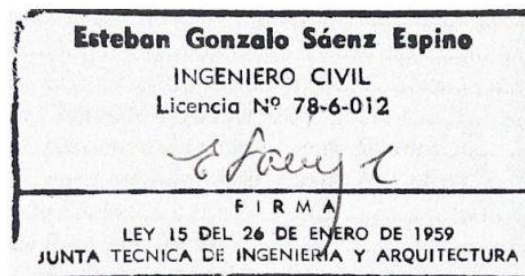
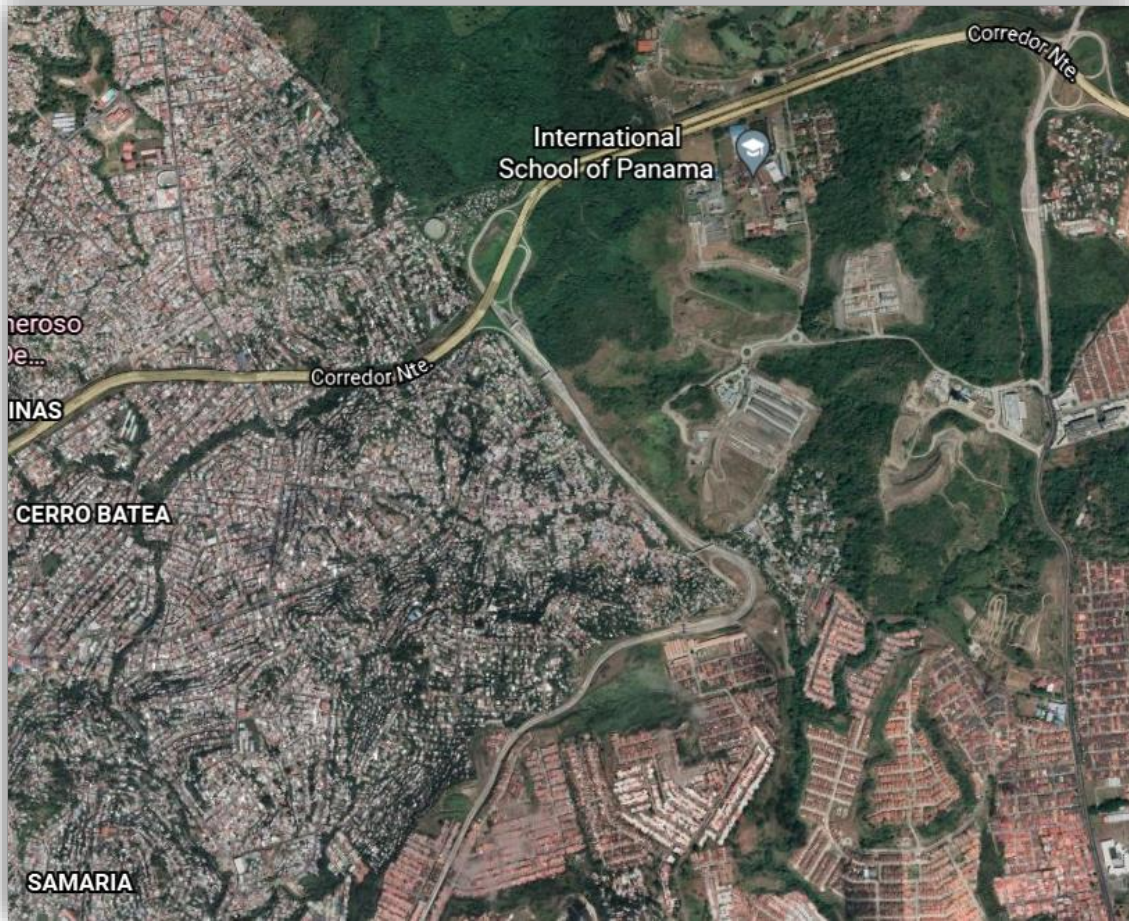


Estudio Hidrológico e Hidráulico
Cajón en Villa Lucre
Rio Palomo



Presentado por
Esteban G. Sáenz
Febrero 2022

Contenido

1.	Estudio Hidrológico.....	1
1.1.	Introducción	1
1.2.	Información Básica	1
1.3	Crecida de Diseño	10
1.3.1	Método Racional	10
1.3.2	Método de Análisis Regional de Crecidas Máximas de Panamá	11
2.	Estudio Hidráulico	13
3.	Conclusiones y Recomendaciones.....	21

Índice de Tablas

<i>Tabla 1 - Características Físicas de la Cuenca Hidrográfica.....</i>	<i>2</i>
<i>Tabla 2 – Intensidad-Duración-Frecuencia de lluvias, MOP Pacífico.....</i>	<i>8</i>
<i>Tabla 3 – Resultados por el Método Racional.....</i>	<i>11</i>
<i>Tabla 4 – Crecidas de Diseño – Método Regional.....</i>	<i>12</i>
<i>Tabla 5 – Comportamiento esperado de la quebrada con el cajón propuesto para la crecida de 50 años</i>	<i>15</i>
<i>Tabla 6 – Comportamiento esperado de la quebrada con el cajón propuesto para la crecida de 100 años</i>	<i>16</i>
<i>Tabla 7 – Perfil de agua de la quebrada para la crecida de 50 años</i>	<i>19</i>
<i>Tabla 8 – Perfil de agua de la quebrada para la crecida de 100 años</i>	<i>20</i>

Índice de Figuras

<i>Figura 1 – Cuenca hidrográfica de la quebrada.....</i>	<i>3</i>
<i>Figura 2 – Cuencas Hidrográficas.....</i>	<i>4</i>
<i>Figura 3 – Mapa de Isoyetas.....</i>	<i>5</i>
<i>Figura 4 – Mapa de Escorrentía</i>	<i>6</i>
<i>Figura 5 – Mapa de Clasificación Climática según Koppen.....</i>	<i>7</i>
<i>Figura 6 – Hietograma MOP-PAC para periodo de retorno de 50 años.....</i>	<i>8</i>
<i>Figura 7 – Hietograma MOP-PAC para periodo de retorno de 100 años.....</i>	<i>9</i>
<i>Figura 8 – Perfil de agua para la quebrada durante las crecidas de 50 y 100 años</i>	<i>14</i>
<i>Figura 9 – Sección transversal del cajón</i>	<i>17</i>
<i>Figura 10 – Perfil de velocidades en el cauce de la quebrada.....</i>	<i>18</i>

Estudio Hidrológico e Hidráulico del Rio Palomo

1. Estudio Hidrológico

1.1. Introducción

El análisis presentado a continuación se concentra en una quebrada que es afluente del Rio Palomo en el área de Villa Lucre, provincia de Panamá, República de Panamá. El estudio consiste en el análisis hidrológico del curso de agua para estimar la crecida de diseño en base a las características del terreno y de acuerdo con los reglamentos del Ministerio de Obras Públicas (MOP). Con el análisis hidrológico se estimará el caudal de diseño la construcción de un cajón que corresponde a un periodo de retorno de 1:50 años y verificación para una crecida de 1:100 años.

1.2. Información Básica

La quebrada identificada es un afluente del Río Palomo que descarga en el Océano Pacífico al sur de la Ciudad de Panamá. Los aspectos físicos de la cuenca hidrográfica se obtienen del campo y del mosaico topográfico a escala 1:25,000: 4343-II-SW, preparado por el Instituto Geográfico Nacional Tommy Guardia (IGNTG).

