$Pe = Q = \frac{(P - 0,2 S)^2}{P + 0,8 S}$$

PERIODO DE RETORNO [años]	ALTURAS DE LLUVIA [mm]	S [mm]	La precipitación efectiva o exceso Pe=Q [mm]
500	89.90	52	48.08
1000	96.24	52	53.47
5000	110.93	52	66.28
10000	117.27	52	71.91

Método Hidrograma Triangular "MOCKUS"

$$A = 67,24 \text{ km}^2.$$

$$Tc = 2.12 \text{ hrs}$$

- Seguidamente se calcula la duración en exceso (de) mediante la fórmula:

Como se trata de una cuenca pequeña.

$$de = \frac{de = tc}{2.12} \text{ hrs}$$

- Luego se calcula el tiempo de retraso (tr):

$$tr = \frac{tr = 0,6 * Tc}{0,6 * 2,12} \text{ hrs}$$

- Se calcula el tiempo de pico (t_p) mediante la fórmula:

$$t_p = t_r/2 + t_r$$

$$t_p = 2,12/2 + 1,27$$

$$t_p = 2.33 \quad \text{hrs}$$

- Se calcula el tiempo base (t_b) mediante la fórmula:

$$t_b = 2,67 * T_p$$

$$t_b = 2,67 * 2,33$$

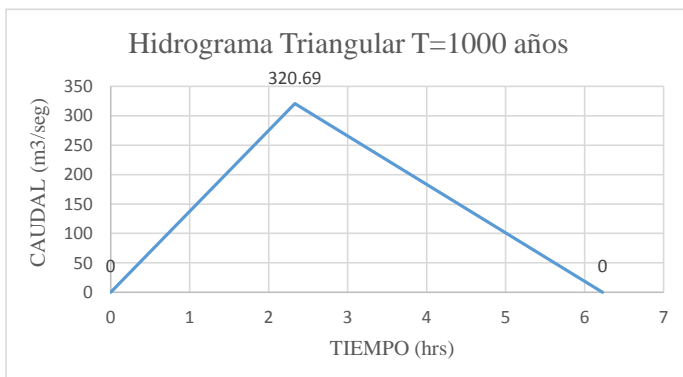
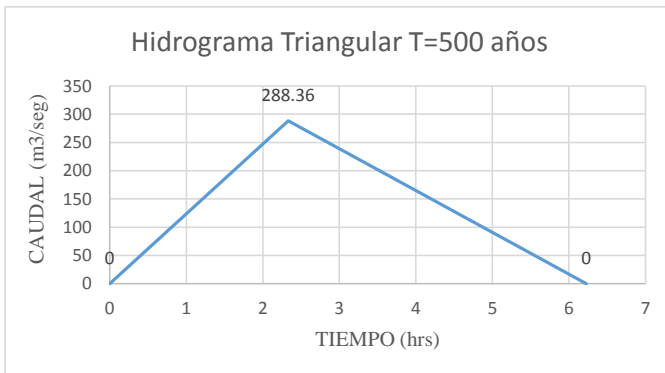
$$T_b = 6.23 \quad \text{hrs}$$

- Finalmente se estima el caudal máximo para periodo de retorno.

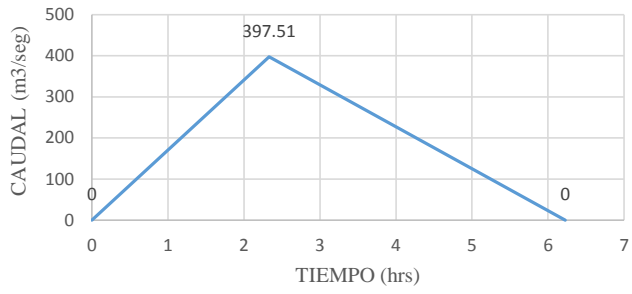
$$Q_p = \frac{0,208 * A * P_e}{t_p}$$

PERIODO DE RETORNO [años]	La precipitación efectiva o exceso $P_e=Q$ [mm]	Caudal pico Q_p [m ³ /s]
500	48.08	288.36
1000	53.47	320.69
5000	66.28	397.51
10 000	71.91	431.26

