



## INDICE DE CONTENIDO

INTRODUCCIÓN.....	3
A. Aspectos Climatológicos del área en Estudio .....	4
1. Ubicación.....	4
1.1. Ubicación de Área de Estudio .....	4
1.2. Ubicación del Proyecto .....	5
1.3. Ubicación de la cuenca hidrográfica .....	7
1.4. Localización de la Estación Hidrometeorológica.....	11
2. Temperatura Promedio en el Sitio.....	13
3. Evaporación en el Área del Proyecto .....	14
4. Precipitación en el Área del Proyecto .....	14
5. Vientos .....	15
B. Modelación Hidrológica .....	17
1. Metodología de Modelación Hidrológica .....	17
2. Área de Drenaje .....	17
3. Análisis de la Precipitación.....	20
4. Método de estimación de las pérdidas del aguacero .....	21
5. Método del bloque alternativo.....	26
6. Caudal de diseño.....	28
C. Modelación Hidráulica .....	30
1. Modelo HEC-RAS.....	30
2. Resultados de la Modelación Hidráulica en HEC-RAS.....	31
D. Conclusiones .....	34
E. Bibliografía .....	34
F. Anexos.....	35



*Ena de J. Moruno Q.*  
*Ingeniero Sanitario*  
*29/5/23*



## INTRODUCCIÓN

El presente informe hidrológico e hidráulico de Río Chico, es desarrollado para el proyecto Nueva Policlínica de Antón, ya que este se encuentra a aproximadamente 40 metros de la línea central del cuerpo de agua.

El objetivo principal del estudio hidrológico es definir el área de drenaje que influye hasta el proyecto y determinar el caudal máximo de diseño requerido. Por su parte, el estudio hidráulico tiene como objetivo definir el nivel máximo de crecida para conocer las características y magnitud de las posibles afectaciones que la creciente pudiera producir sobre el proyecto, y de esta forma construir el proyecto con un nivel de terracería seguro.

Para el análisis hidrológico se determinaron distintos parámetros como el tiempo de concentración, intensidades de lluvia, números de curva, entre otros. Esta modelación se logra con la ayuda de programas HEC-HMS (para el modelo hidrológico) y HEC-RAS (para el modelo hidráulico) desarrollados por el Cuerpo de Ingenieros del Ejército de los Estados Unidos.



Era d.f. Moreno O.  
Ingeniero Sanitario  
29/5/23

## A. Aspectos Climatológicos del área en Estudio

### 1. Ubicación

#### 1.1. Ubicación de Área de Estudio

El cauce en estudio está ubicado en el distrito de Antón, en la provincia de Coclé, el cual tiene como coordenadas 8°25'0" N y 80°12'0" W en formato DMS (grados, minutos, segundos) o 8.41667 y -80.2 (en grados decimales). Su posición UTM es NK83 y su referencia Joint Operation Graphics es NC17-15.

**Mapa N° NPA-01      República de Panamá – Mapa Político**



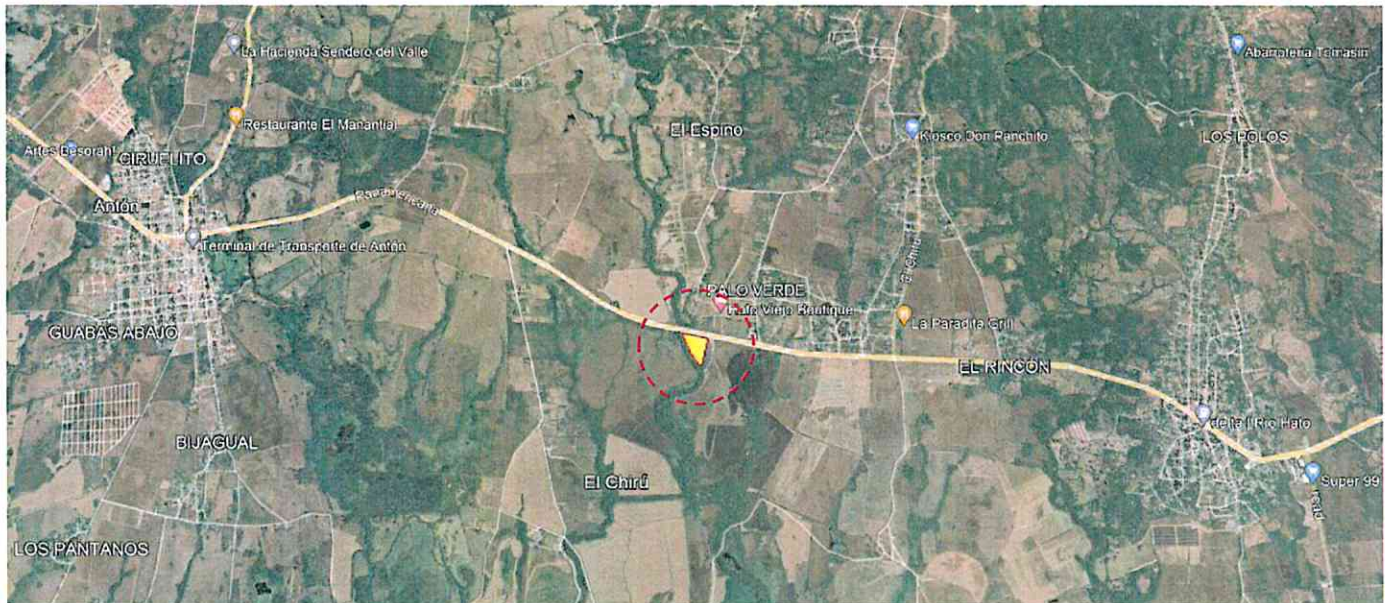
*VºBº*  
*Era d. f. Moreno O.*  
*Ingeniero Santarosa*  
*29/5/23*

## 1.2. Ubicación del Proyecto

Los predios del proyecto Nueva Policlínica de Antón comprenden un área de 5 Has aproximadamente. Está localizado aproximadamente a 6 km de la Terminal de Transporte de Antón, y a aproximadamente 5.5 km del Centro de Salud de Río Hato, provincia de Coclé.

El acceso se realiza por la Carretera Interamericana, a aproximadamente 35 m. Esta localización se puede apreciar gráficamente en las figuras N° NPA-01 y N° NPA-02.

**Figura N° NPA-01 Ubicación Regional del Proyecto**



*Ena de J. Merino*  
Ingeniero Sanitario  
29/5/23



Figura N° NPA-02 Ubicación Ampliada del Proyecto



Ena de J. Moruno Q.  
Ingeniero Sanitario  
29/5/23



### 1.3. Ubicación de la cuenca hidrográfica

El polígono del proyecto se encuentra ubicado dentro de la Cuenca Hidrográfica Ríos entre el Antón y Caimito, ubicada geográficamente en la provincia de Coclé, República de Panamá.

Según la gerencia de Hidrometeorología de la empresa ETESA, la cuenca está identificada con el código 138 de acuerdo con el sistema de clasificación nacional de cuencas de Panamá. La superficie de esta cuenca es de aproximadamente 1,476 km<sup>2</sup>.



**Cuadro N° NPA-01**

CUENCAS HIDROGRÁFICAS DE PANAMÁ				
N° de Cuenca	Nombre del Río	Área total de la cuenca(Km2)	Longitud del Río(Km)	Río principal de la Cuenca
87	Río Sixaola *	509.4	146.0	Sixaola
89	Ríos entre el Sixaola y Changuinola	222.5	37.3	San San
91	Río Changuinola	3202.0	110.0	Changuinola
93	Ríos entre Changuinola y Cricamola	2121.0	51.9	Guariviara
95	Río Cricamola y entre Cricamola y Calovébora	2364.0	62.0	Cricamola
97	Río Calovébora	485.0	39.0	Calovébora
99	Ríos entre Calovébora y Veraguas	402.2	44.8	Concepción
100	Río Coto y Vecinos *	560.0	52.0	Palo Blanco
101	Río Veraguas	322.8	46.0	Veraguas
102	Río Chiriquí Viejo	1376.0	161.0	Chiriquí Viejo
103	Río Belén y entre R. Belén y R. Coclé del Norte	817.0	55.6	Río Belén
104	Río Escárrea	373.0	81.0	Escárrea
105	Río Coclé del Norte	1710.0	75.0	Coclé del Norte

*Enad f. Morales  
Ingeniero Senta  
29/5/23*



106	Río Chico	593.3	69.0	Chico
107	Ríos entre Coclé del Norte y Miguel de la Borda	133.5	14.2	Platanal
108	Río Chiriquí	1905.0	130.0	Chiriquí
109	Río Miguel de la Borda	640.0	59.5	Miguel de la Borda
110	Río Fonseca y entre R. Chiriquí y Río San Juan	1661.0	90.0	Fonseca
111	Río Indio	564.4	92.0	Indio
112	Ríos entre el Fonseca y el Tabasará	1168.0	67.0	San Félix
113	Ríos entre el Indio y el Chagres	421.4	36.9	Lagarto
114	Río Tabasará	1289.0	132.0	Tabasará
115	Río Chagres	3338.0	125.0	Chagres
116	Ríos entre el Tabasará y el San Pablo	1684.0	56.5	Caté
117	Ríos entre el Chagres y Mandinga	1122.0	34.1	Cuango
118	Río San Pablo	2453.0	148.0	San Pablo
119	Río Mandinga	337.0	41.3	Mandinga
120	Río San Pedro	996.0	79.0	San Pedro
121	Ríos entre el Mandinga y Armila	2238.0	26.5	Cartí
122	Ríos entre el San Pedro y el Tonosí	2467.0	40.4	Río Quebro
124	Río Tonosí	716.8	91.0	Tonosí
126	Ríos entre el Tonosí y La Villa	2170.0	45.0	Guararé
128	Río La Villa	1284.3	117.0	La Villa
130	Río Parita	602.6	70.0	Parita
132	Río Santa María	3326.0	168.0	Santa María



8  
Eva de f. Marino O.  
Ingeniero Sanitario  
29/5/23



Constructora Nova, S.A.



