

ESTUDIO HIDROLÓGICO E HIDRÁULICO DEL BRAZO RAMAL DEL RÍO CAIMITO



FECHA:

ENERO DE 2017

Contenido

1.	INTRODUCCIÓN	91
1.1.	UBICACIÓN	91
1.2.	INFORMACIÓN CARTOGÁFICA	91
1.3.	ANÁLISIS CLIMÁTICO DEL ÁREA DE LA CUENCA EN ESTUDIO	92
2.	ESTUDIO HIDROLÓGICO	92
2.1.	MÉTODOS USADOS PARA DETERMINAR LAS CRECIDAS PARA EL DISEÑO.....	92
2.2.	ÁREAS DE DRENAJE	93
2.3.	MÉTODO REGIONAL	94
2.3.1.	Metodología de Análisis	94
3.	EVALUACIÓN DE LA CAPACIDAD DE DESCARGA DEL CAUCE	101
3.1.	BASE DE DATOS EN EL HEC RAS.....	101
3.1.1.	Geometría del cauce	101
3.2.	CRITERIOS DE ANALISIS Y DISEÑO	102
3.3.	ANÁLISIS HIDRAULICO	102
3.3.1.	RESULTADOS	103
4.	CONCLUSIONES	106
5.	RECOMENDACIONES	106
	BIBLIOGRAFIA.....	106
6.	ANEXOS	107

1. INTRODUCCIÓN

En el siguiente informe se presentarán los resultados del Estudio Hidrológico e Hidráulico para la verificación de los niveles del cauce donde descarga el sistema pluvial del sistema de Loma de Mastranto, ubicado en el corregimiento de Barrio Colón -Provincia de Panamá Oeste.

El Estudio tiene como objetivo estimar las condiciones hidráulicas e hidrológicas, así como es el comportamiento de este cuerpo receptor.

Este estudio presenta el análisis hidrológico desarrollado para la obtención del caudal máximo de diseño para un Periodo de Retorno en 1 a 50 años. Utilizando los datos del caudal máximo, se procedió a realizar la simulación hidráulica para estimar los niveles de creciente, información utilizada para establecer el nivel crítico en la zona en un evento extremo. Para realizar el presente estudio, se hizo uso de información representada por: fotografías, investigaciones de campo y levantamientos topográficos del tramo del cauce río recomendaciones, resultados de los diferentes análisis realizados y que sirven respaldo del diseño.

1.1. UBICACIÓN

El cauce se ubica en la Provincia de Panamá Oeste en el Distrito de La Chorrera, corregimiento de Barrio Colón.

1.2. INFORMACIÓN CARTOGÁFICA

Se realizó un levantamiento topográfico del cauce del río tanto aguas arriba como aguas abajo de la estructura, para contar con las secciones transversales necesarias para realizar el estudio hidráulico utilizando el software HEC-RAS 5.0.3. Además, se contó con una localización complementaria del área de estudio para la identificación de las características de las cuencas.

1.3. ANÁLISIS CLIMÁTICO DEL ÁREA DE LA CUENCA EN ESTUDIO

En la región centroamericana, Panamá es quizás el país en el que los fenómenos físicos climáticos ocurren con menor intensidad. Algunos de los huracanes que afectan el Caribe y el Pacífico, en ocasiones dejan sentir sus efectos en nuestro país, porque activan la Zona de Convergencia Intertropical (ZCIT) intensificando las lluvias. Afortunadamente Panamá se ubica fuera de la ruta que generalmente siguen estos fenómenos meteorológicos.

La precipitación promedio anual en esta área está en el orden de 2500mm. Los meses de mayor precipitación son septiembre, octubre y noviembre y los de menor precipitación, febrero y marzo.

La zona está parcialmente poblada, con asentamientos de personas en distintos puntos del camino, por lo que es una zona básicamente rural. En las zonas altas, cuenta con gran cantidad de vegetación y en las zonas bajas son áreas con zonas dedicadas a la ganadería y agricultura.

En esta región llueve durante casi todo el año. Entre enero y marzo se registran escasas lluvias provocadas muchas de ellas, por las incursiones de los sistemas frontales del hemisferio norte hacia las latitudes tropicales; en el resto del año las lluvias son abundantes e intensas y están asociadas a los sistemas atmosféricos tropicales que se desplazan sobre la Cuenca del Pacífico, a la brisa marina y al calentamiento diurno de la superficie terrestre.