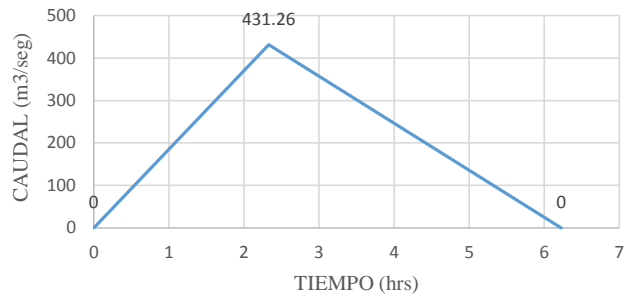
Gráfico del hidrograma unitario:



Hidrograma Triangular T=5000 años



Hidrograma Triangular T=10 000 años



A-5. Validación de resultados.

La manera que se demuestra que los resultados sean aceptables, se realiza la comparación de los valores estimados con otros valores que se hizo en el estudio técnico y diseño final de la presa Rumicancha, por profesionales y especialistas en el área.

Se realiza la comparación de los siguientes valores:

Valor estimado:

Para T = 500 años **288,81 m³/s**

Valor del estudio técnico:

Para T = 500 años **249.06 m³/s**

Se puede apreciar que los valores entre ellos no son iguales, con la diferencia de aproximadamente 39 m³/s, se observa que los valores se asemejan, que a pesar de que en el estudio técnico trabaja con datos de registro de la estación hasta el año 2010 y el presente trabajo realiza hasta el 2021, entonces se puede decir que los datos son aceptables.

Por otro lado, se realiza se determina el valor por recolección de información en campo, que se trata de la consulta a los habitantes de la zona, crecidas que se presentaron en algún determinado año, se observa visualmente las marcas de la huella de la crecida, etc.

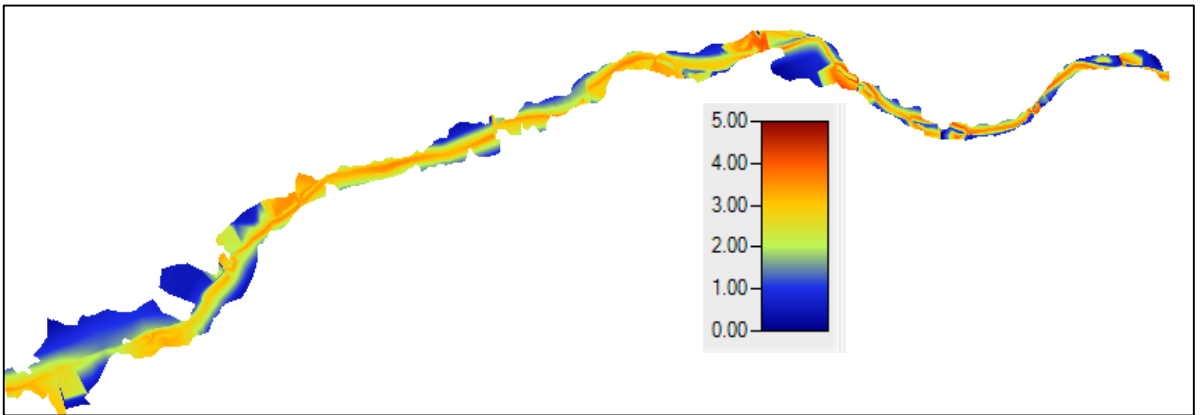
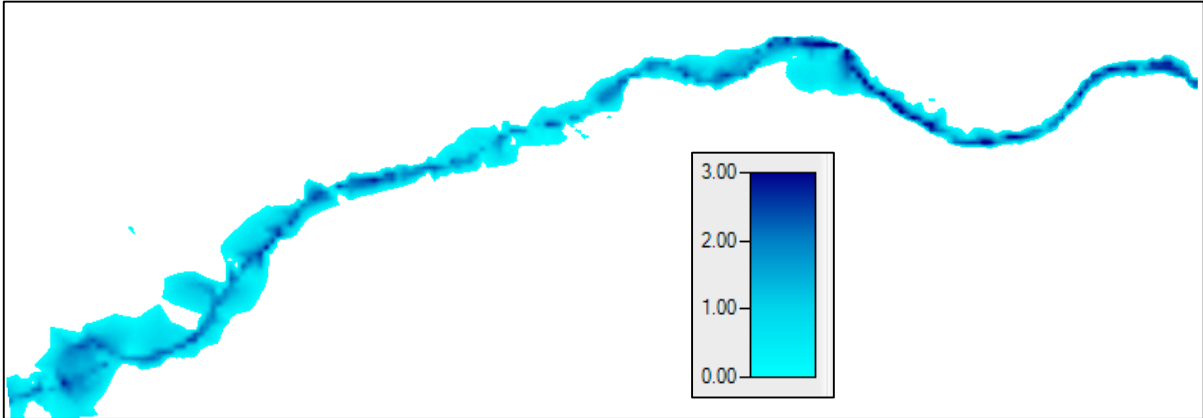
Según las personas del lugar, mencionan, en el año 2020 entre los meses de enero y febrero, que presenciaron, visualizaron, el aumento de nivel del agua del río por las lluvias, y aproximadamente la máxima crecida, tenía la altura aproximadamente de 1.5 hasta 3 metros y con mucha velocidad, porque dejó ciertos tramos erosionados cercanos al río, que incluso afectó a algunos terrenos recién sembrado.