Nueva Policlínica de Antón      Estudio Hidrológico-Hidráulico

134	Río Grande	2493.0	94.0	Río Grande
136	Río Antón	291.0	53.0	Río Antón
138	Ríos entre el Antón y el Caimito	1476.0	36.1	Chame
140	Río Caimito	453.0	72.0	Caimito
142	Ríos entre el Caimito y el Juan Díaz	383.0	6.0	Matasnillo
144	Río Juan Díaz y entre Río Juan Díaz y Pacora	322.0	22.5	Juan Díaz
146	Río Pacora	388.0	48.0	Pacora
148	Río Bayano	4984.0	215.0	Bayano
150	Ríos entre el Bayano y el Sta. Bárbara	1270.0	22.4	Chimán
152	Río Sta. Bárbara y entre Chucunaque	1796.0	78.1	Sabanas
154	Río Chucunaque	4937.0	215.0	Chucunaque
156	Río Tuira	3017.0	127.0	Tuira
158	Río Tucutí	1835.0	98.0	Tucutí
160	Ríos entre el Tucutí y el Sambú	1464.0	23.9	Marea
162	Río Sambú	1525.0	80.0	Sambú
164	Ríos entre el Sambú y el Juradó	1158.0	46.7	Jaqué
166	Río Jurado *	91.2	63.0	Juradó

Notas: \* Cuencas Internacionales.

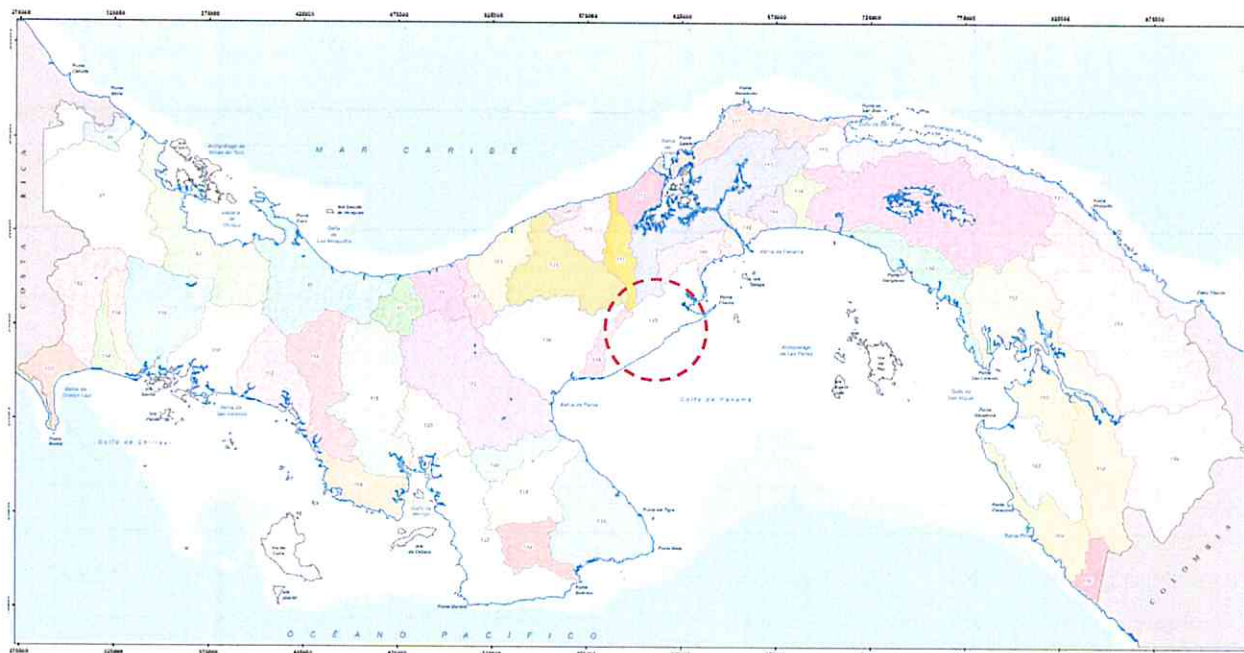
Las áreas en cuencas internacionales solo corresponden al territorio panameño.

Las áreas de las cuencas son medidas hasta la Desembocadura del río principal.



*Vº Bº*  
*Era de J. Moreno O.*  
*Ingeniero Sanitario*  
*29/5/23*

Mapa N° NPA-02 Cuencas Hidrográficas de Panamá



Mapa N° NPA-03 Cuenca Ríos entre el Antón y el Caimito

**BRYAN ARIEL PATIÑO MONTENEGRO**  
INGENIERO CIVIL  
IDONEIDAD No. 2019-006-201

*Bryan*

**FIRMA**  
Ley 15 de 26 de enero de 1959  
Junta Técnica de Ingeniería y Arquitectura



*Ena de J. Moreno*  
*Ingeniero Sanitario*  
*29/5/23*



#### 1.4. Localización de la Estación Hidrometeorológica

En el **Mapa N° NPA-04** están ubicadas las estaciones hidrometeorológicas de la República de Panamá.

En el **Cuadro N° NHAT-02** podemos ver la lista de estaciones hidrometeorológicas activas en la provincia de Coclé, que son un total de 25 estaciones, tomaremos como representativa la estación Antón, que es cercana al proyecto y presenta un mayor registro histórico de los diversos parámetros que mostraremos, como lo son, temperatura, evaporación, precipitación y viento.

**Cuadro N° NPA-02** Estaciones hidrometeorológicas activas en la provincia de Coclé

Número	Nombre	Provincia	Tipo de Estación	Elevación m	Latitud	Longitud	Fecha Inicio	Fecha Final	Operada por
105-001	BOCA DE TOABRE	COCLE	CM	170	8° 55' 00"	80° 33' 00"	1/04/1958		E.T.E.S.A.
105-002	CHIGUIRI ARRIBA	COCLE	CC	180	8° 40' 22"	80° 11' 15"	1/07/1958		E.T.E.S.A.
105-005	TOABRE	COCLE	BC	200	8° 38' 28"	80° 20' 58"	1/02/1970		E.T.E.S.A.
105-010	SANTA ANA(OBRE)	COCLE	CC	200	8° 49' 00"	80° 16' 00"	1/10/1980		E.T.E.S.A.
105-023	LOS DARIELES	COCLE	AA	177	8° 49' 00"	80° 16' 00"			A.C.P.
105-029	TOABRE 2	COCLE	AA	200	8° 38' 28"	80° 20' 58"	14/12/2018		E.T.E.S.A.
111-005	URACILLO (RIO INDIO)	COCLE	CA	60	8° 58' 00"	80° 10' 37"	6/12/2011		E.T.E.S.A.
111-006	TRES HERMANAS	COCLE	CA	33	9° 00' 20"	80° 10' 52"	8/12/2017		E.T.E.S.A.-ACP
111-007	EL SILENCIO	COCLE	CA	94	8° 52' 02"	80° 10' 10"	3/05/2018		E.T.E.S.A.-ACP
132-039	SE LLANO SANCHEZ	COCLE	AA	40	8° 11' 41"	80° 41' 53"	4/07/2003		E.T.E.S.A.



Nueva Policlínica de Antón Estudio Hidrológico-Hidráulico

134-003	RIO GRANDE	COCLE	CC	20	8° 25' 00"	80° 29' 00"	1/05/1955	E.T.E.S.A.
134-004	EL COPE	COCLE	AM	400	8° 37' 26"	80° 34' 51"	1/11/1969	E.T.E.S.A.
134-008	SONADORA	COCLE	CC	168	8° 33' 00"	80° 20' 00"	1/05/1955	E.T.E.S.A.
134-019	LAS HUACAS DE QUIJE	COCLE	CC	440	8° 28' 00"	80° 45' 00"	1/11/1972	E.T.E.S.A.
134-020	RIO HONDO	COCLE	CC	22	8° 22' 00"	80° 22' 00"	1/08/1972	E.T.E.S.A.
134-022	PUERTO POSADA	COCLE	CC	15	8° 22' 00"	80° 24' 00"	1/08/1972	E.T.E.S.A.
134-023	LAS SABANAS	COCLE	CC	700	8° 34' 00"	80° 41' 00"	1/11/1972	E.T.E.S.A.
134-024	OLA	COCLE	CC	100	8° 25' 00"	80° 39' 00"	1/07/1974	E.T.E.S.A.
134-031	EL COCO 2	COCLE	AA	48	8° 27' 20"	81° 21' 30"	22/01/2012	E.T.E.S.A.-M.I.D.A.
134-032	SANTA CRUZ DE PAJONAL	COCLE	CC	319	8° 32' 21"	80° 18' 59"	6/09/2011	E.T.E.S.A.
134-039	SE LLANO SÁNCHEZ	COCLE	AA	50	8° 19' 47"	80° 69' 80"	10/07/2015	E.T.E.S.A.
136-001	EL VALLE DE ANTON	COCLE	AA	580	8° 36' 18"	80° 07' 24"	1/07/1933	E.T.E.S.A.
136-002	ANTON	COCLE	AA	33	8° 23' 00"	80° 16' 00"	1/08/1969	E.T.E.S.A.
138-004	RIO HATO	COCLE	CC	30	8° 22' 23"	80° 09' 48"	1/01/1993	E.T.E.S.A.
138-008	SANTA RITA	COCLE	CC	180	8° 29' 56"	80° 11' 18"	1/05/1972	E.T.E.S.A.