2. ESTUDIO HIDROLÓGICO

2.1. MÉTODOS USADOS PARA DETERMINAR LAS CRECIDAS PARA EL DISEÑO

Para la determinación de las crecidas de diseño del puente se pueden utilizar los siguientes métodos de análisis:

- Método Regional
- Método Racional

Considerando que el método racional se utiliza en cuencas que no sobrepasen las 250 Ha, se utilizó el Método Regional para determinar los caudales de crecidas.

2.2. ÁREAS DE DRENAJE

A partir de información de curvas de nivel generadas por Civil 3D se definió y calculó la cuenca 9 hectáreas de drenaje y otros parámetros fisiográficos. En la figura 1 se presenta la cuenca de drenaje del cauce.



2.3. MÉTODO REGIONAL

En octubre de 1986 la empresa Lavalin International presentó en su estudio de Proyectos Hidroeléctricos de Mediana Capacidad un anexo titulado “Análisis Regional de Crecidas Máximas”. En el mismo, se establece una metodología que permite estimar la frecuencia de crecidas máximas que pueden ocurrir en un sitio determinado de un río. Su uso es adecuado especialmente para aquellas cuencas no controladas, ya que, solo se requiere conocer el área de drenaje de la cuenca hasta el sitio en estudio (punto de control) y su ubicación en el país (región o zona). Este análisis se basó fundamentalmente en la información de 55 estaciones limnigráficas o de registro continuo de nivel, de las cuales 49 eran operadas por el entonces Instituto de Recursos Hidráulicos y Electrificación (IRHE) y 6 por la Comisión del Canal de Panamá (ACP). Posteriormente ETESA elabora un informe con el propósito de actualizar el Análisis Regional de Crecidas Máximas de Panamá, que data del año 1986, y de poner a disposición de promotores y diseñadores, una aplicación que permita estimar los caudales para diseño de estructuras hidráulicas con distintos períodos de recurrencia a partir del área de drenaje de la cuenca, hasta el sitio de interés en kilómetros cuadrados y de su ubicación en el país.

2.3.1. Metodología de Análisis

Para elaborar el mapa de regionalización de crecidas máximas se utilizó la siguiente metodología.

- Recopilación de la información de crecidas máximas anuales.
- Revisión, extensión y relleno a nivel anual de la información de caudales máximos instantáneos.
- Determinación de las relaciones que definen la crecida media anual y el área de la cuenca.
- Elaboración de las curvas de frecuencia adimensional generalizada.
- Determinación de las regiones hidrológicamente homogéneas.
- Elaboración del mapa que muestra las distintas regiones.

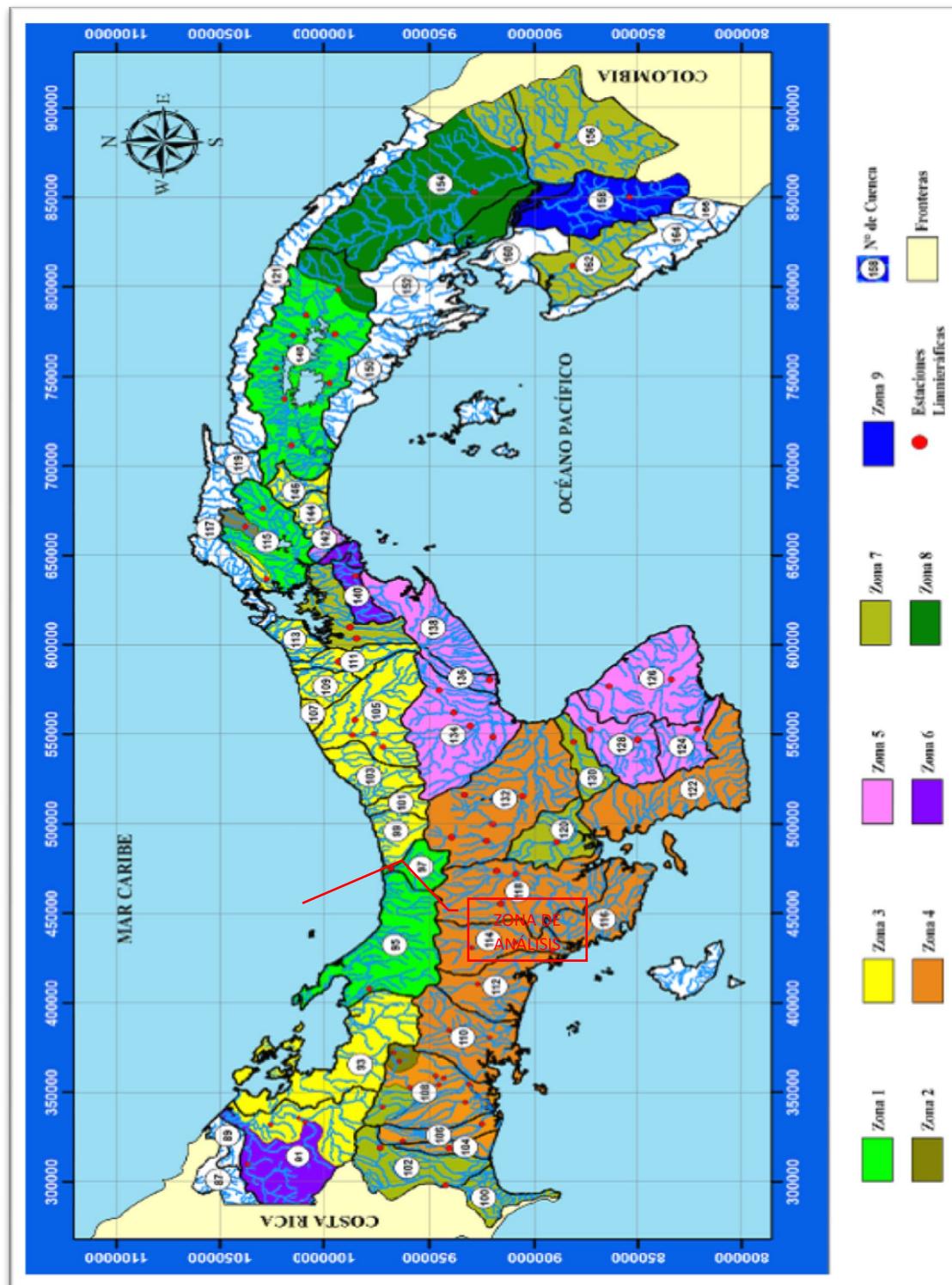
- Aplicación del Método “Análisis Regional de Crecidas Máximas”