Entonces con la información adquirida de campo, en gabinete se realiza un cálculo del valor que se aproxime a esos rangos de altura de agua que se tuvo en esa crecida y así se puede afirmar que sea aceptable y confiable, los valores estimados con su correspondiente proceso como se hace en el presente trabajo.

Se estima un caudal máximo para un periodo de retorno de 100 años. $Q_{max} = 215,88 \text{ m}^3/\text{s}$

El caudal máximo de crecida genera altura de agua fluctúa entre 1 a 3 metros y velocidades desde 2 a 5 m/s

Se puede decir que el caudal máximo para el T=100 años determinado, se asemeja a la observación de la realidad, que las personas presenciaron y visualizaron la crecida en el tiempo de lluvias. Entonces se confirma que los valores estimados con el mismo proceso en el presente trabajo, son aceptables.



ANEXO B

**INFORMACION DE PARAMETROS
DE LA PRESA RUMICANCHA**

Anexo B. Información de Parámetros de la presa Rumicancha.

Parámetros	Valor	unidad	Cota m.s.n.m.	Descripción
Altura de la presa	41	m	2195	Altura total de la presa
Borde libre	0,5	m		
Altura de oleaje	0,3549	m		
Volumen total de la presa	13 317 615,17	m ³	2195	Volumen total que la presa desde la cota mínima hasta la cota máxima del coronamiento.
nivel máximo de crecida	1,5	m	2193,5	
Volumen útil	11 418 227,50	m ³	2192,5	Nivel de agua máximas ordinarias (N.A.M.O)
Altura del vol. útil	38,5	m	2192,5	Altura de N.A.M.O
Nivel de obra de toma	-	-	2168,9	
Volumen muerto	1 319 405,96	m ³	2167,9	
Altura del vol. muerto	13.91	m		
Talud aguas arriba	1,4:1	-	-	H:V
Talud aguas abajo	1,6:1	-	-	H:V
Longitud de cierre	314,44	m		
Ancho de la presa	115	m		

ANEXO C

DETERMINACION DE
COEFICIENTE DE RUGOSIDAD

En el cálculo del coeficiente de rugosidad de Manning, juega un papel importante. Para el caso de este proyecto de grado esos valores se adoptaron tomando como guía la literatura del libro Hidráulica de canales abiertos Chow, donde hace referencia el método de Cowan, en este se determina el coeficiente “n” como $n = (n0 + n1 + n2 + n3 + n4) \times m5$

Donde **n0** depende del material que conforma el lecho **n1** depende del grado de irregularidad del lecho **n2** depende del tipo de variación de la sección transversal **n3** depende del efecto relativo de obstrucciones **n4** depende de tipo de vegetación existente **m5** es función de la cantidad de meandros.

cuyos valores se encuentran tabulados según tabla adjunta: en la tabla se muestra los valores utilizados para el cálculo del coeficiente de rugosidad, mediante la metodología de Cowan