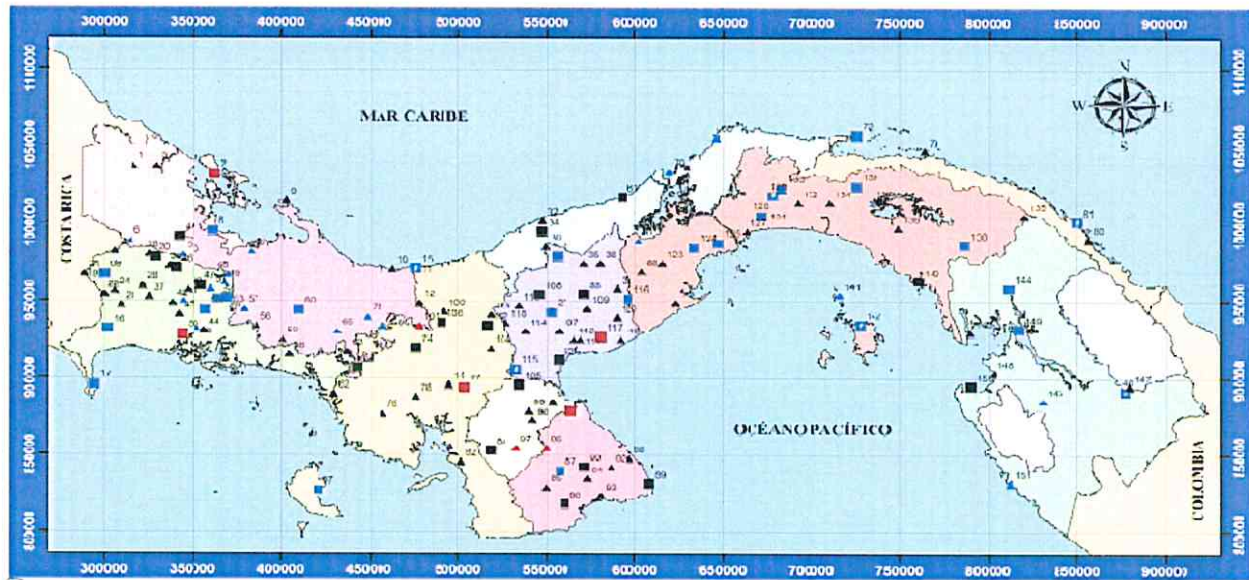


Exa. J. M. M. S.  
Ing. Santander  
29/5/23



Mapa N° NPA-04

Estaciones Hidrometeorológicas de la República de Panamá

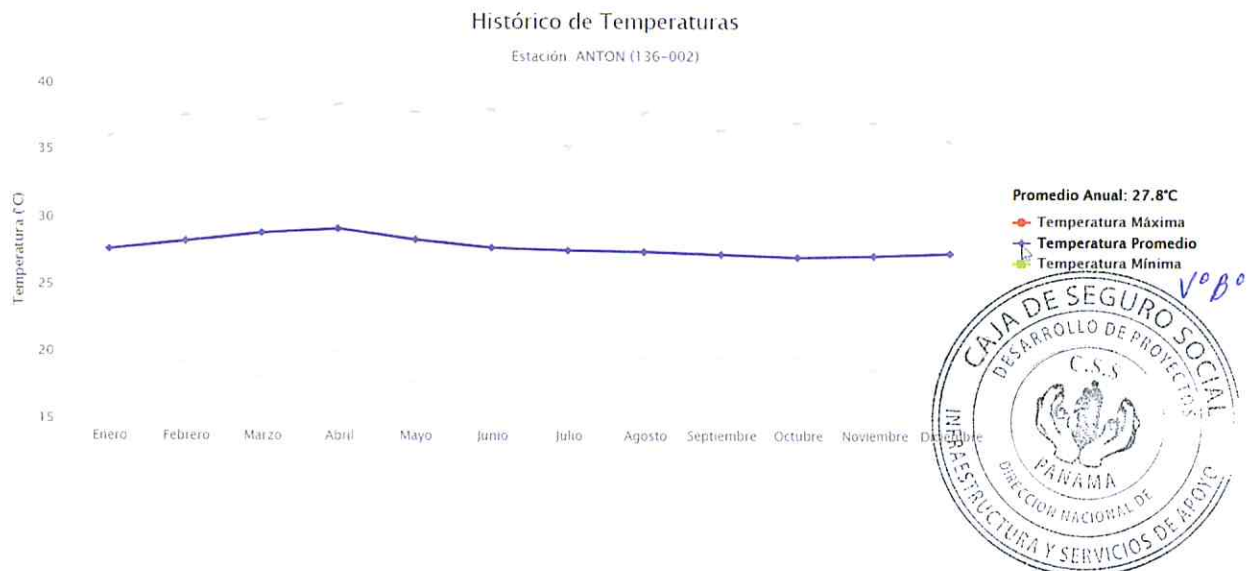


## 2. Temperatura Promedio en el Sitio

La temperatura promedio en Coclé, oscila alrededor de 27.8 °C. Como ilustración adjunto **Gráfica N° NPA-01**, el cual muestra el registro de temperaturas de la estación "Antón". La temperatura máxima oscila alrededor de 37 °C y la mínima alrededor de 27 °C.

Gráfica N° NPA-01

Histórico de Temperaturas en Estación Antón

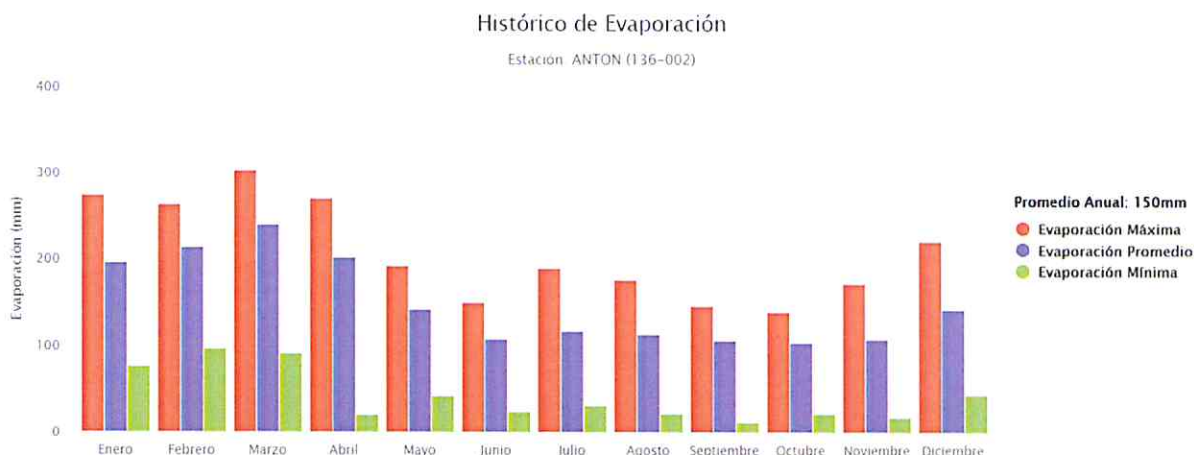


### 3. Evaporación en el Área del Proyecto

Debemos tener en cuenta la evaporación promedio en la región que se desarrolle el proyecto, para la cual se registra un promedio anual de 150 mm según la estación Antón, en la provincia de Coclé.

En la siguiente **Gráfica N° NPA-02** podemos apreciar el registro histórico de evaporación promedio mensual.

**Gráfica N° NPA-02**      **Histórico de Evaporación en Estación Antón**



### 4. Precipitación en el Área del Proyecto

En el sector la precipitación promedio diaria es de 4.4 mm, y la precipitación promedio anual es de 131.7 mm.

Con referencia a lo anterior, a continuación, se adjuntan el **Cuadro N° NPA-03** y la **Gráfica N° NPA-03**, los cuales muestran la distribución de lluvias diarias y anuales promedios.

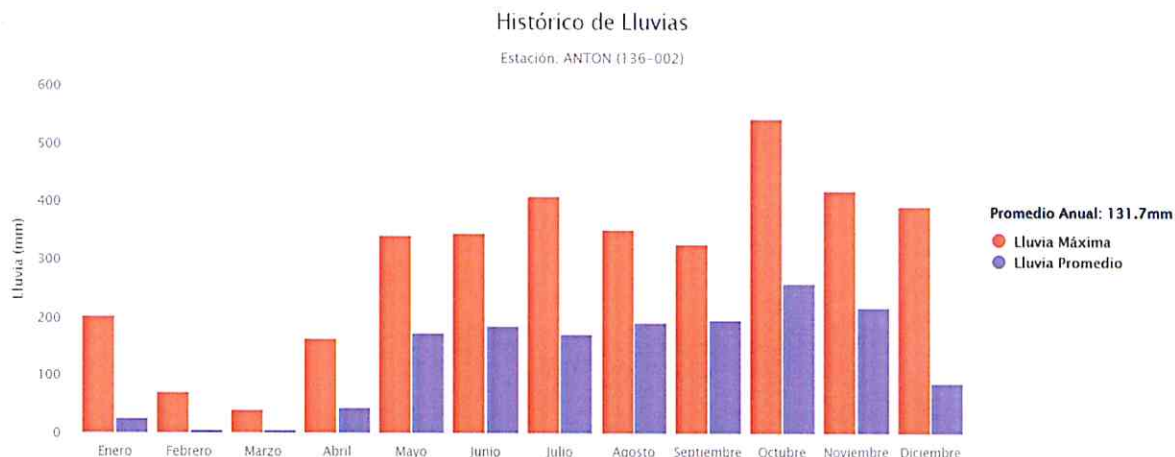
**Cuadro N° NPA-03**      **Precipitación pluvial registrada en la estación meteorológica de Antón**

Promedio Histórico de Precipitación Pluvial Diaria (en mm)													
Estación	Total	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
Antón	4.4	0.9	0.2	0.2	1.5	5.5	6.3	5.6	6.2	6.7	8.8	7.4	3.1





**Gráfica N° NPA-03 Histórico de Lluvias en Estación Antón**



## 5. Vientos

Las estadísticas de viento se basan en observaciones reales de la estación meteorológica Antón, el promedio de los vientos oscilan alrededor de 1.8 m/s mensual y 2.7 m/s anual.

A continuación, en el Cuadro N° NPA-04 y la Gráfica N° NPA-04 se adjuntan el promedio histórico mensual y anual de la velocidad del viento a 10 m.