El área de estudio está ubicada en la “**Zona 6**” (Figura 2), por lo que K es 14. Los caudales para los períodos de recurrencia 100 años, se pueden calcular de la siguiente manera:

Zona	Número de ecuación	Ecuación	Distribución de frecuencia
1	1	$Q_{máx} = 34A^{0.59}$	Tabla # 1
2	1	$Q_{máx} = 34A^{0.59}$	Tabla # 3
3	2	$Q_{máx} = 25A^{0.59}$	Tabla # 1
4	2	$Q_{máx} = 25A^{0.59}$	Tabla # 4
5	3	$Q_{máx} = 14A^{0.59}$	Tabla # 1
6	3	$Q_{máx} = 14A^{0.59}$	Tabla # 2
7	4	$Q_{máx} = 9A^{0.59}$	Tabla # 3
8	5	$Q_{máx} = 4.5A^{0.59}$	Tabla # 3
9	2	$Q_{máx} = 25A^{0.59}$	Tabla # 3

Cuadro 1 – Delimitación de las regiones hidrológicamente homogéneas.

Figura 2 – Mapa de las Regiones Hidrológicamente Homogéneas



$$Q_{promedio} = KA^{0.59}$$

En donde

$Q_{promedio}$ = Caudal promedio en $m^3/\text{seg.}$

K = Constante que depende de la región o zona

A = Área de drenaje de la cuenca en Km^2

$$Q_{max} = Factor (Q_{promedio})$$

$Q_{máx.}$ = Caudal máximo en $m^3/\text{seg.}$

Factor = Constante que depende del periodo de retorno

$Q_{promedio}$ = Caudal promedio en $m^3/\text{seg.}$

Remplazando en ecuación tenemos:

Ecuación de nuevo análisis de crecidas $Q_{prom} = 14 A^{0.59}$

<i>Factores $Q_{máx.}/Q_{prom.máx}$ para distintos Tr.</i>				
<i>Tr, años</i>	<i>Tabla # 1</i>	<i>Tabla # 2</i>	<i>Tabla # 3</i>	<i>Tabla # 4</i>
1.005	0.28	0.29	0.3	0.34
1.05	0.43	0.44	0.45	0.49
1.25	0.62	0.63	0.64	0.67
2	0.92	0.93	0.92	0.93
5	1.36	1.35	1.32	1.30
10	1.66	1.64	1.6	1.55
20	1.96	1.94	1.88	1.78
50	2.37	2.32	2.24	2.10
100	2.68	2.64	2.53	2.33
1,000	3.81	3.71	3.53	3.14
10,000	5.05	5.48	4.6	4.00

Cuadro 2 – Factores para diferentes períodos de retorno en años.