Para llevar a cabo el análisis hidrológico se requiere evaluar las características físicas de las cuencas y así obtener los parámetros hidrológicos necesarios para el análisis.

Un parámetro hidrológico necesario para el análisis de las crecidas de diseño es el tiempo de concentración (T_c) que representa el tiempo que toma la precipitación que cae en la parte más lejana de la cuenca para que llegue al punto de observación, que en este caso es el lugar donde se quiere construir un cajón. En este análisis vamos a utilizar el método de Kirpich para la estimación del tiempo de concentración.

El método de Kirpich se basa en estudios que relacionan el tiempo de concentración con las características de captación, comenzando con el enfoque de regresión para pequeñas cuencas dominadas por el flujo de canales. Kirpich no deriva el tiempo de concentración de las velocidades de flujo, sino de la traducción de los hidrogramas observados. Este consiste en una relación matemática entre el tiempo de concentración, la longitud del curso de agua y la pendiente promedio de la cuenca en la siguiente forma:

$$T_c = 0.0195 \frac{L^{0.77}}{S^{0.385}}$$

de donde

T_c = Tiempo de concentración (minutos)

L = Longitud del curso de agua (metros)

S = Pendiente promedio de la cuenca (m/m)

Nombre	Área (m ²)	Hmax (m)	Hmin (m)	Lc (m)	S	T _c (min)
Quebrada SN	1,840,156	131.00	28.30	1853.00	5.54%	19.50

Tabla 1 - Características Físicas de la Cuenca Hidrográfica

La tabla anterior muestra el área de drenaje en metros cuadrados Área , la altura máxima H_{max} y mínima en la trayectoria del cauce principal H_{min} en metros, la longitud de la trayectoria del curso de agua principal L_c en metros, la pendiente de la trayectoria del curso principal de agua S y el tiempo de concentración T_c en minutos.

En la figura a continuación se muestra la cuenca hidrográfica de la quebrada.

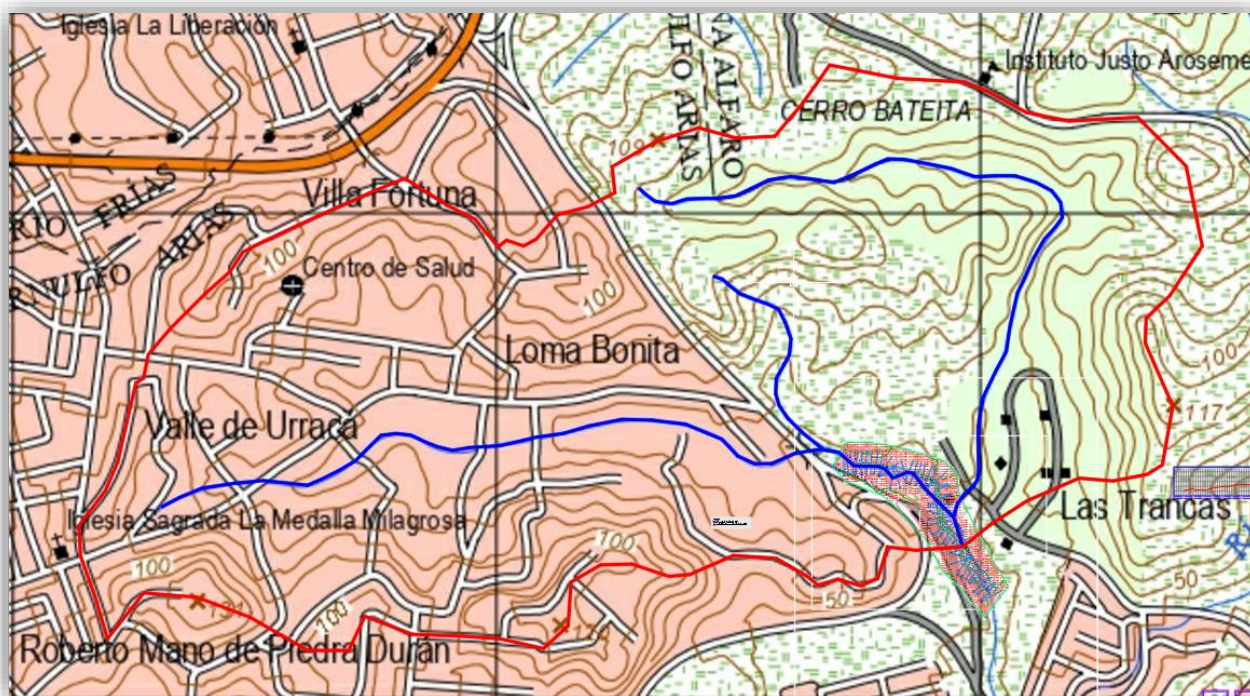


Figura 1 – Cuenca hidrográfica de la quebrada

Esta cuenca forma parte de la cuenca número 144, identificada por la Empresa de Transmisión Eléctrica (ETESA). Para este estudio utilizaremos las curvas de intensidad-duración-frecuencia de lluvia recomendadas por el MOP para la vertiente del Pacífico.

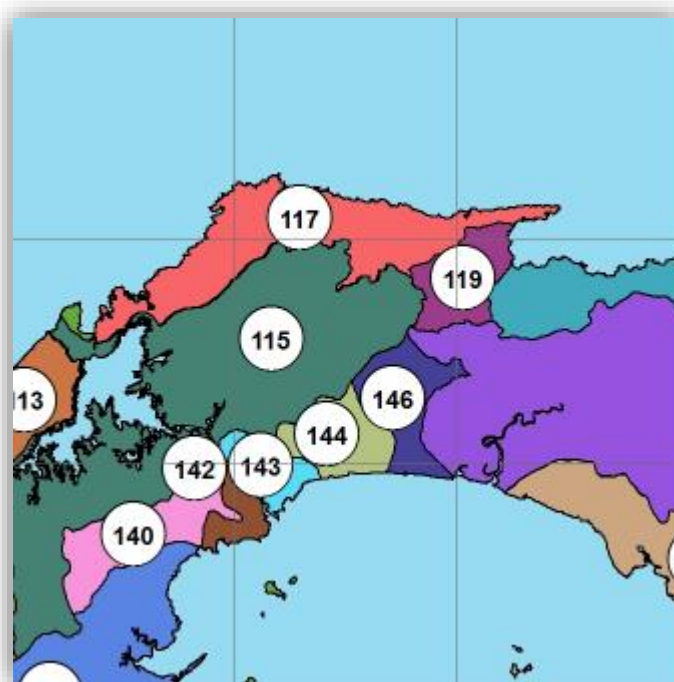


Figura 2 – Cuencas Hidrográficas¹

¹ Fuente: Empresa de Transmisión Eléctrica, S.A., Gerencia de Hidrometeorología. www.hidromet.com.pa

La precipitación media anual en esta área varía entre 2000 y 3000 mm. Los meses de mayor precipitación son octubre y noviembre y los de menor precipitación febrero y marzo.