**Cuadro N° NPA-04 Promedio histórico de velocidad de viento a 10m**

Estación	Promedio histórico mensual de viento 10m (m/s) Periodo 1974-2005												Total acumulado
	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	
Bocas del Toro	2.1	2.1	1.9	1.9	1.7	1.7	1.8	1.8	1.6	1.7	2.1	2.1	1.9
David	2.5	2.9	2.8	2.2	1.7	1.6	1.6	1.7	1.7	1.7	1.6	1.8	1.9
Santiago	2.5	3.0	2.9	2.5	1.8	1.6	1.5	1.6	1.7	1.9	1.6	1.8	2.0
<b>Antón</b>	<b>3.9</b>	<b>4.4</b>	<b>4.4</b>	<b>3.7</b>	<b>2.2</b>	<b>1.7</b>	<b>2.2</b>	<b>1.9</b>	<b>1.4</b>	<b>1.4</b>	<b>1.9</b>	<b>2.8</b>	<b>1.8</b>
Tocumen	2.1	2.4	2.3	2.2	1.6	1.5	1.5	1.5	1.5	1.6	1.6	1.8	2.0



*Ena d. J. Merino Q*  
*Ingeniero Sanitario*  
*29/5/23*

Gráfica N° NPA-04 Histórico de vientos en Estación Antón



Ena de J. Norwood  
Ing. Sanituario  
29/5/23

## B. Modelación Hidrológica

Debido a que el polígono se encuentra colindando con un cuerpo de agua, el Río Chico, se realizará el estudio de la microcuenca del Río Chico hasta el punto de interés, el Proyecto Nueva Policlínica de Antón, a fin de conocer las posibles afectaciones que la corriente pudiera producir sobre el proyecto y así definir un nivel seguro de terracería.

La superficie de drenaje es de 50.75 km<sup>2</sup>, por lo cual no se pudo utilizar el método racional. Entonces para estimar la crecida máxima que se pueda presentar, se realizará una modelación hidrológica con el programa HEC-HMS.

### 1. Metodología de Modelación Hidrológica

Se utilizará el modelo HEC-HMS, que fue desarrollado por el Cuerpo de Ingenieros del Ejército de los Estados Unidos en los años 60, este modelo está diseñado para simular la escorrentía superficial que resulta de una lluvia, mediante la representación de una cuenca como un sistema de componentes interconectados. Cada componente puede simular de manera individual un aspecto del proceso lluvia-escorrentía dentro de un área o microcuenca; los componentes incluyen la escorrentía superficial de la subárea, los canales y los embalses. Cada componente se representa por un conjunto de parámetros que especifica las características particulares del componente y las relaciones matemáticas que describen sus procesos físicos. Los resultados finales del proceso de modelación son los hidrogramas de salida o escorrentía superficial directa para cada subárea previamente especificada.

El componente de escorrentía superficial para una subárea se utiliza para presentar el movimiento del agua sobre la superficie del terreno para los cauces de los ríos y quebradas. La entrada de este componente es un hietograma de precipitación, el cual fue diseñado por el método de bloques alternos. El exceso de lluvia se calcula restando la infiltración y las pérdidas por retención, en este caso se seleccionó el método de numero de curva y el modelo de hidrograma unitario del Soil Conservation Services (SCS) para calcular los hidrogramas de escorrentía en la microcuenca.

### 2. Área de Drenaje

Para calcular el área de drenaje se delimitó en un mapa global con la red de ríos de Cocle y se midió el área de drenaje hasta el proyecto. El área calculada es de 50.75 km<sup>2</sup>.

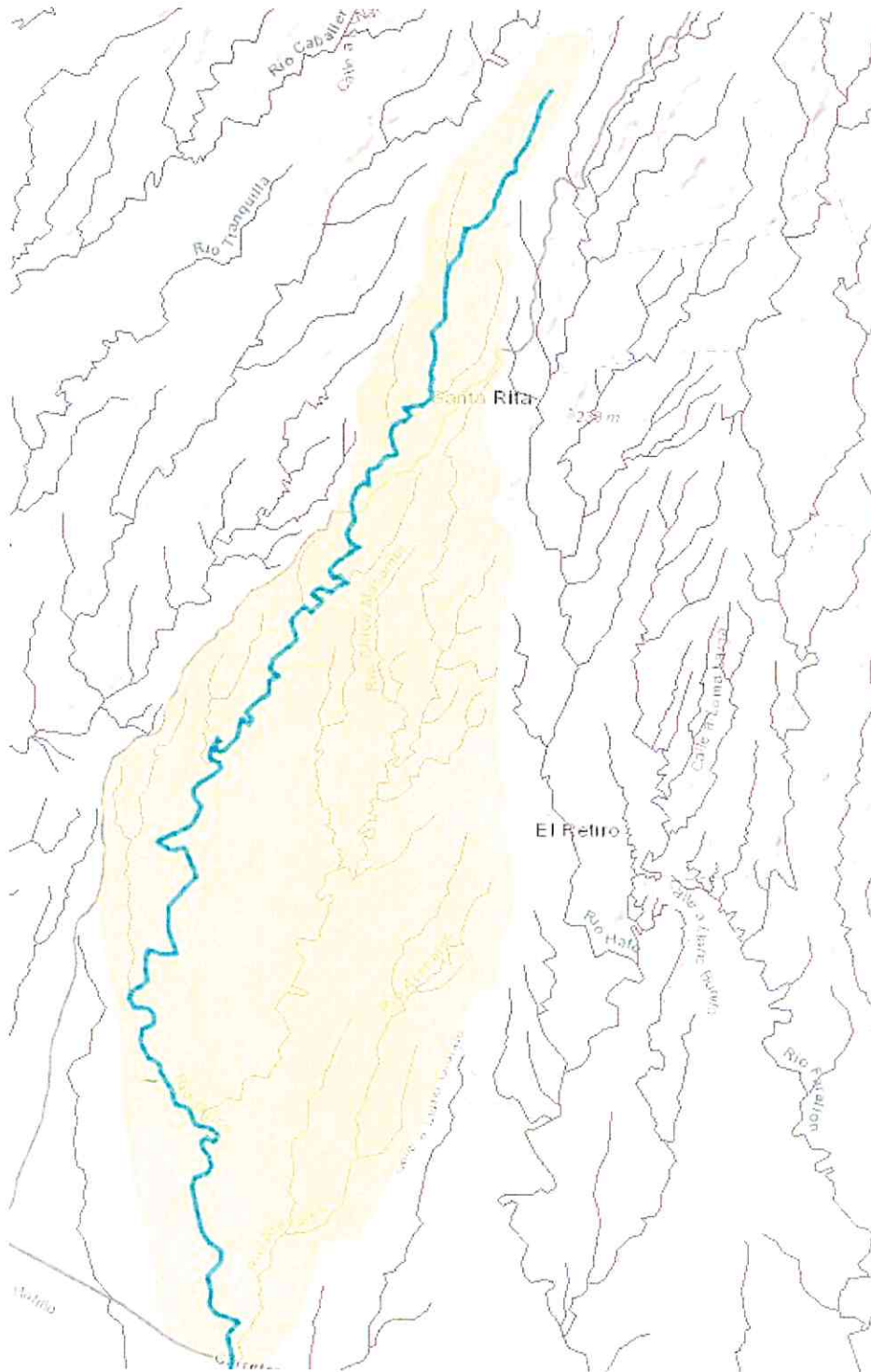


*Ena de J. Muñoz O.  
Ing. Santoro  
29/5/23*



En la **Figura N° NPA-03** observamos la delimitación del área de drenaje de la microcuenca Río Chico hasta el punto de interés, y en la **Figura N° NPA-04** observamos el polígono del proyecto, próximo al río.

**Figura N° NPA-03      Microcuenca de Río Chico hasta el punto de interés**



Ena def. Nuevo Q  
Ing. Sanitario  
29/5/23

Figura N° NPA-04      Polígono del Proyecto Nueva Policlínica de Antón



*En de J. Monro &  
Ing. Santarero  
29/5/23*

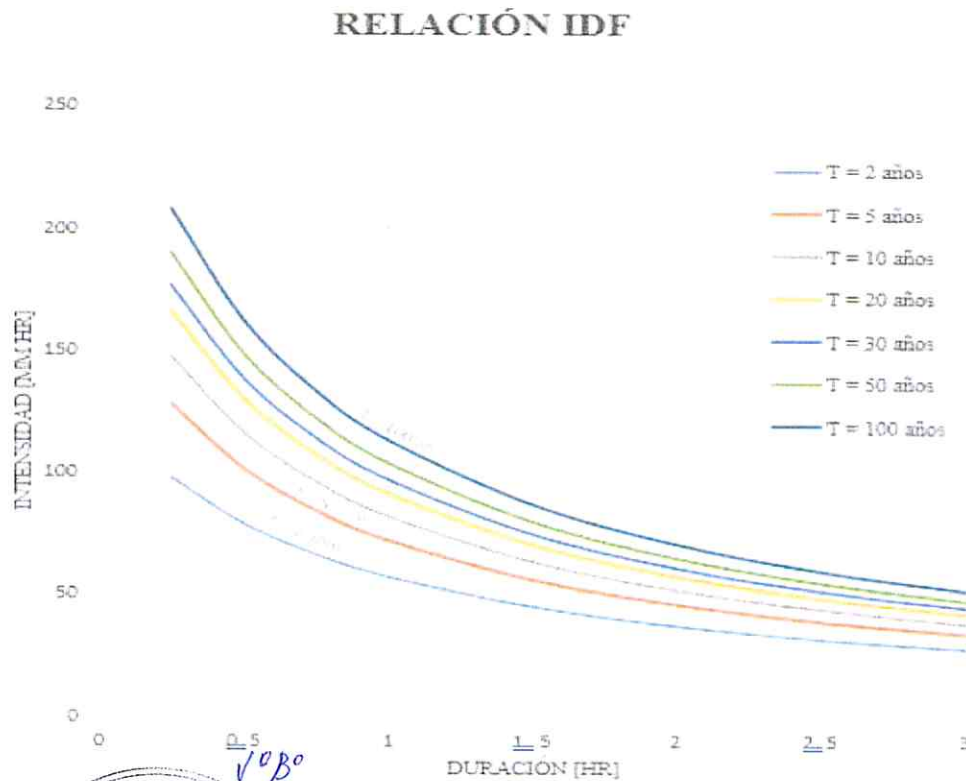




### 3. Análisis de la Precipitación

Para obtener el hietograma de diseño de la microcuenca de Río Chico, se utilizarán los datos de Intensidad – Duración – Frecuencia de la Cuenca de Ríos entre Antón y Caimito del Manal de Requisitos para la revisión de planos del MOP (2021), calculados por el método de Talbot, y que fueron obtenidos por la Tesis Generación de Relaciones Intensidad Duración Frecuencias para Cuencas en la República de Panamá realizados por la Ing. Alcely Lau y el Ing. Antonio Pérez.