Cuadro 3 – Calculo del Caudal de Diseño

ÁREA DE DRENAJE (km ²)	ZONA N°	Qprom	factor	Q 1:50 (m ³ /s)
0.09	6	3.38	2.32	7.84

Utilizando el método racional y la intensidad obtenida del estudio complementario del sistema cerrado Según el Manual de Aprobación de Planos del Ministerio de Obras Públicas, la intensidad de la lluvia para un periodo de retorno de 1:50 años, medido en pulgada/hora está dado por:

$$I = \frac{370}{33 + T_c}$$

I = Intensidad del lluvia (pulg/hora)

T_c = Tiempo de concentración (minutos)

Donde

$$T_c = \left[\left(\frac{0.866 \times L^3}{\Delta H} \right) \right]^{0.385}$$

T_c = Tiempo de concentración (hora)

L = Longitud del terreno (kilómetros)

H = Diferencia de elevación en el terreno (metros)

Las condiciones de los parámetros anteriormente serán tomadas atendiendo a la longitud y diferencia de elevación más crítica sobre el terreno.

$$T_c = \left[\left(\frac{0.866 \times 0.500^3}{100 - 35} \right) \right]^{0.385}$$

$$T_c = 0.0851 \text{ horas.}$$

$$T_c = 5.11 \text{ minutos.}$$

Remplazando obtenemos:

$$I = \frac{370}{33 + 5.11}$$

$$I = 9.7087 \text{ pulg./hora}$$

$$I = 246.60 \text{ mm/hora}$$

Tenemos

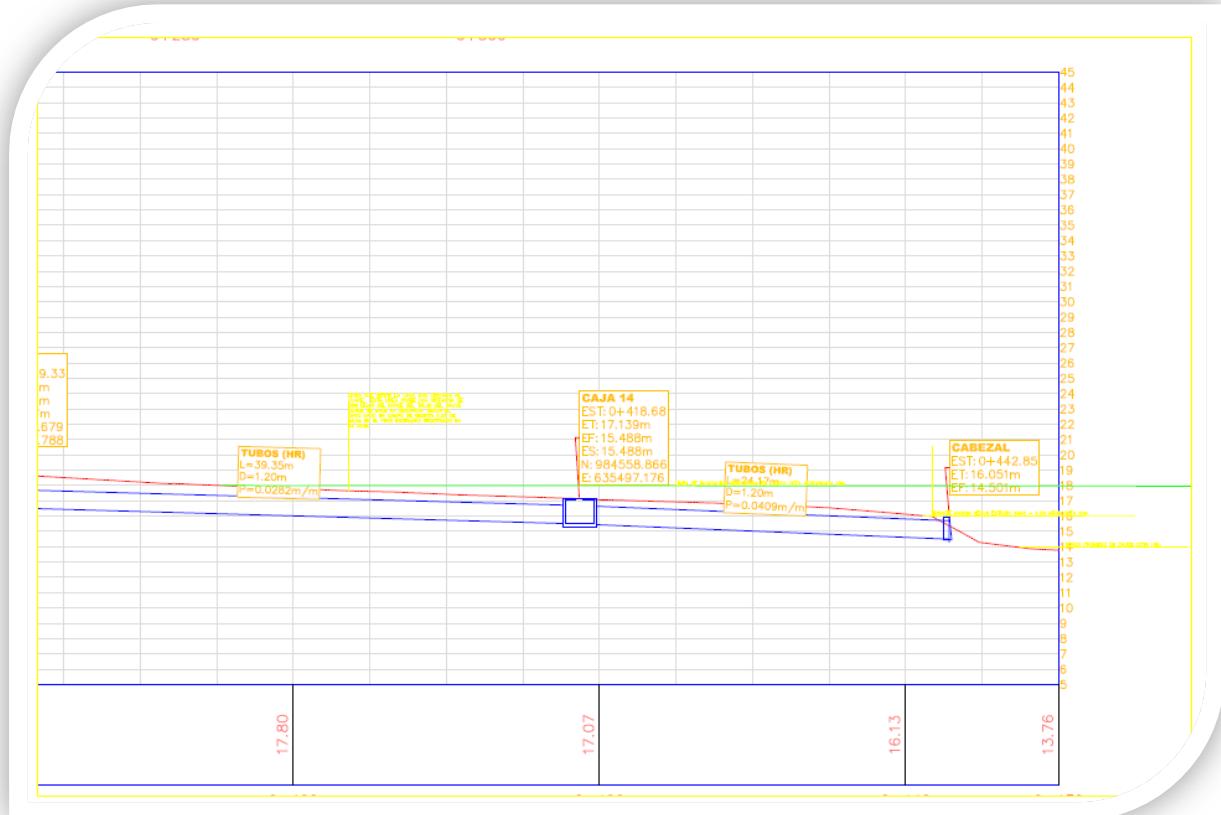
Área de la cuenca 9 hectáreas

$$Q = CIA / 360$$

$$Q = 0.85 \times 246.6 \times 9 / 360 = 5.24 \text{ m}^3/\text{seg.}$$

Al considerar un incremento de caudal de un 3.88 veces el valor normal por la entrada de caudal del río Caimito hacia este brazo analizado definimos un valor de 20.37 m³/seg. Este valor representa una estimación a un periodo de recurrencia de 1:1000 años.

Estaremos considerando el método racional debido a la condición de hectáreaje que se analiza que es menor de 250 hectáreas.



La imagen adjunta muestra un perfil que contiene tres niveles de cotas.

El primero es un promedio del fondo donde se encuentra descargando la tubería a una cota de 14 metros.

El segundo nivel que se muestra es el dato mas critico analizado con una sección ideal para un periodo de diseño de 50 años con una cota de 16m. Esto quiere decir que el cauce crece hasta 2 metros de altura con la peor lluvia registrada en este periodo de diseño.

El tercer nivel que se encuentra registrado en la cota 18, que es un nivel que según la investigación de campo se logra obtener con las consultas a las personas de la zona. Este nivel solo se ha registrado una vez, pero es posible que es la referencia más cercana que se pueda manejar.

3. EVALUACIÓN DE LA CAPACIDAD DE DESCARGA DEL CAUCE

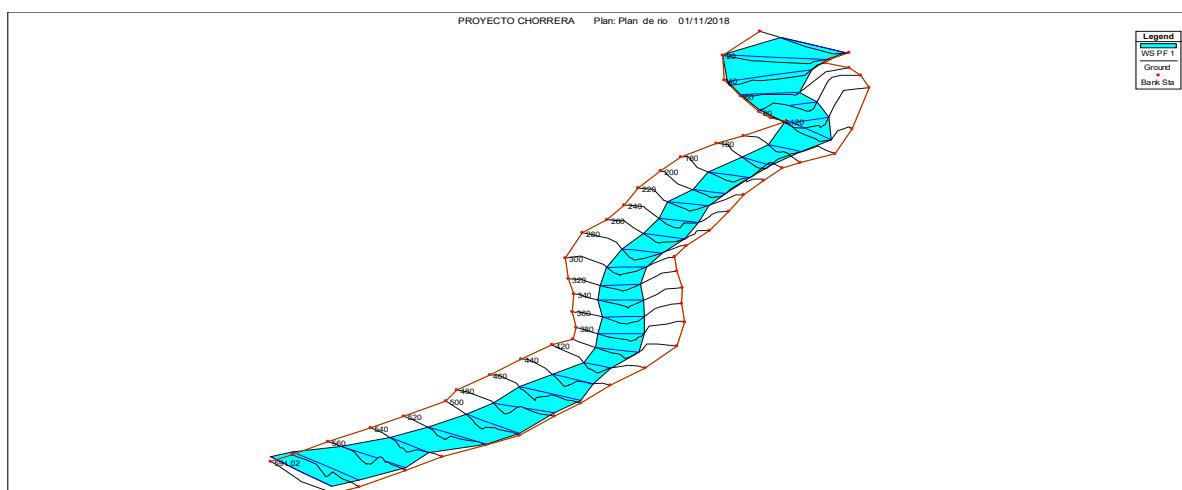
Con el caudal de diseño determinada se procedió a evaluar la capacidad hidráulica de descarga del cauce principal. Para realizar el análisis, se utilizó el HEC RAS, versión 5.0.3, que es un modelo matemático hidrodinámico que calcula las alturas del nivel del agua en función del caudal a régimen permanente y las condiciones topográficas del cauce natural. Este programa, elaborado por el Hydrologic Engineering Center (HEC) del US Army Corps of Engineers (USACE), con muchas mejoras con respecto a sus versiones facilita las labores de análisis de los datos de entrada e interpretación de los resultados.

3.1. BASE DE DATOS EN EL HEC RAS

A la hora de realizar una simulación de crecidas en HEC RAS es necesario la introducción de la geometría del cauce, incluyendo las variaciones de las rugosidades a lo largo del mismo, además de la información del flujo.