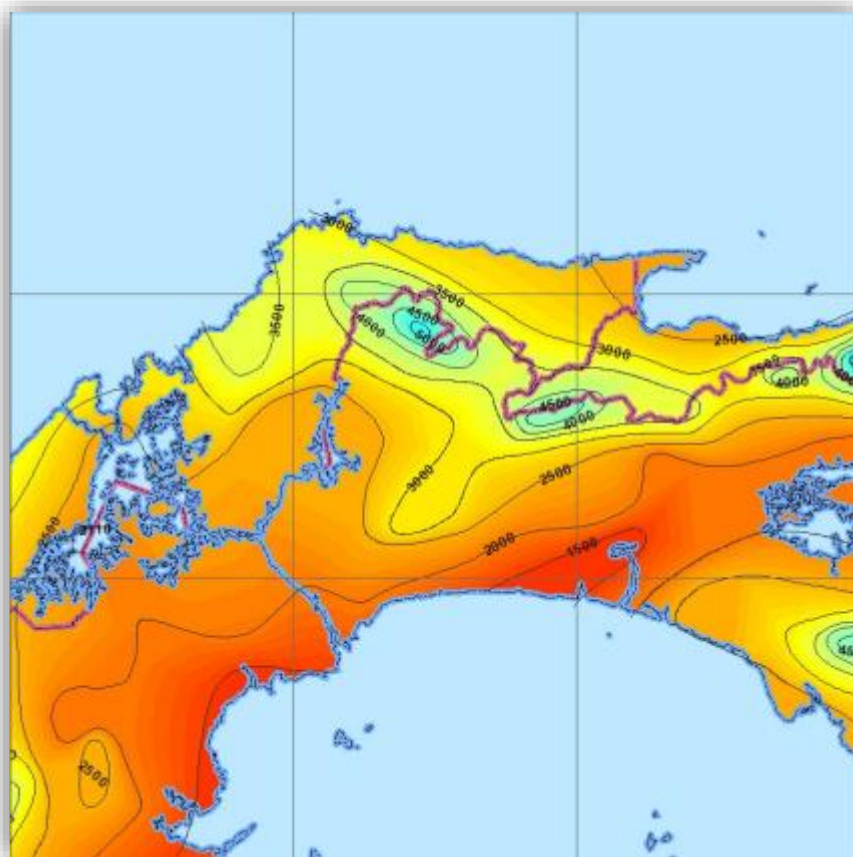


Figura 3 – Mapa de Isoyetas²

² Fuente: Empresa de Transmisión Eléctrica, S.A., Gerencia de Hidrometeorología. www.hidromet.com.pa

La escorrentía media anual está entre 1000 y 1500 mm.

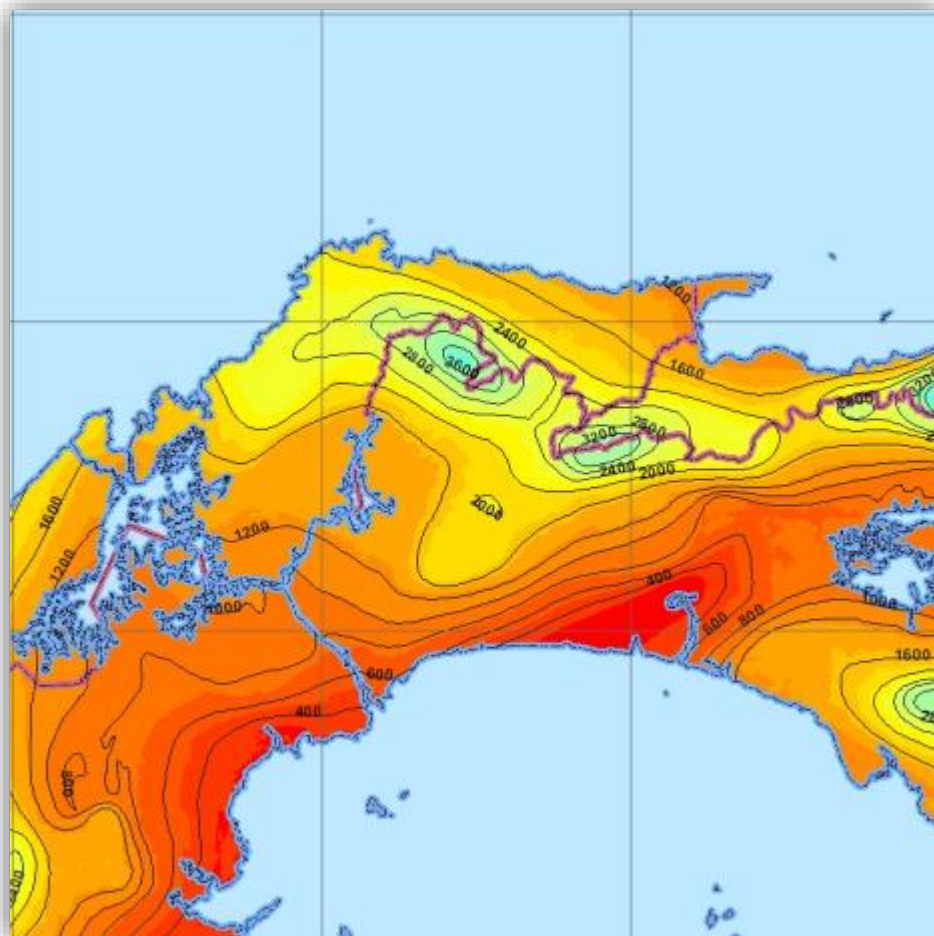


Figura 4 – Mapa de Escoorrentía³

³ Fuente: Empresa de Transmisión Eléctrica, S.A., Gerencia de Hidrometeorología. www.hidromet.com.pa

La zona tiene un clima tropical de sabana, con lluvia anual mayor de 1000 mm y varios meses con lluvia menor de 60 mm.

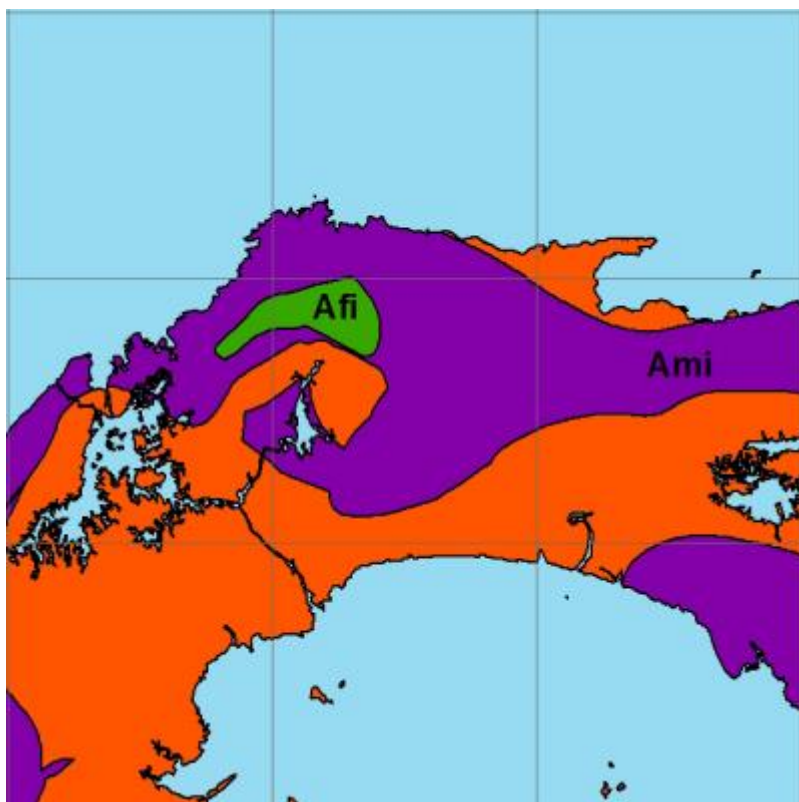


Figura 5 – Mapa de Clasificación Climática según Koppen⁴

La data de lluvias recomendada por el MOP consiste en información útil de precipitaciones máximas estimadas en milímetros para varias duraciones y frecuencias que se basa en datos estadísticos sobre precipitaciones pluviales en un periodo de 57 años que provienen de las Estaciones Meteorológicas de Balboa Heights y Balboa Docks adyacentes a la ciudad de Panamá y en la Estación Pluviométrica de la Universidad de Panamá. Esta información se muestra en forma de fórmulas y se transcribe a continuación en forma de tablas:

⁴ Fuente: Empresa de Transmisión Eléctrica, S.A., Gerencia de Hidrometeorología. www.hidromet.com.pa

MOP-Pac	Periodos de Retorno							
Duración	2	5	10	20	25	30	50	100
5	169.58	182.14	200.10	215.90	223.76	229.22	247.32	258.12
10	147.84	162.34	178.35	192.93	199.96	204.30	218.56	230.62
20	117.67	133.35	146.50	159.08	164.88	167.82	177.32	190.06
30	97.73	113.15	124.31	135.34	140.27	142.39	149.17	161.59
60	64.78	77.79	85.46	93.48	96.89	97.90	101.05	111.47
120	38.70	47.87	52.59	57.76	59.86	60.24	61.42	68.77
240	21.43	27.06	29.73	32.74	33.93	34.05	34.42	38.93
800	6.96	8.93	9.81	10.83	11.23	11.24	11.28	12.87

Tabla 2 – Intensidad-Duración-Frecuencia de lluvias, MOP Pacífico

Con los datos de precipitación de acuerdo con las curvas de Intensidad-Duración-Frecuencia (IDF) recomendadas por el MOP, se construyeron los hietogramas de precipitación para periodo de retorno de 50 y 100 años de frecuencia y en intervalos de 5 minutos como se muestra en las siguientes figuras.

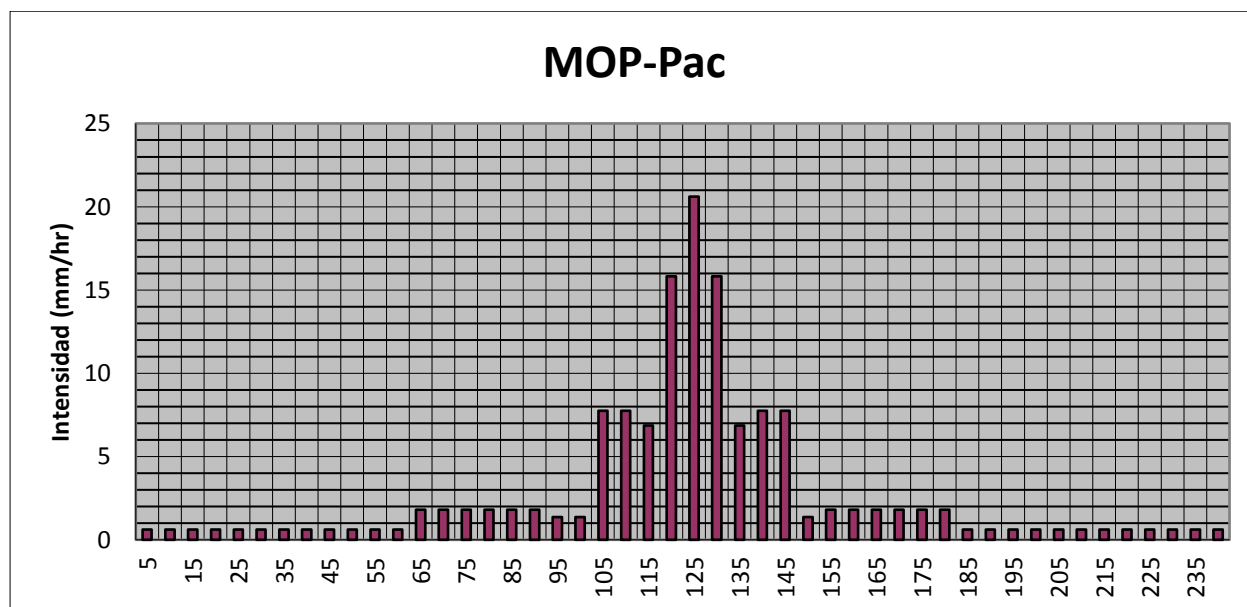


Figura 6 – Hietograma MOP-PAC para periodo de retorno de 50 años

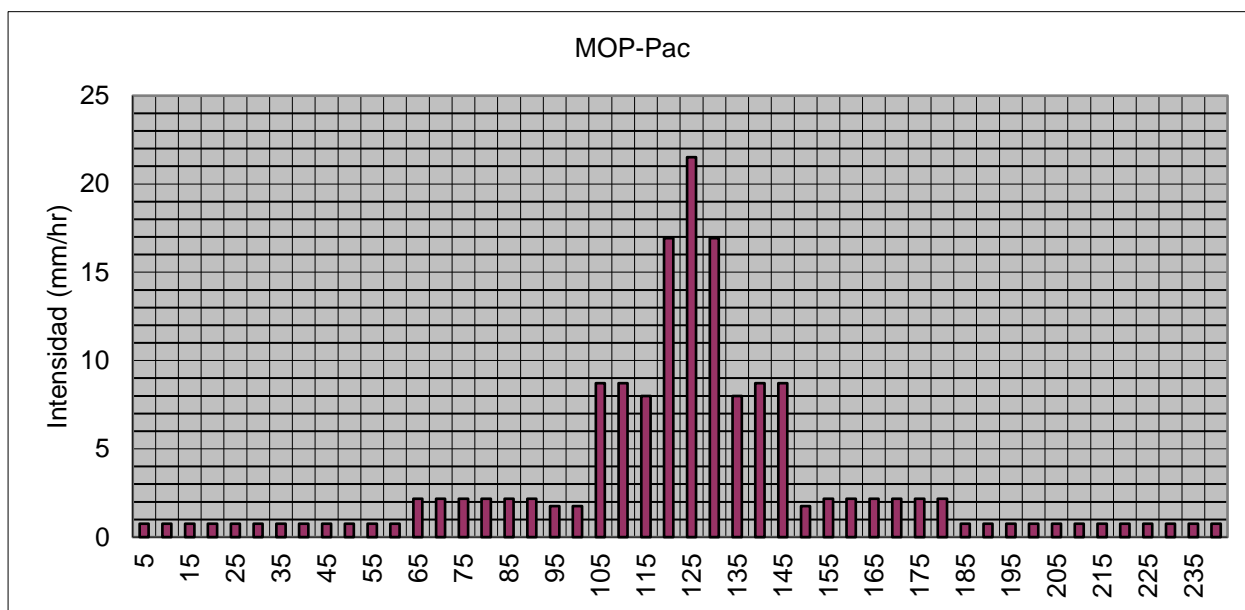


Figura 7 – Hietograma MOP-PAC para periodo de retorno de 100 años

1.3 Crecida de Diseño

La crecida de diseño fue calculada utilizando métodos y herramientas matemáticas ampliamente conocidas y validadas, las cuales se describen a continuación.

Para cuencas hidrográficas menores de 2.5 kilómetros cuadrados se utiliza el método Racional y para mayores de 2.5 kilómetros cuadrados el método de Análisis Regional de Crecidas, los cuales se explican a continuación.