**Gráfica N° NPA-05 Relación Intensidad Duración Frecuencia de cuenca Ríos entre el Antón y el Caimito.**



*Ena de J. Moreno Q.*  
*Ing. Sanitario*  
*29-5/23*





**Cuadro N° NPA-04 Ecuación de Intensidad Relación Frecuencia para Eventos con Duración d en Horas de cuenca Ríos entre el Antón y el Caimito.**

$$I = \frac{a}{d + b}$$

T [años]	2	5	10	20	30	50	100
a [mm]	100.860	121.527	136.355	150.787	159.129	169.576	183.683
b [hr]	0.793	0.707	0.681	0.663	0.656	0.647	0.637
R <sup>2</sup>	99.49%	99.52%	99.51%	99.51%	99.50%	99.50%	99.49%

**Cuadro N° NPA-05 Resumen de intensidades para diferentes periodos de retorno de la cuenca Ríos entre el Antón y el Caimito.**

Duración (minutos)	Periodo de retorno (años)						
	2	5	10	20	30	50	100
5	115.09	153.77	178.40	202.04	203.95	232.19	255.00
10	105.10	139.10	160.86	181.74	183.29	208.41	228.56
15	96.70	126.99	146.46	165.16	166.43	189.05	207.08
30	78.00	100.69	115.46	129.65	130.44	147.84	161.55
60	56.25	71.19	81.12	90.67	91.05	102.96	112.21
120	36.11	44.89	50.86	56.62	56.77	64.06	69.66
180	26.59	32.78	37.04	41.16	41.24	46.50	50.50
240	21.04	25.82	29.13	32.34	32.39	36.49	39.61

#### 4. Método de estimación de las pérdidas del aguacero

Las pérdidas del aguacero se han estimado mediante el método del Número de Curva del SCS.

Para una tormenta de precipitación (P) existe una cantidad de precipitación que escurre directamente (P<sub>e</sub>). La cantidad de agua retenida (F<sub>a</sub>) es menor que la capacidad de retención de la cuenca (S). Existe además una capacidad de infiltración inicial (I<sub>a</sub>) para la cual no se produce escorrentía superficial. La escorrentía potencial es por tanto (P-I<sub>a</sub>).

El método SCS supone que son iguales las relaciones entre capacidades reales y potenciales de infiltración y generación de escorrentía.

$$\frac{F_a}{S} = \frac{P_e}{P - I_a}$$



21  
Ena de J. Moruno O.  
Ing. Santoro  
29/5/23



Constructora Nova, S.A.

Aplicando el principio de continuidad:

$$P = P_e + I_a + F_a$$

Sustituyendo en la primera ecuación se llega a:

$$P_c = \frac{(P - I_a)^2}{P - I_a + S}$$

Para muchas cuencas experimentales se ha comprobado que  $I_a = 0.2S$ , y por tanto, sustituyendo:

$$P_c = \frac{(P - 0.2 \cdot S)^2}{P - 0.8 \cdot S}$$

Se dibujan las curvas  $P_e$  frente a  $P$  para las cuencas y se ha recurrido a adimensionalizar mediante un número de curva CN (Curve Number) comprendido entre 0 y 100.

El número de curva (CN) y la capacidad de retención máxima de la cuenca (S) se relacionan mediante la siguiente expresión:

$$S = \frac{1000}{CN} - 10$$

S resultando en pulgadas.

Dichos números de curva se encuentran tabulados en función del tipo y uso del suelo y pueden corregirse en función de las condiciones de humedad antecedentes en la cuenca.

Para la definición del número de curva se distinguen, en primer lugar, los siguientes tipos, relacionados con su comportamiento hidrológico:

- Suelos tipo A: Arenas profundas. Suelos con gran capacidad de infiltración, incluso mojados.
- Suelos tipo B: Suelos poco profundos, margas arenosas. Suelos con moderadas capacidades de infiltración.
- Suelos tipo C: Margas arenosas o arcillosas poco profundas. Suelos con poco contenido orgánico y suelos arcillosos. Suelos de lenta infiltración.
- Suelos tipo D: Suelos expansivos, materiales con muy alta plasticidad. Suelos con infiltración muy lenta.

Para caracterizar los usos del suelo en la cuenca se ha utilizado la información digital proporcionada por la Autoridad Nacional de Ambiente de Panamá (ANAM) que se recoge en la **Figura N° NPA-05**. Por otro lado, en el **Cuadro N° NPA-06** se indican los números de curva



*Ena de J. Mauro Q.  
Tuc. Sautaro  
29/5/23*

correspondientes a cada uso de suelo y a condiciones antecedentes normales de humedad (situación antecedente tipo II o CNII).

Las relaciones entre el número de curva para dichas condiciones antecedentes normales (CNII) y otras correspondientes a suelo seco (CNI) o saturado (CNIII) son:

$$CNI = \frac{4.2 \cdot CNII}{10 - 0.058 \cdot CNII} \quad y \quad CNIII = \frac{23 \cdot CNII}{10 + 0.13 \cdot CNII}$$

Para el cálculo de caudales en este estudio se han aplicado valores de Número de Curva para la condición de humedad antecedente tipo II y se han considerado que los suelos de toda la cuenca son de tipo A.

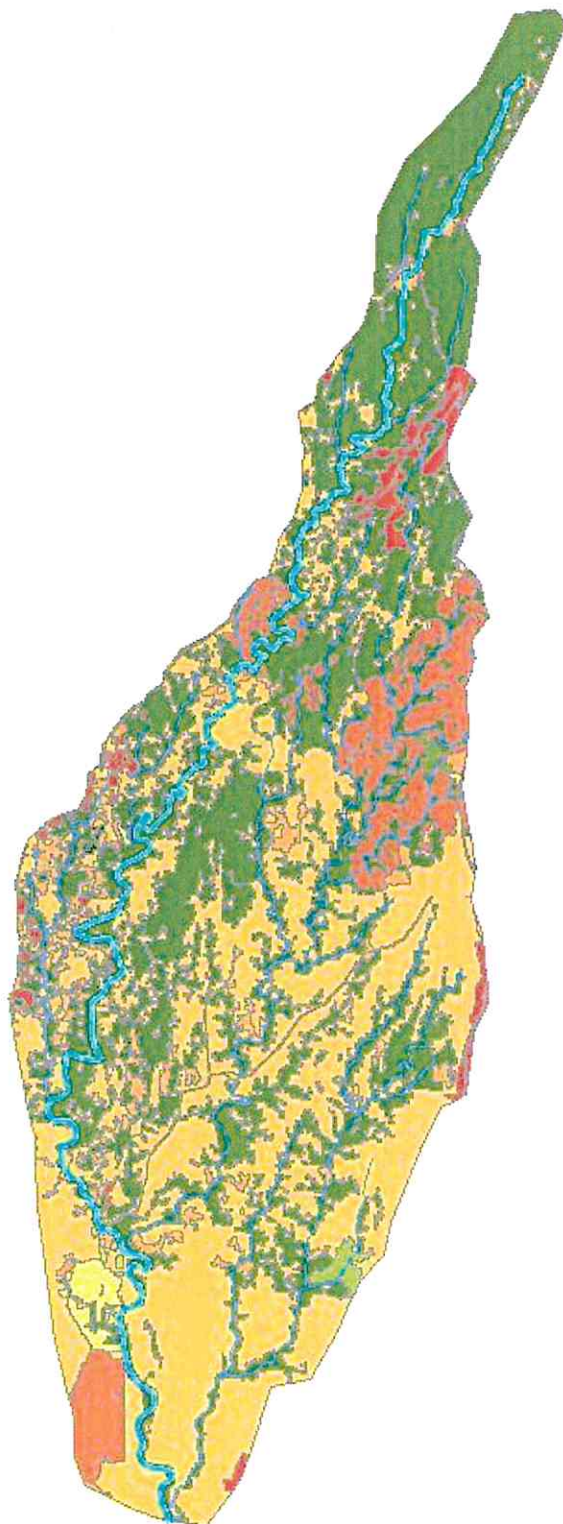


Ena de J. Navarro O.  
Ing. Santarice  
29/5/23



Figura N° NPA-05

Usos del suelo y tipo de vegetación en la microcuenca Rio Chico hasta el proyecto.



*Eva de J. Merino Q.*  
*Ing. Sanitaria*  
*24/5/23*

- Afloramiento rocoso y tierra desnuda
- Bosque latifoliado mixto secundario
- Bosque plantado de coníferas
- Bosque plantado de latifoliadas
- Maíz
- Otro cultivo permanente
- Pasto
- Rastrojo y vegetación arbustiva
- Superficie de agua
- Vegetación herbácea
- Área poblada

**Cuadro N° NPA-06**      **Números de curva para distintos usos de suelo**

Uso del suelo o Cubierta	Tratamiento o práctica	Condición hidrológica	Grupo de suelo Hidrológico			
			A	B	C	D
Barbecho	Surco recto	Mala	77	86	91	94
Cultivos en surcos	Surco recto	Mala	72	81	88	91
	Surco recto	Buena	67	78	4.48*2.4/48	89
	En contorno	Mala	70	79	84	88
	En contorno	Buena	65	75	82	86
	En contorno y terraceado	Mala	66	74	80	82
	En contorno y terraceado	Buena	62	71	78	81
Granos pequeños	Surco recto	Mala	65	76	84	88
	Surco recto	Buena	63	75	83	87
	En contorno	Mala	63	74	82	85
	En contorno	Buena	61	73	81	84
	En contorno y terraceado	Mala	61	72	79	82
	En contorno y terraceado	Buena	59	70	78	81
Leguminosas de siembra densa o praderas de rotación	Surco recto	Mala	66	77	85	89
	Surco recto	Buena	58	72	81	85
	En contorno	Mala	64	75	83	85
	En contorno	Buena	55	69	78	83
	En contorno y terraceado	Mala	63	73	80	83
	En contorno y terraceado	Buena	51	67	76	80
Praderas o pastizales	En contorno	Mala	68	79	86	89
		Aceptable	49	69	79	84
		Buena	39	61	74	80
		Mala	47	67	81	88
		Aceptable	25	59	75	83
		Buena	6	35	70	79
Praderas (permanente)		Buena	30	58	71	78
Bosques (en predios agrícolas)		Mala	45	66	77	83
		Aceptable	36	60	73	79
		Buena	25	55	70	77
Parques, patios			59	74	82	86

Por lo que se puede observar en la figura de usos de suelos, la mayor parte de la microcuenca de Río Chico está compuesta por bosque latifoliado mixto y pasto, por esta razón para este estudio se tomará 50 como número de curva, usando las ecuaciones anteriores para obtener S, y luego la abstracción inicial, siendo 0.2S, nos da como resultado 50.8 mm.