3.1.1. Geometría del cauce

La geometría del cauce del primer cruce sobre el Río Marica fue determinada a través de levantamientos de secciones transversales del cauce de la quebrada, tomando puntos de nivel para generar la topografía de la zona de estudio. La localización de estas secciones transversales se presenta en la figura 3.



Los valores de la “n” de Manning se adoptaron en función de los materiales que forman los lechos de los ríos y sus planicies de inundación. Para este río se seleccionaron para los cauces principales los valores “n” siguientes:

- Fondo del canal 0.020 a 0.025 (según sea en curva o en recta del cauce)
- Taludes 0.038 a 0.048 (arbustos pequeños, pastos y otros obstáculos de regular tamaño)

3.2. CRITERIOS DE ANALISIS Y DISEÑO

De acuerdo al manual de procedimientos de aprobación de Planos del Ministerio de Obras Públicas El MOP se tienen los siguientes criterios de análisis y diseño:

- El Periodo de retorno para el diseño sobre cauces es de uno en cien años (1: 50 años).
- Para puentes sobre cauces se deberá calcular la sección hidráulica e hidrológica de acuerdo a los parámetros indicados. La distancia libre entre el NAME (Nivel de Aguas Máximas) y el nivel inferior de viga, no deberá ser menor de 1.80m.

3.3. ANÁLISIS HIDRAULICO

El análisis hidráulico fue dirigido a determinar el perfil de agua y sus elevaciones para la crecida de diseño en base a:

- La información hidrológica determinada previamente,
- La información topográfica levantada en campo u obtenida de las curvas de nivel generadas por CIVIL 3D,
- El efecto de las planicies de inundación.

3.3.1. RESULTADOS

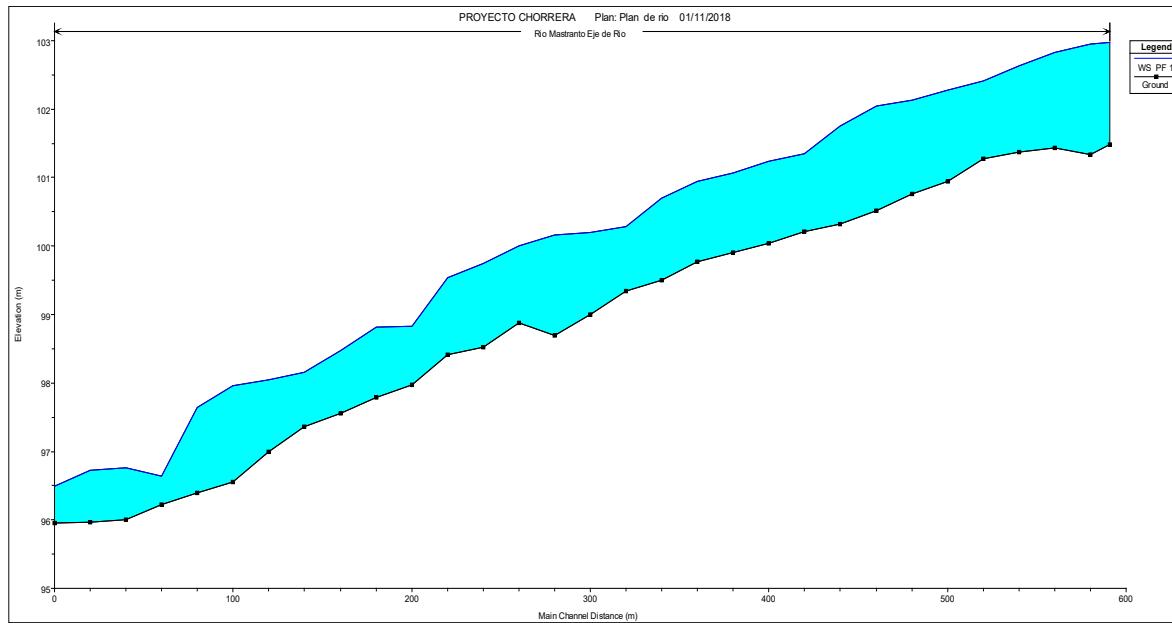
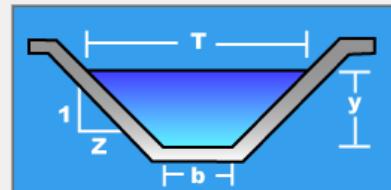