1.3.1 Método Racional

El método Racional es un método sencillo para determinar el pico de las crecidas de diseño para cuencas pequeñas. Este método fue desarrollado en 1889 por Kuichling para cuencas urbanas. El límite para el uso de este método varía de acuerdo con el autor, aunque en Panamá el MOP recomienda su uso en cuencas de hasta 2.5 kilómetros cuadrados.

La aplicación del método se basa en una simple fórmula que relaciona, en forma proporcional, la esorrentía de la cuenca con el área de drenaje y la intensidad de la lluvia para una duración particular equivalente al tiempo de concentración. La fórmula es:

$$Q = \frac{CiA}{3.6}$$

de donde

Q = Descarga de diseño (m^3/s)

C = Coeficiente de esorrentía adimensional

i = Intensidad de lluvia de diseño (mm/hr)

A = Área de drenaje en (km^2)

Para el presente estudio utilizaremos un coeficiente de escorrentía de 0.95 en concordancia con las recomendaciones del MOP.

Nombre	C	T_r (años)	I (mm/hr)	Q_{racional}
Quebrada SN	0.95	100	191.785	93.130
Quebrada SN	0.95	50	179.018	86.931

Tabla 3 – Resultados por el Método Racional

En la tabla anterior se muestra los caudales para la quebrada, en donde C es el coeficiente de escorrentía, T_r es el periodo de retorno en años, I es la precipitación de diseño en mm/hr y Q es la crecida correspondiente.

1.3.2 Método de Análisis Regional de Crecidas Máximas de Panamá

Esta es la aplicación de un método de regionalización a todo el país y está presentado en el informe hecho por el Departamento de Hidrometeorología de ETESA en septiembre de 2008 denominado “Resumen Técnico - Análisis Regional de Crecidas Máximas de Panamá – Período 1971-2006”. Este método se basa en la estadística de caudales máximos instantáneos en el país, agrupados por zonas similares hidrológicamente. Debido a que este método está basado en estadística real de crecidas en todo el país, su uso y aplicación son muy valiosos y confiables. Sobre la base de la aplicación de este método y considerando que los ríos y sus cuencas quedan ubicadas dentro de la Zona 3, se obtienen los resultados que se muestran en la tabla 3 y que se basan en las siguientes ecuaciones:

$$Q_{50} = (2.37) * 25A^{0.59} \quad ^5$$

$$Q_{100} = (2.68) * 25A^{0.59}$$

⁵ Fuente: Resumen Técnico. Análisis Regional de Crecidas Máximas de Panamá. Período 1971-2006. Empresa de Transmisión Eléctrica, S.A., Gerencia de Hidrometeorología www.hidromet.com.pa

Donde Q es el caudal de diseño en metros cúbicos por segundo para periodos de retorno de 50 y 100 años y A es el área de drenaje en kilómetros cuadrados.

Nombre	T_r (años)	Q_{regional}
Quebrada SN	100	96.015
Quebrada SN	50	84.909

Tabla 4 – Crecidas de Diseño – Método Regional

En la tabla anterior se muestra el periodo de retorno de diseño T_r en años, y el caudal máximo instantáneo por el método Regional de Crecidas Q en metros cúbicos por segundo. Para este estudio utilizaremos los resultados del análisis por el método Racional, aunque se puede observar la cercana concordancia en los resultados por ambos métodos.

2. Estudio Hidráulico

El análisis de la hidráulica de esta quebrada se llevó a cabo mediante el uso del modelo matemático por computadoras HEC-RAS⁶, desarrollado por el Centro de Ingeniería Hidrológica del Cuerpo de Ingenieros del Ejército de los Estados Unidos (Hydrologic Engineering Center's (CEIWR-HEC)). La aplicación del modelo se basó en la data hidrológica descrita anteriormente, en topografía levantada en el campo y en características físicas observables en el campo y en los planos topográficos disponibles.

El modelo topográfico levantado en campo y descrito anteriormente junto con el modelo hidrológico ya explicado fue utilizado de insumo para la simulación matemática con el modelo HEC-RAS. Los resultados de esta simulación se muestran a continuación en forma de esquemáticos y perfiles de agua que demuestran el comportamiento esperado de la quebrada bajo las condiciones de la construcción del cajón.

Para esta situación se modelaron varios tamaños de cajones y se recomienda un cajón triple de 3.05x3.05 metros con una pendiente igual a la del lecho de la quebrada en ese lugar (0.22% aproximadamente). Esta configuración permite pasar la crecida de 50 años con una sumergencia en la entrada de 1.18 y la crecida de 100 años con una sumergencia de 1.23. La sumergencia es un parámetro sensato para la selección de cajones que resulta en la relación entre la altura de agua en la entrada del cajón dividido por la altura del cajón. Cajones menores o en menor cantidad resultarían en sumergencias fuera de los parámetros recomendados por la práctica de la hidráulica, además de que pone en riesgo las propiedades cercanas por una posible inundación de severas consecuencias. Este análisis no contempla obstrucciones por basura o escombros, condición que empeoraría la situación del cajón durante una crecida.