Consideraciones del Rio		Valores	
Material considerado	Tierra	n0	0.020
	Roca cortada		0.025
	Grava fina		0.024
	Grava gruesa		0.028
Grado de irregularidad	Liso	n1	0.000
	Menor		0.005
	Moderado		0.010
	Severo		0.020
Variaciones de la seccion transversal del canal	Gradual	n2	0.000
	Ocasionalmente alternante		0.005
	Frecuentemente alternante		0,010 - 0,015
Efecto relativo de obstrucciones	Despreciable	n3	0.000
	Menor		0,010 - 0,015
	Apreciable		0,020 - 0,030
	Severo		0,040 - 0,050
Vegetacion	Baja	n4	0,005 - 0,010
	Media		0,010 - 0,025
	Alta		0,025 - 0,050
	Muy alta		0,050 - 0,100
Cantidad de meandros	Menor	m5	1.000
	Apreciable		1.150
	Severa		1.300

Para la obtención de unos valores lo más aproximados a la realidad se recopiló una extensa información fotográfica de diferentes tramos del cauce con la que se caracterizaron los distintos tramos a partir de su naturaleza y propiedades morfológicas.

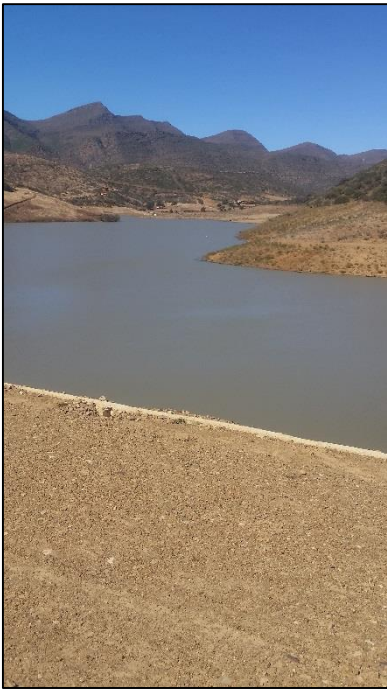
En las siguientes tablas se observan los valores finalmente tomados para el coeficiente de rugosidad, para el cauce principal (main channel) de 0,05 y para las zonas de inundación izquierda y derecha (Left / Right Overbank) = 0,1

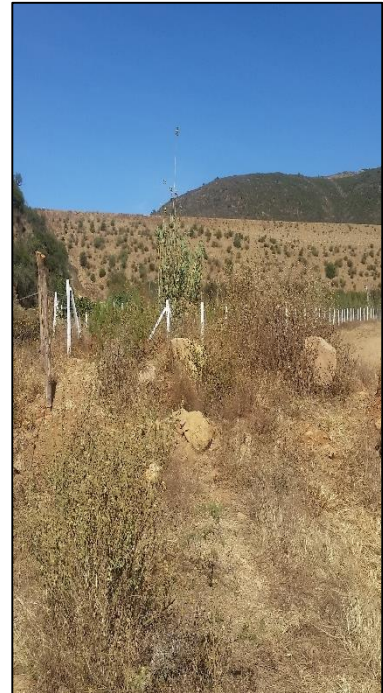
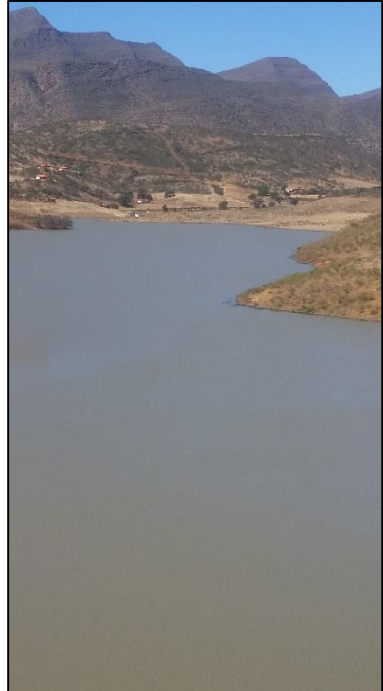
Consideraciones del Rio		Valores	
Material considerado	Grava fina y gruesa	n0	0.026
Grado de irregularidad	Menor	n1	0.005
Variaciones de la sección transversal del canal	Gradual	n2	0.005
Efecto relativo de obstrucciones	Despreciable	n3	0.000
Vegetación	Baja	n4	0.005
Cantidad de meandros	Apreciable	m5	1.150
Coeficiente de rugosidad	$n = (n0+n1+n2+n3+n4)m5$	n	0.047