Ema de J. Morero &  
Ing. Santero  
24/5/23



## 5. Método del bloque alterno

Para distribuir la lluvia se utilizará el método del bloque alterno, el cual es generalmente utilizado también para desarrollar el hietograma de diseño si no se conoce la lluvia del evento. Conocido el tiempo de concentración y las curvas IDF de la cuenca se puede diseñar la lluvia. El hietograma de diseño por este método determina la profundidad de precipitación que ocurre en  $n$  intervalos de tiempos sucesivos de duración  $\Delta t$  sobre una duración de  $T_d = n \Delta t$ . Después de seleccionar el periodo de retorno de diseño y el intervalo de tiempo  $\Delta t$ , la intensidad es leída de la curva IDF, o aplicando la ecuación generada para la curva, para cada duración y la profundidad de precipitación correspondiente se encuentra al multiplicar la intensidad y la duración. Determinando la diferencia entre los valores sucesivos de profundidad de la lluvia, se encuentra la cantidad total de precipitación que debe añadirse por cada unidad de tiempo. Estos incrementos o bloques se reordenan en una secuencia temporal, de manera que la intensidad máxima ocurra en el centro de la duración requerida  $T_d$  y que los bloques queden en orden descendente alternativamente hacia la derecha y hacia la izquierda del bloque central para conformar el hietograma de diseño del proyecto.

Para el cálculo del tiempo de concentración se utilizará la fórmula de Kirpich:

$$T_c = 0,06628 \left( \frac{L}{S^{0,5}} \right)^{0,77}$$

Siendo:

$T_c$ : Tiempo de concentración (h)

$L$ : la longitud del cauce en km

$S$ : Pendiente media del cauce principal m/m

Tomando como longitud del cauce desde el inicio hasta el punto del proyecto 23.5 km, y 0.013 m/m como pendiente media del cauce, nos da como resultado un tiempo de concentración de 4 horas o 240 minutos.

Para obtener el tiempo de retardo se utilizó la siguiente fórmula:

$$T_{lag} = 0.6T_c$$

Sustituyendo con el tiempo de concentración ya calculado de 240 min, el tiempo de retardo nos da como resultado 144 min.

Ya con los datos obtenidos anteriormente se pudo realizar el hietograma de lluvia de diseño.





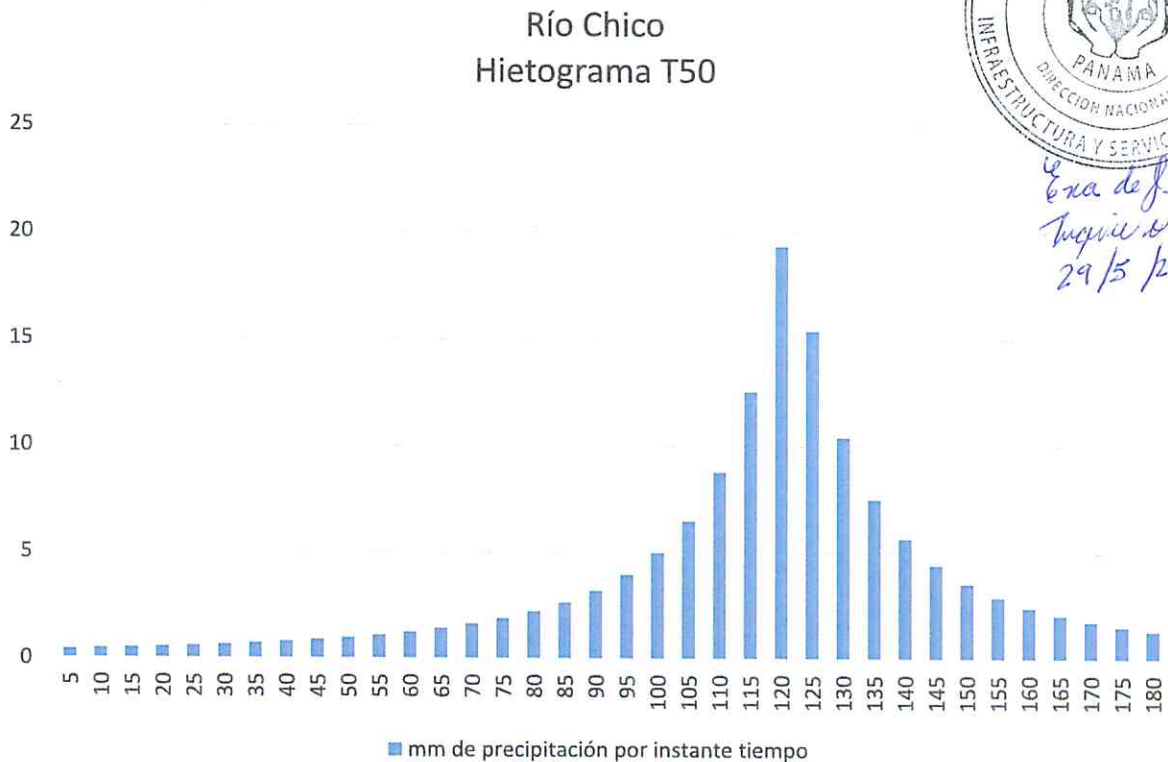


Cuadro N° NPA-07

Hietograma de lluvia de diseño desarrollado en incrementos de 5 minutos para una tormenta de 50 años y duración de 240 minutos para la microcuenca de Río Chico.

Instante (min)	Intensidad (mm/h)	Precipitación acumulada (mm)	Precipitación (mm)	Intensidad parcial (mm/h)	Precipitación Alternada (mm)	Int. Parcial Alternada (mm)
5	232.19	19.35	19.35	232.19	0.45	5.37
10	208.41	34.73	15.39	184.63	0.48	5.78
15	189.05	47.26	12.53	150.32	0.52	6.25
20	172.98	57.66	10.40	124.77	0.57	6.78
25	159.43	66.43	8.77	105.22	0.62	7.38
30	147.84	73.92	7.49	89.93	0.67	8.06
35	137.83	80.40	6.48	77.75	0.74	8.85
40	129.09	86.06	5.66	67.88	0.81	9.75
45	121.39	91.04	4.98	59.78	0.90	10.79
50	114.55	95.46	4.42	53.05	1.00	12.02
55	108.45	99.41	3.95	47.40	1.12	13.46
60	102.96	102.96	3.55	42.60	1.27	15.18
65	98.00	106.17	3.21	38.50	1.44	17.25
70	93.50	109.08	2.91	34.96	1.65	19.78
75	89.39	111.74	2.66	31.89	1.91	22.91
80	85.63	114.17	2.43	29.21	2.24	26.85
85	82.17	116.41	2.24	26.85	2.66	31.89
90	78.98	118.47	2.06	24.76	3.21	38.50
95	76.03	120.38	1.91	22.91	3.95	47.40
100	73.29	122.16	1.77	21.26	4.98	59.78
105	70.75	123.80	1.65	19.78	6.48	77.75
110	68.37	125.34	1.54	18.45	8.77	105.22
115	66.15	126.78	1.44	17.25	12.53	150.32
120	64.06	128.13	1.35	16.17	19.35	232.19
125	62.11	129.39	1.27	15.18	15.39	184.63
130	60.27	130.58	1.19	14.28	10.40	124.77
135	58.54	131.70	1.12	13.46	7.49	89.93
140	56.90	132.76	1.06	12.71	5.66	67.88
145	55.35	133.76	1.00	12.02	4.42	53.05
150	53.88	134.71	0.95	11.38	3.55	42.60
155	52.49	135.61	0.90	10.79	2.91	34.96
160	51.17	136.47	0.85	10.25	2.43	29.21
165	49.92	137.28	0.81	9.75	2.06	24.76
170	48.72	138.05	0.77	9.28	1.77	21.26
175	47.58	138.79	0.74	8.85	1.54	18.45
180	46.50	139.49	0.70	8.44	1.35	16.17
185	45.46	140.16	0.67	8.06	1.19	14.28
190	44.47	140.81	0.64	7.71	1.06	12.71
195	43.51	141.42	0.62	7.38	0.95	11.38
200	42.60	142.01	0.59	7.07	0.85	10.25
205	41.73	142.58	0.57	6.78	0.77	9.28
210	40.89	143.12	0.54	6.51	0.70	8.44
215	40.09	143.64	0.52	6.25	0.64	7.71
220	39.31	144.14	0.50	6.01	0.59	7.07
225	38.57	144.62	0.48	5.78	0.54	6.51
230	37.85	145.09	0.46	5.57	0.50	6.01
235	37.16	145.53	0.45	5.37	0.46	5.57
240	36.49	145.97	0.43	5.17	0.43	5.17

Gráfica N° NPA-06 Hietograma de la microcuenca de Río Chico



## 6. Caudal de diseño

Determinado el hietograma de diseño de la lluvia desarrollado en incrementos de 5 minutos para una tormenta con periodo de retorno de 50 años, el siguiente paso fue el diseño del hidrograma de crecida. Para realizar este diseño se utilizó el programa HEC-HMS.

El trazado y medición de la microcuenca de Río Chico se obtuvo mediante medición SIG digital de los mosaicos del Instituto Geográfico Nacional Tommy Guardia. De estos mosaicos se obtuvieron las características físicas, como la superficie de drenaje y longitud del cauce.