Figura 5 – Perfil Longitudinal

Cuadro 5 – Resumen de Resultados

Reach	River Sta	Profile	Q Total	Min Ch El	W.S. Elev	Crit W.S.	Tirante	E.G. Elev	E.G. Slope	Vel Chnl	Flow Area	Top Width	Froude # Chl
			(m ³ /s)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m/m)	(m/s)	(m ²)	(m)	
Eje de Rio	591.02	Qdiseño	20.37	101.48	102.98	102.1	1.50	102.99	0.000162	0.45	45.48	40	0.13
Eje de Rio	580	Qdiseño	20.37	101.33	102.96		1.63	102.98	0.0008	0.72	28.15	40	0.28
Eje de Rio	560	Qdiseño	20.37	101.43	102.83		1.40	102.94	0.005326	1.45	14.02	29.55	0.67
Eje de Rio	540	Qdiseño	20.37	101.37	102.63	102.55	1.26	102.81	0.007897	1.86	10.93	21.65	0.84
Eje de Rio	520	Qdiseño	20.37	101.28	102.42	102.42	1.14	102.61	0.012741	1.94	10.5	28.06	1.01
Eje de Rio	500	Qdiseño	20.37	100.95	102.28	102.04	1.33	102.36	0.002877	1.23	16.59	28.66	0.52
Eje de Rio	480	Qdiseño	20.37	100.76	102.13		1.37	102.27	0.006115	1.67	12.17	22.7	0.73
Eje de Rio	460	Qdiseño	20.37	100.52	102.05		1.53	102.15	0.004625	1.45	14.09	26.8	0.64
Eje de Rio	440	Qdiseño	20.37	100.33	101.75	101.75	1.42	102	0.011458	2.23	9.13	18.13	1
Eje de Rio	420	Qdiseño	20.37	100.21	101.35	101.41	1.14	101.74	0.013319	2.79	7.31	11.55	1.12

Eje de Rio	400	Qdiseño	20.37	100.05	101.24	101.24	1.19	101.51	0.011027	2.29	8.9	16.57	1
Eje de Rio	380	Qdiseño	20.37	99.9	101.07	100.98	1.17	101.27	0.00714	2	10.21	16.88	0.82
Eje de Rio	360	Qdiseño	20.37	99.77	100.94		1.17	101.14	0.006127	1.97	10.35	15.58	0.77
Eje de Rio	340	Qdiseño	20.37	99.5	100.7	100.7	1.20	100.97	0.011178	2.28	8.92	16.89	1
Eje de Rio	320	Qdiseño	20.37	99.34	100.28	100.37	0.94	100.67	0.018027	2.79	7.31	14.75	1.26
Eje de Rio	300	Qdiseño	20.37	99	100.2	100.06	1.20	100.4	0.005844	1.97	10.32	14.87	0.76
Eje de Rio	280	Qdiseño	20.37	98.69	100.16		1.47	100.3	0.003256	1.63	12.53	15.51	0.58
Eje de Rio	260	Qdiseño	20.37	98.88	100		1.12	100.2	0.006502	1.98	10.3	16.14	0.79
Eje de Rio	240	Qdiseño	20.37	98.53	99.75	99.74	1.22	100.03	0.010681	2.34	8.69	15.15	0.99
Eje de Rio	220	Qdiseño	20.37	98.42	99.53	99.53	1.11	99.81	0.01092	2.35	8.67	15.49	1
Eje de Rio	200	Qdiseño	20.37	97.97	98.83	99.02	0.86	99.44	0.030967	3.46	5.9	12.9	1.63
Eje de Rio	180	Qdiseño	20.37	97.79	98.82	98.82	1.03	99.09	0.011235	2.31	8.8	16.46	1.01
Eje de Rio	160	Qdiseño	20.37	97.55	98.48	98.53	0.93	98.84	0.014006	2.65	7.7	13.76	1.13
Eje de Rio	140	Qdiseño	20.37	97.36	98.15	98.23	0.79	98.53	0.016109	2.74	7.44	14.12	1.2
Eje de Rio	120	Qdiseño	20.37	96.99	98.04	97.64	1.05	98.1	0.001401	1.01	20.13	27.23	0.38
Eje de Rio	100	Qdiseño	20.37	96.55	97.96		1.41	98.06	0.002155	1.38	14.79	17.03	0.47
Eje de Rio	80	Qdiseño	20.37	96.39	97.64	97.64	1.25	97.95	0.011242	2.48	8.22	13.15	1
Eje de Rio	60	Qdiseño	20.37	96.22	96.63	96.84	0.41	97.41	0.094286	3.91	5.21	21.83	2.55
Eje de Rio	40	Qdiseño	20.37	96.01	96.76	96.46	0.75	96.81	0.001663	0.98	20.77	33.57	0.4
Eje de Rio	20	Qdiseño	20.37	95.96	96.73		0.77	96.77	0.00173	0.94	21.67	38.63	0.4
Eje de Rio	0	Qdiseño	20.37	95.95	96.5	96.5	0.55	96.68	0.012461	1.91	10.65	28.83	1.01