⁶ <https://www.hec.usace.army.mil/software/hec-ras/>

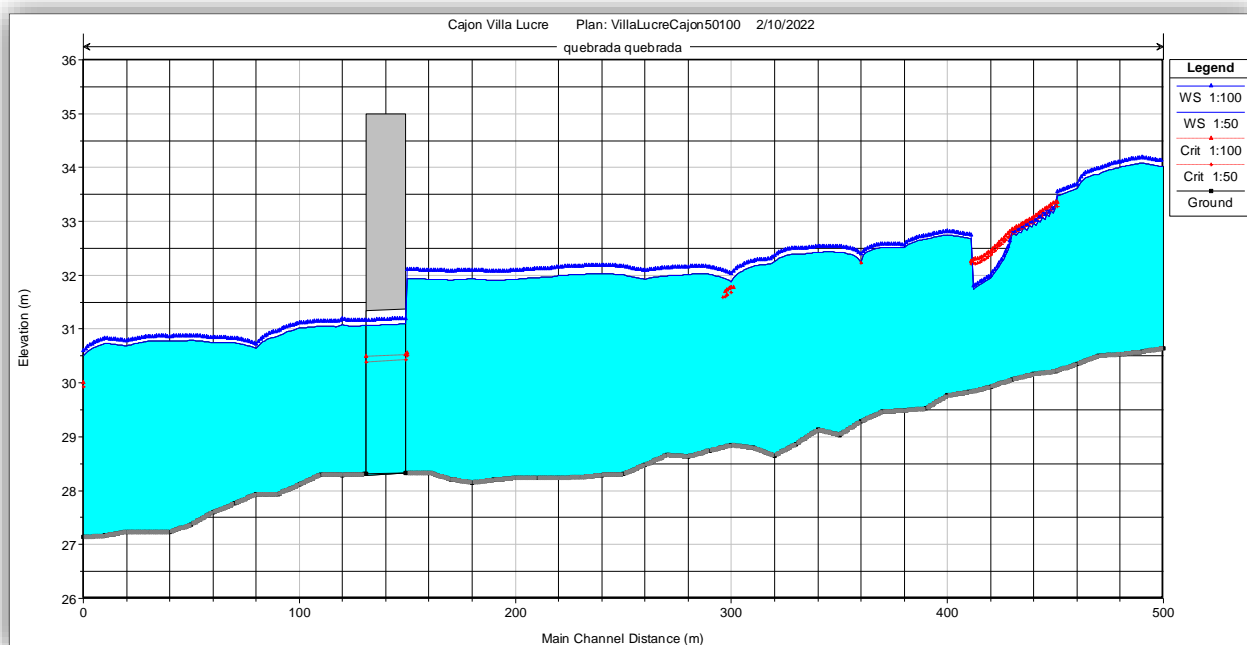


Figura 8 – Perfil de agua para la quebrada durante las crecidas de 50 y 100 años

Cross Section Output

File Type Options Help

River: quebrada Profile: 1:50

Reach: quebrada RS: 150.00 Plan: Cajon50100

Plan: Cajon50100 quebrada quebrada RS: 150.00 Profile: 1:50

		Element	Left OB	Channel	Right OB
E.G. Elev (m)	32.00	Wt. n-Val.	0.035	0.030	0.035
Vel Head (m)	0.06	Reach Len. (m)	20.00	20.00	20.00
W.S. Elev (m)	31.94	Flow Area (m2)	3.46	73.63	6.31
Crit W.S. (m)	30.50	Area (m2)	3.46	73.63	6.31
E.G. Slope (m/m)	0.000433	Flow (m3/s)	1.36	82.16	3.40
Q Total (m3/s)	86.93	Top Width (m)	6.31	35.51	6.31
Top Width (m)	48.14	Avg. Vel. (m/s)	0.39	1.12	0.54
Vel Total (m/s)	1.04	Hydr. Depth (m)	0.55	2.07	1.00
Max Chl Dpth (m)	3.60	Conv. (m3/s)	65.4	3946.7	163.4
Conv. Total (m3/s)	4175.5	Wetted Per. (m)	6.41	36.11	7.31
Length Wtd. (m)	20.00	Shear (N/m2)	2.29	8.67	3.67
Min Ch El (m)	28.34	Stream Power (N/m s)	0.90	9.67	1.98
Alpha	1.10	Cum Volume (1000 m3)	0.04	6.19	0.12
Frctn Loss (m)		Cum SA (1000 m2)	0.14	4.39	0.69
C & E Loss (m)					

Errors, Warnings and Notes

Enter to move to next downstream river station location

Tabla 5 – Comportamiento esperado de la quebrada con el cajón propuesto para la crecida de 50 años

Cross Section Output					
File Type Options Help					
River:	quebrada	Profile:	1:100		
Reach:	quebrada	RS:	150.00	↓	↑
Plan: Cajon50100					
Plan: Cajon50100 quebrada quebrada RS: 150.00 Profile: 1:100					
E.G. Elev (m)	32.16	Element	Left OB	Channel	Right OB
Vel Head (m)	0.06	Wt. n-Val.	0.035	0.030	0.035
W.S. Elev (m)	32.10	Reach Len. (m)	20.00	20.00	20.00
Crit W.S. (m)	30.56	Flow Area (m2)	4.54	79.49	7.35
E.G. Slope (m/m)	0.000378	Area (m2)	4.54	79.49	7.35
Q Total (m3/s)	93.13	Flow (m3/s)	1.91	87.19	4.04
Top Width (m)	48.59	Top Width (m)	6.77	35.51	6.31
Vel Total (m/s)	1.02	Avg. Vel. (m/s)	0.42	1.10	0.55
Max Chl Dpth (m)	3.77	Hydr. Depth (m)	0.67	2.24	1.17
Conv. Total (m3/s)	4789.8	Conv. (m3/s)	98.0	4484.1	207.6
Length Wtd. (m)	20.00	Wetted Per. (m)	6.90	36.11	7.47
Min Ch El (m)	28.34	Shear (N/m2)	2.44	8.16	3.65
Alpha	1.10	Stream Power (N/m s)	1.02	8.95	2.00
Frctn Loss (m)		Cum Volume (1000 m3)	0.05	6.54	0.16
C & E Loss (m)		Cum SA (1000 m2)	0.15	4.45	0.72
Errors, Warnings and Notes					

Tabla 6 – Comportamiento esperado de la quebrada con el cajón propuesto para la crecida de 100 años