Consideraciones del margen		Valores	
Material considerado	Tierra	n0	0.022
Grado de irregularidad	Moderado	n1	0.010
Variaciones de la sección transversal del canal	Menor	n2	0.005
Efecto relativo de obstrucciones	Apreciable	n3	0.030
Vegetación	Alta	n4	0.025
Cantidad de meandros	Menor	m5	1.000
Coeficiente de rugosidad	$n = (n0+n1+n2+n3+n4)m5$	n	0.1

ANEXO D
GALERIA DE FOTOS

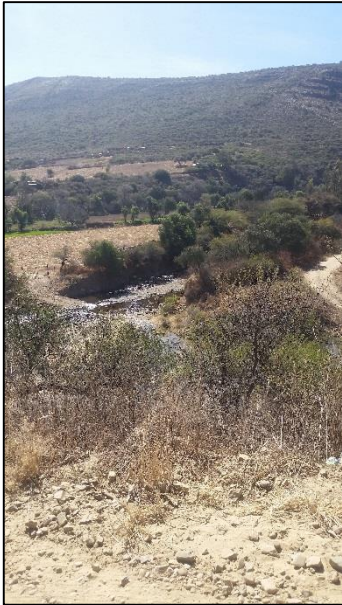
Fotos de la Presa Rumicancha





Recorrido para el levantamiento de información de características de los elementos expuestos.

Se comenzó a registrar desde la presa, con apoyo de imagen satelital, las características de los lotes, viviendas, dentro del área de influencia.



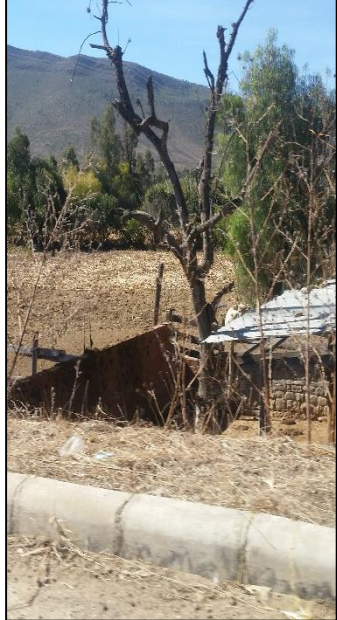
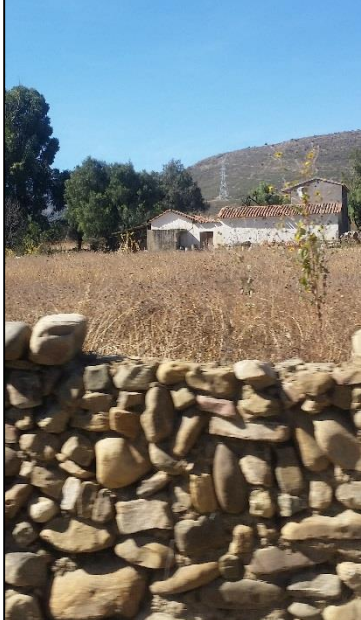


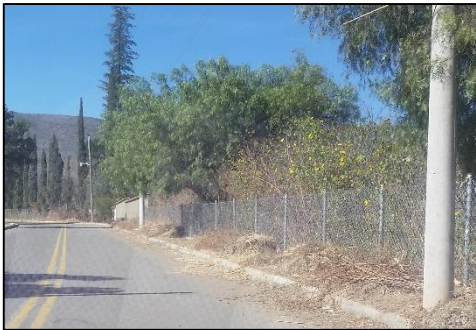
Recorrido por la comunidad de Sella Mendez.





Recorrido por la comunidad de Sella Cercado





Levantamiento topográfico (Fotos).