Lugar:	<input type="text"/>	Proyecto:	<input type="text"/>																				
Tramo:	<input type="text"/>	Revestimiento:	<input type="text"/>																				
Datos:																							
Caudal (Q):	5.24 m ³ /s	Perímetro (p):	6.1297 m																				
Ancho de solera (b):	3.4 m	Radio hidráulico (R):	0.6873 m																				
Talud (Z):	1	Velocidad (v):	1.2439 m/s																				
Rugosidad (n):	0.028	Energía específica (E):	1.0439 m-Kg/Kg																				
Pendiente (S):	.002 m/m	Cuidado velocidad erosiva																					
Resultados: <table border="1"> <tr> <td>Tirante normal (y):</td> <td>0.9651 m</td> <td>Perímetro (p):</td> <td>6.1297 m</td> </tr> <tr> <td>Área hidráulica (A):</td> <td>4.2127 m²</td> <td>Radio hidráulico (R):</td> <td>0.6873 m</td> </tr> <tr> <td>Espejo de agua (T):</td> <td>5.3302 m</td> <td>Velocidad (v):</td> <td>1.2439 m/s</td> </tr> <tr> <td>Número de Froude (F):</td> <td>0.4467</td> <td>Energía específica (E):</td> <td>1.0439 m-Kg/Kg</td> </tr> <tr> <td>Tipo de flujo:</td> <td>Subcrítico</td> <td colspan="2">Cuidado velocidad erosiva</td> </tr> </table>				Tirante normal (y):	0.9651 m	Perímetro (p):	6.1297 m	Área hidráulica (A):	4.2127 m ²	Radio hidráulico (R):	0.6873 m	Espejo de agua (T):	5.3302 m	Velocidad (v):	1.2439 m/s	Número de Froude (F):	0.4467	Energía específica (E):	1.0439 m-Kg/Kg	Tipo de flujo:	Subcrítico	Cuidado velocidad erosiva	
Tirante normal (y):	0.9651 m	Perímetro (p):	6.1297 m																				
Área hidráulica (A):	4.2127 m ²	Radio hidráulico (R):	0.6873 m																				
Espejo de agua (T):	5.3302 m	Velocidad (v):	1.2439 m/s																				
Número de Froude (F):	0.4467	Energía específica (E):	1.0439 m-Kg/Kg																				
Tipo de flujo:	Subcrítico	Cuidado velocidad erosiva																					
 Calcular		 Limpiar Pantalla	 Imprimir	 Menú Principal	 Calculadora																		
Ingresar el nombre del tramo del canal		10-07-16	06/01/2017																				

4. CONCLUSIONES

De acuerdo a la información disponible, los análisis realizados y presentados en este informe se concluyó:

- El cauce, hasta el sitio de salida al Río Caimito se tiene una cuenca de drenaje $A = 9.0\text{hectáreas}$, con un caudal $Q = 5.24 \text{ m}^3/\text{seg}$ asociado a una crecida con un periodo de retorno de 50 años y un tirante no mayor a un 1.0 con una sección ideal y al realizar una comparación con un incremento de caudal de $20.37 \text{ m}^3/\text{seg}$ vemos que el comportamiento de la sección normal maneja bastante bien este caudal. Luego, aunque la salida del sistema de tubería quedase sumergida o ahogada posee la capacidad de evacuar el caudal sin problemas; debido a la pendiente y gradiente que posee.
- De acuerdo a las simulaciones realizadas el nivel de aguas máximas extraordinarias, NAME, estimado mediante la simulación hidráulica de la crecida en el cauce se estableció el $\text{NAME} = +1.63 \text{ msnm}$.
- Las velocidades no sobrepasan los $V = 4 \text{ m/seg}$

5. RECOMENDACIONES

- Se recomienda prestar una limpieza y conformación del cauce de descarga para mejorar las condiciones hidráulicas.

BIBLIOGRAFIA

EMPRESA DE TRANSMISION ELECTRICA, S.A. (ETESA) – Resumen técnico, Análisis Regional de Crecidas Máximas de Panamá, Periodo 1971-2006.

U.S. ARMY CORPS OF ENGINEERS – HYO ENGINEERING CENTER. HEC RAS – River Analysis System, User Manual, Version 4.1. January 2010.

6. ANEXOS

Secciones del cauce.