El modelo fue ensamblado de la siguiente manera:

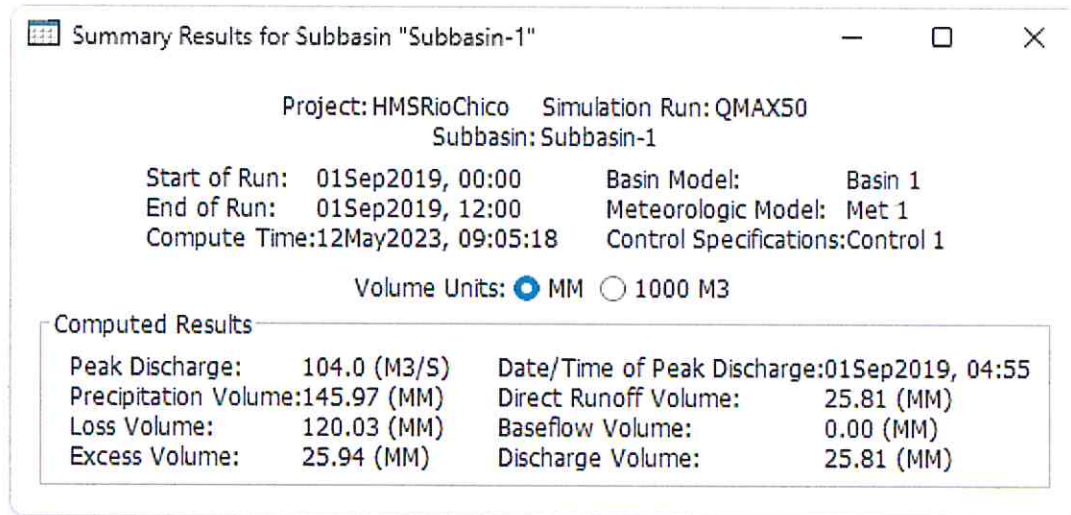
- Se realizó la medición de la superficie de drenaje de Río Chico y se alimentó el modelo con los parámetros requeridos.
- Se asumió que la lluvia de diseño es homogénea en toda la cuenca.
- Se introdujo el hietograma para la tormenta de diseño con periodo de retorno de 50 años.



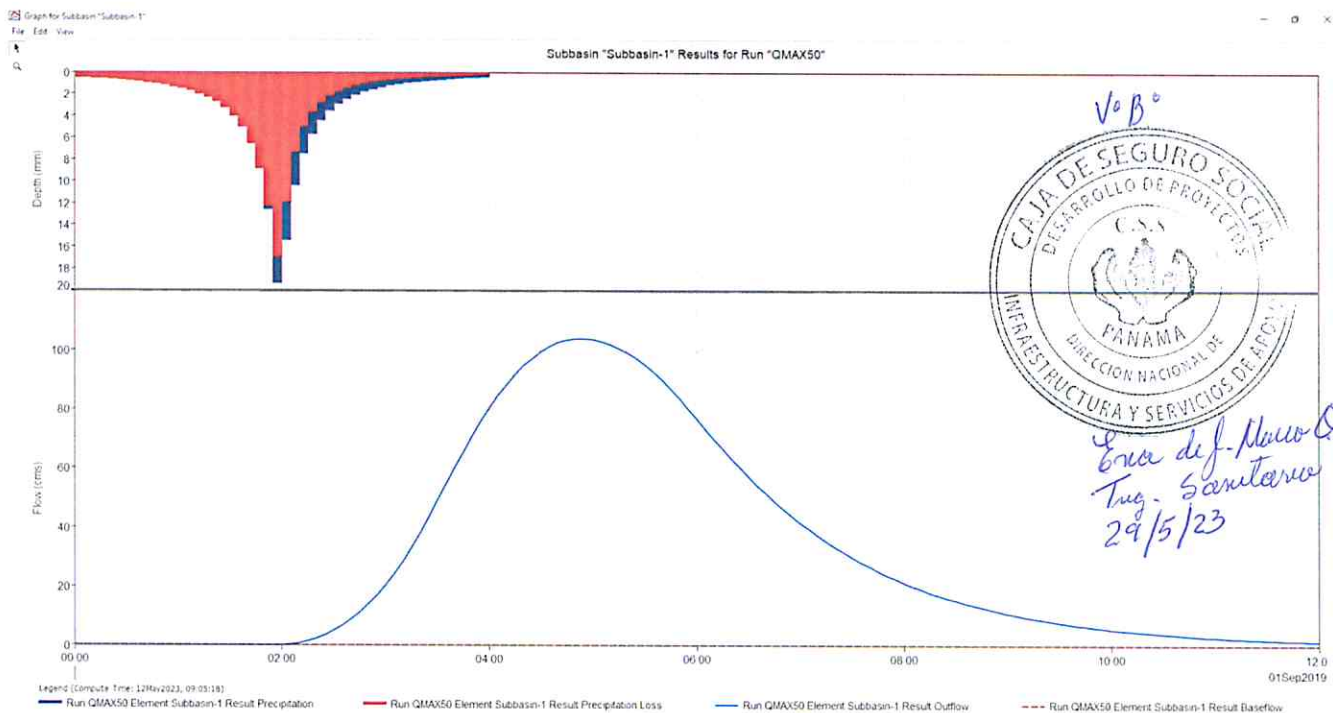
- Se seleccionó el método del SCS (Soil Conservation Service de Estados Unidos) para calcular las perdidas por infiltración y para calcular el hidrograma de crecidas
- Se realizó la corrida del modelo.

El caudal de diseño obtenido para un periodo de retorno de 50 años para Río Chico es de 104 m<sup>3</sup>/s.

**Figura N° NPA-06 Resultados de la modelación Hidrológica en HEC-HMS**



**Gráfica N° NPA-07 Hidrograma de Río Chico hasta el sitio del proyecto**





## C. Modelación Hidráulica

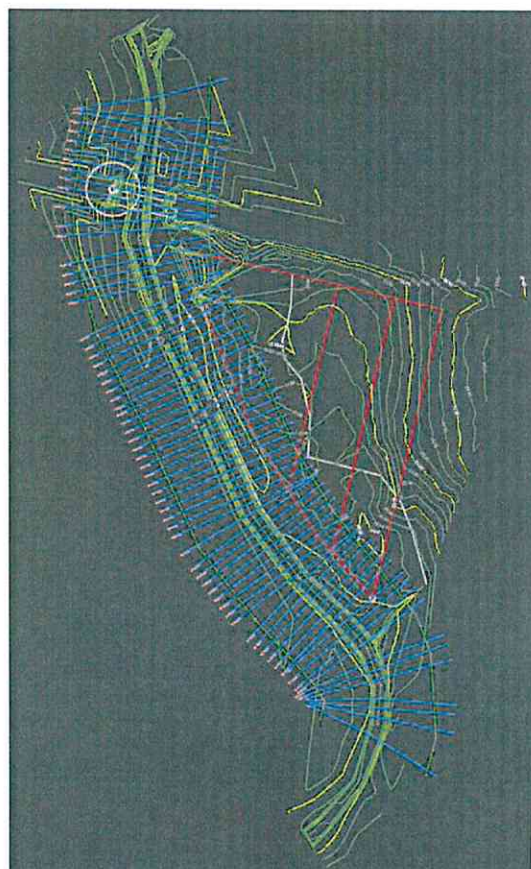
Se utilizará el programa HEC-RAS para determinar las planicies de inundación a lo largo del área de estudio, para el periodo de retorno de 1 en 50 años, con el caudal máximo instantáneo obtenido a partir de la modelación hidrológica.

### 1. Modelo HEC-RAS

HEC-RAS fue desarrollado por el Hidrologic Engineering Center del US Army Corps. Entre las principales características que tiene, está la modelación de los perfiles de agua a lo largo del cauce, la modelación y cálculo hidráulico de estructuras hidráulicas.

Se realizó un levantamiento topográfico del cauce, aguas arribas y aguas abajo del proyecto, con esta información se pudo desarrollar una superficie en Civil 3D, y determinar la alineación central del río, con secciones cada 20 metros, esta información ya así se puede exportar directamente a HEC-RAS, para que realice el análisis. Como dato de entrada para las secciones, se requiere un coeficiente de rugosidad de Manning  $n$ , para el cual utilizamos el valor de 0.03.