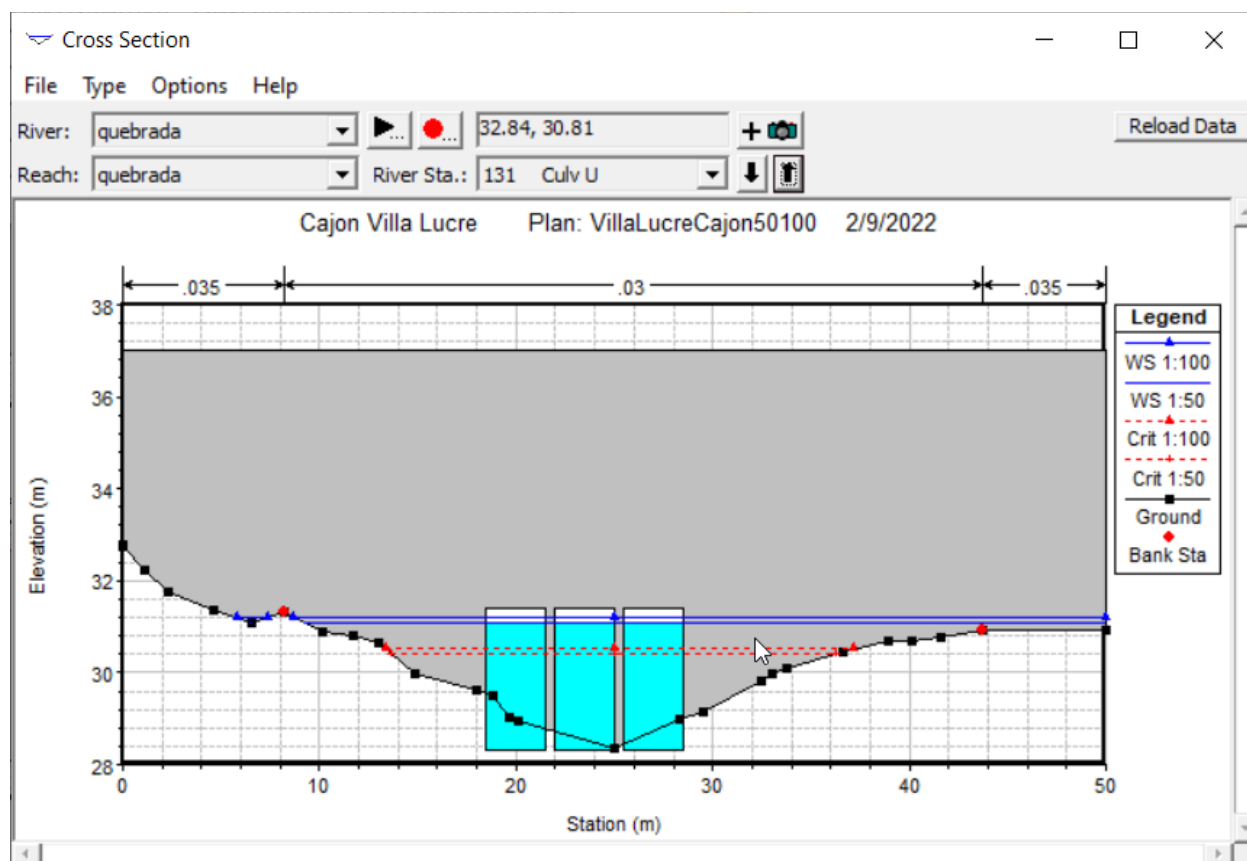


Figura 9 – Sección transversal del cajón

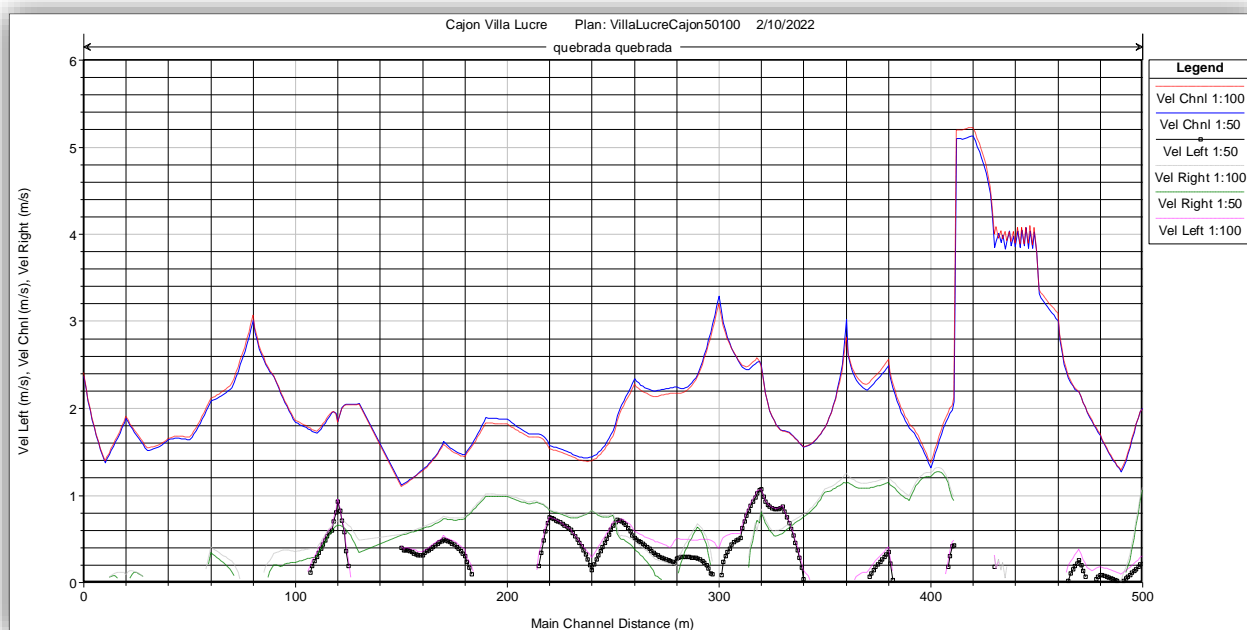


Figura 10 – Perfil de velocidades en el cauce de la quebrada

HEC-RAS Plan: Cajon50100 River: quebrada Reach: quebrada Profile: 1:50												Reload Data
Reach	River Sta	Q Total (m3/s)	Min Ch El (m)	W.S. Elev (m)	Crit W.S. (m)	E.G. Elev (m)	E.G. Slope (m/m)	Vel Chnl (m/s)	Flow Area (m2)	Top Width (m)	Froude # Chl	
quebrada	430.00	86.93	30.07	32.77	32.77	33.52	0.008684	3.85	22.57	15.55	1.01	
quebrada	420.00	86.93	29.93	31.95	32.38	33.29	0.024483	5.12	16.96	16.87	1.63	
quebrada	410.00	86.93	29.83	32.69		32.88	0.001840	1.98	48.34	36.23	0.49	
quebrada	400.00	86.93	29.77	32.75		32.83	0.000824	1.32	68.80	35.69	0.32	
quebrada	390.00	86.93	29.53	32.67		32.81	0.001240	1.77	55.72	36.57	0.41	
quebrada	380.00	86.93	29.49	32.51		32.78	0.002688	2.49	41.81	35.42	0.59	
quebrada	370.00	86.93	29.47	32.52		32.74	0.002135	2.21	45.92	35.26	0.53	
quebrada	360.00	86.93	29.29	32.24	32.22	32.68	0.006478	3.03	31.70	34.72	0.86	
quebrada	350.00	86.93	29.03	32.43		32.56	0.001315	1.78	57.62	39.06	0.42	
quebrada	340.00	86.93	29.13	32.43		32.54	0.001162	1.55	59.91	42.50	0.39	
quebrada	330.00	86.93	28.87	32.39		32.53	0.001211	1.75	59.35	48.56	0.40	
quebrada	320.00	86.93	28.65	32.25		32.51	0.001705	2.49	47.65	39.12	0.49	
quebrada	310.00	86.93	28.80	32.16		32.48	0.003125	2.51	35.41	25.67	0.62	
quebrada	300.00	86.93	28.85	31.88	31.68	32.43	0.006457	3.29	26.46	17.89	0.86	
quebrada	290.00	86.93	28.75	32.02		32.31	0.002650	2.39	37.24	30.88	0.58	
quebrada	280.00	86.93	28.63	32.01		32.27	0.002918	2.25	39.21	34.36	0.59	
quebrada	270.00	86.93	28.66	31.99		32.24	0.002755	2.20	39.83	30.31	0.58	
quebrada	260.00	86.93	28.48	31.93		32.20	0.002629	2.34	38.23	28.91	0.58	
quebrada	250.00	86.93	28.31	32.01		32.14	0.001028	1.75	62.37	49.65	0.38	
quebrada	240.00	86.93	28.29	32.03		32.12	0.000953	1.44	67.14	50.00	0.35	
quebrada	230.00	86.93	28.25	32.02		32.11	0.000685	1.49	71.57	47.29	0.31	
quebrada	220.00	86.93	28.24	32.00		32.10	0.000847	1.57	66.37	43.27	0.34	
quebrada	210.00	86.93	28.24	31.96		32.09	0.001064	1.71	57.36	34.41	0.38	
quebrada	200.00	86.93	28.24	31.92		32.08	0.001323	1.87	53.25	33.67	0.42	
quebrada	190.00	86.93	28.20	31.90		32.06	0.001364	1.89	52.67	33.64	0.42	
quebrada	180.00	86.93	28.15	31.93		32.03	0.000735	1.47	65.22	39.21	0.32	
quebrada	170.00	86.93	28.21	31.91		32.03	0.000710	1.62	64.06	39.09	0.32	
quebrada	160.00	86.93	28.34	31.93		32.01	0.000547	1.30	72.22	39.81	0.28	
quebrada	150.00	86.93	28.34	31.94	30.50	32.00	0.000433	1.12	83.39	48.14	0.25	
quebrada	131	Culvert										
quebrada	130.00	86.93	28.31	31.06		31.28	0.002297	2.05	44.14	45.23	0.54	
quebrada	120.00	86.93	28.29	31.09		31.24	0.001225	1.85	59.10	50.00	0.41	
quebrada	110.00	86.93	28.30	31.06		31.21	0.001408	1.71	51.54	37.80	0.43	
quebrada	100.00	86.93	28.11	31.02		31.19	0.001537	1.84	47.94	35.27	0.45	
quebrada	90.00	86.93	27.94	30.87		31.15	0.003187	2.36	36.96	26.87	0.62	
quebrada	80.00	86.93	27.94	30.64		31.10	0.005046	3.01	28.88	19.22	0.78	
quebrada	70.00	86.93	27.76	30.75		31.00	0.002457	2.24	38.86	24.73	0.56	
quebrada	60.00	86.93	27.60	30.75		30.97	0.002422	2.09	41.75	29.29	0.55	
quebrada	50.00	86.93	27.37	30.79		30.93	0.001319	1.64	53.13	33.01	0.41	
quebrada	40.00	86.93	27.24	30.77		30.91	0.001494	1.64	53.07	35.99	0.43	
quebrada	30.00	86.93	27.24	30.77		30.89	0.001069	1.52	57.34	33.67	0.37	
quebrada	20.00	86.93	27.24	30.69		30.87	0.001940	1.88	46.14	30.56	0.49	
quebrada	10.00	86.93	27.17	30.73		30.83	0.000997	1.37	63.25	41.48	0.36	
quebrada	0.00	86.93	27.14	30.51	29.93	30.79	0.003006	2.37	36.67	23.85	0.61	

Total flow in cross section.

Tabla 7 – Perfil de agua de la quebrada para la crecida de 50 años

Profile Output Table - Standard Table 1											
File Options Std. Tables Locations Help											
HEC-RAS Plan: Cajon50100 River: quebrada Reach: quebrada Profile: 1:100											Reload Data
Reach	River Sta	Q Total (m3/s)	Min Ch El (m)	W.S. Elev (m)	Crit W.S. (m)	E.G. Elev (m)	E.G. Slope (m/m)	Vel Chnl (m/s)	Flow Area (m2)	Top Width (m)	Froude # Chl
quebrada	430.00	93.13	30.07	32.81	32.85	33.63	0.008997	4.00	23.29	15.90	1.04
quebrada	420.00	93.13	29.93	32.00	32.44	33.39	0.024771	5.22	17.84	17.42	1.65
quebrada	410.00	93.13	29.83	32.75		32.95	0.001848	2.03	50.57	36.42	0.49
quebrada	400.00	93.13	29.77	32.81		32.90	0.000856	1.37	71.06	35.90	0.33
quebrada	390.00	93.13	29.53	32.73		32.88	0.001274	1.82	57.96	36.75	0.42
quebrada	380.00	93.13	29.49	32.56		32.85	0.002715	2.55	43.82	35.86	0.60
quebrada	370.00	93.13	29.47	32.57		32.80	0.002164	2.27	47.93	35.66	0.53
quebrada	360.00	93.13	29.29	32.39		32.76	0.005076	2.81	36.83	35.62	0.78
quebrada	350.00	93.13	29.03	32.53		32.66	0.001256	1.77	61.64	39.58	0.41
quebrada	340.00	93.13	29.13	32.53		32.65	0.001073	1.55	64.30	43.40	0.38
quebrada	330.00	93.13	28.87	32.50		32.63	0.001115	1.74	64.56	49.45	0.39
quebrada	320.00	93.13	28.65	32.36		32.61	0.001614	2.49	52.08	41.54	0.48
quebrada	310.00	93.13	28.80	32.26		32.58	0.002968	2.52	38.05	27.67	0.61
quebrada	300.00	93.13	28.85	32.02	31.77	32.54	0.005665	3.20	29.75	27.89	0.82
quebrada	290.00	93.13	28.75	32.15		32.43	0.002339	2.36	41.32	31.06	0.55
quebrada	280.00	93.13	28.63	32.16		32.39	0.002419	2.17	44.23	34.92	0.55
quebrada	270.00	93.13	28.66	32.14		32.37	0.002277	2.13	44.48	32.31	0.54
quebrada	260.00	93.13	28.48	32.08		32.34	0.002201	2.27	43.03	31.69	0.53
quebrada	250.00	93.13	28.31	32.17		32.29	0.000865	1.68	70.22	50.00	0.35
quebrada	240.00	93.13	28.29	32.18		32.27	0.000791	1.39	74.86	50.00	0.33
quebrada	230.00	93.13	28.25	32.17		32.26	0.000601	1.45	78.95	48.54	0.30
quebrada	220.00	93.13	28.24	32.15		32.25	0.000733	1.53	73.15	43.72	0.32
quebrada	210.00	93.13	28.24	32.12		32.24	0.000939	1.67	62.12	34.65	0.36
quebrada	200.00	93.13	28.24	32.08		32.23	0.001145	1.82	58.75	33.94	0.39
quebrada	190.00	93.13	28.20	32.07		32.22	0.001171	1.83	58.30	33.91	0.40
quebrada	180.00	93.13	28.15	32.10		32.19	0.000642	1.44	71.66	39.52	0.30
quebrada	170.00	93.13	28.21	32.07		32.19	0.000628	1.59	70.61	39.48	0.31
quebrada	160.00	93.13	28.34	32.09		32.17	0.000483	1.28	78.82	40.33	0.27
quebrada	150.00	93.13	28.34	32.10	30.56	32.16	0.000378	1.10	91.38	48.59	0.23
quebrada	131	Culvert									
quebrada	130.00	93.13	28.31	31.16		31.37	0.002112	2.04	48.52	45.42	0.52
quebrada	120.00	93.13	28.29	31.19		31.33	0.001139	1.84	63.99	50.00	0.40
quebrada	110.00	93.13	28.30	31.15		31.30	0.001334	1.73	55.06	37.97	0.42
quebrada	100.00	93.13	28.11	31.11		31.29	0.001485	1.86	51.20	35.44	0.44
quebrada	90.00	93.13	27.94	30.96		31.25	0.003126	2.37	39.66	29.65	0.62
quebrada	80.00	93.13	27.94	30.72		31.19	0.005064	3.07	30.36	19.68	0.79
quebrada	70.00	93.13	27.76	30.83		31.09	0.002417	2.28	40.93	26.13	0.56
quebrada	60.00	93.13	27.60	30.83		31.06	0.002333	2.11	44.27	29.94	0.54
quebrada	50.00	93.13	27.37	30.88		31.02	0.001294	1.66	55.98	33.40	0.41
quebrada	40.00	93.13	27.24	30.86		31.00	0.001508	1.65	56.32	37.89	0.43
quebrada	30.00	93.13	27.24	30.86		30.98	0.001048	1.55	60.28	33.81	0.37
quebrada	20.00	93.13	27.24	30.78		30.96	0.001933	1.90	48.90	31.89	0.49
quebrada	10.00	93.13	27.17	30.82		30.92	0.000954	1.39	66.99	41.67	0.35
quebrada	0.00	93.13	27.14	30.59	30.01	30.89	0.003004	2.41	38.67	24.55	0.61
Total flow in cross section.											

Tabla 8 – Perfil de agua de la quebrada para la crecida de 100 años

3. Conclusiones y Recomendaciones

El análisis anterior incluye los aspectos hidrológicos de la quebrada en el lugar donde se va a construir el cajón. Este fue un primer paso que luego fue complementado con un análisis hidráulico sobre la base de topografías especiales.

El análisis hidráulico muestra los niveles de aguas máximas esperadas en cada sección del río para la condición natural con la colocación del cajón propuesto. Estos resultados les servirán a los desarrolladores para estimar los niveles seguros de terracerías, carreteras o posibles protecciones a las propiedades aledañas. El análisis anterior no contempla las posibles obstrucciones por basura o escombros, por lo tanto, se recomienda un programa de mantenimiento periódico para evitar la acumulación de estas posibles obstrucciones.