**Figura N° NPA-07 Topografía y alineamiento del Río Chico junto al proyecto en Civil 3D**

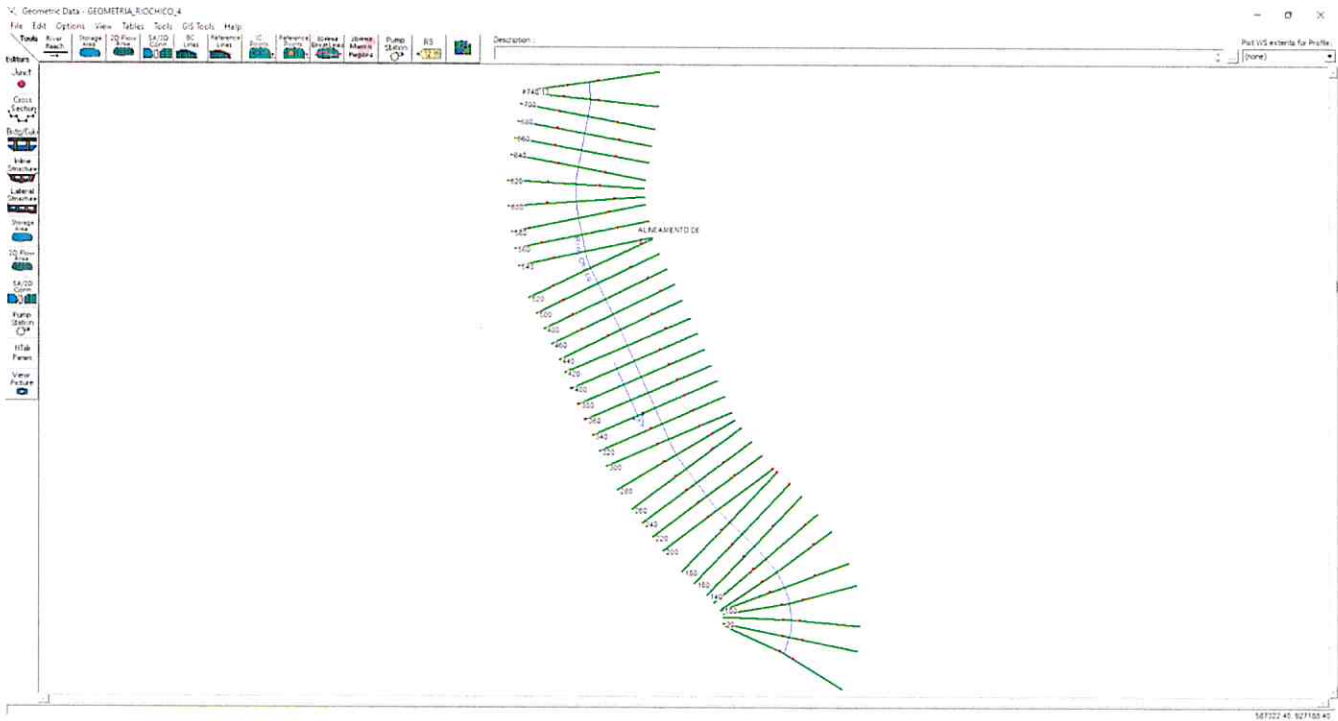


**BRYAN ARIEL PATIÑO MONTENEGRO**  
INGENIERO CIVIL  
IDONEIDAD No. 2019-006-201

*Bryan*  
**FIRMA**

**Ley 15 de 26 de enero de 1959**  
**Junta Técnica de Ingeniería y Arquitectura**

Figura N° NPA-08 Geometría de Río Chico en HEC-RAS



## 2. Resultados de la Modelación Hidráulica en HEC-RAS

Luego de alimentar el modelo de HEC-RAS con los datos requeridos, se procedió a realizar la modelación del cauce. Río Chico que pasa lateral al proyecto, se modeló a flujo permanente.

A continuación, se mostrarán los datos de salida de la modelación. Las secciones van empezando desde aguas abajo en la sección 0, hasta la sección 38, a 740.13 m aguas arriba.



*Era de J. Muñoz O.  
Ing. Santarva  
29/5/23*



Cuadro N° NPA-08 Salida de HEC-RAS de Rio Chico

Sección	Estación	Q Total (m3/s)	Min Ch El (m)	Elev. Agua (m)	E.G. Elev (m)	E.G. Slope (m/m)	Vel Chnl (m/s)	Froude # Chl
38	740.13	104	17.33	20.88	21.06	0.001711	1.91	0.46
37	720	104	17.29	20.81	21.02	0.002179	2.02	0.51
36	700	104	17.31	20.79	20.96	0.003147	1.84	0.58
35	680	104	17.09	20.81	20.9	0.001218	1.3	0.38
34	660	104	17.15	20.79	20.87	0.001028	1.26	0.35
33	640	104	17.28	20.76	20.85	0.000803	1.32	0.32
32	620	104	17.41	20.72	20.83	0.001413	1.46	0.41
31	600	104	17.31	20.72	20.8	0.001	1.25	0.35
30	580	104	17.26	20.7	20.78	0.000925	1.2	0.33
29	560	104	17.25	20.72	20.76	0.000377	0.86	0.22
28	540	104	17.24	20.72	20.75	0.00025	0.69	0.18
27	520	104	17.22	20.71	20.74	0.000407	0.8	0.22
26	500	104	17.14	20.64	20.72	0.001307	1.28	0.39
25	480	104	17.05	20.6	20.69	0.001591	1.3	0.42
24	460	104	16.96	20.55	20.65	0.002117	1.43	0.47
23	440	104	16.87	20.49	20.61	0.001767	1.55	0.45
22	420	104	16.82	20.48	20.57	0.001376	1.36	0.4
21	400	104	16.81	20.45	20.55	0.0013	1.36	0.39
20	380	104	16.79	20.43	20.52	0.001085	1.36	0.36
19	360	104	16.77	20.41	20.5	0.000932	1.34	0.34
18	340	104	16.76	20.39	20.48	0.000954	1.34	0.34
17	320	104	16.74	20.37	20.46	0.001085	1.37	0.36
16	300	104	16.73	20.33	20.44	0.001231	1.45	0.39
15	280	104	16.71	20.3	20.41	0.00156	1.49	0.43
14	260	104	16.7	20.26	20.38	0.001465	1.52	0.42
13	240	104	16.68	20.23	20.35	0.001413	1.51	0.41
12	220	104	16.67	20.21	20.32	0.001373	1.51	0.41
11	200	104	16.65	20.18	20.3	0.001343	1.51	0.4
10	180	104	16.65	20.15	20.27	0.001459	1.5	0.41
9	160	104	16.65	20.13	20.24	0.001127	1.47	0.37
8	140	104	16.64	20.11	20.22	0.001001	1.43	0.36
7	120	104	16.61	20.11	20.19	0.001032	1.27	0.35
6	100	104	16.57	20.09	20.17	0.000947	1.2	0.34
5	80	104	16.63	20.01	20.14	0.001192	1.61	0.39
4	60	104	16.76	19.89	20.11	0.001378	2.07	0.43
3	40	104	16.73	19.82	20.07	0.001568	2.24	0.45
2	20	104	16.59	19.79	20.04	0.001453	2.2	0.44
1	0	104	16.54	19.69	20	0.002002	2.47	0.51

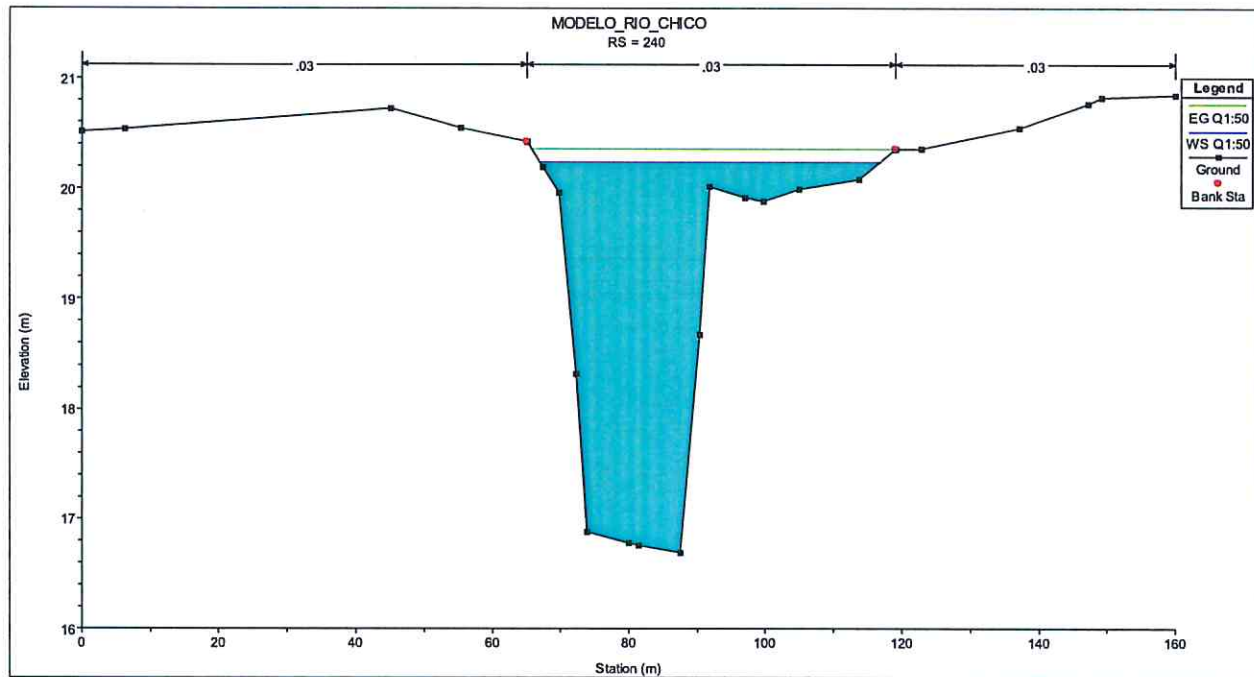


VºBº

Enca. de f. Nuevo Q  
Tug. Sanataria  
29-5-23



Figura N° NPA-09 Ejemplo de Sección de Río Chico próximo al proyecto en HEC-RAS



V° B°

CAJA DE SEGURO SOCIAL  
DESARROLLO DE PROYECTOS  
C.S.S.  
PANAMA  
DIRECCION NACIONAL DE  
INFRAESTRUCTURA Y SERVICIOS DE APOYO

Ena de f. Muro Q  
Ing. Santoro  
29/5/23

## D. Conclusiones

- La superficie de drenaje de la microcuenca de Río Chico hasta el sitio del proyecto, la Nueva Policlínica de Antón es de 50.75 km<sup>2</sup>, la longitud del cauce es de 23.5 km, su tiempo de concentración es de 4 horas.
- El caudal máximo instantáneo del Río Chico hasta el punto de interés, para un periodo de retorno de 1 en 50 años es de 104 m<sup>3</sup>/s.
- Los datos de salida de la simulación hidráulica de Río Chico indican que el Nivel de Agua Máxima Extraordinario para el periodo de retorno de 1 en 50 años es de 20.88 msnm, por lo cual el nivel de terracería seguro para el proyecto debe ser igual o mayor que este.

*Es importante cumplir con este requerimiento, a fin de evitar inundación sin previo aviso.*

## E. Bibliografía

1. Ministerio de Obras Públicas. Manual de Requisitos para la Revisión de Planos. 3° Edición Revisada 2021.
2. Empresa de Transmisión Eléctrica, S.A. Gerencia de Hidrometeorología ([www.hidromet.com.pa](http://www.hidromet.com.pa)).
3. Resumen Técnico. Análisis Regional de Crecidas Máximas de Panamá. Periodo 1971-2006.
4. Ven Te Chow, Applied Hydrology, McGraw Hill International Editions.



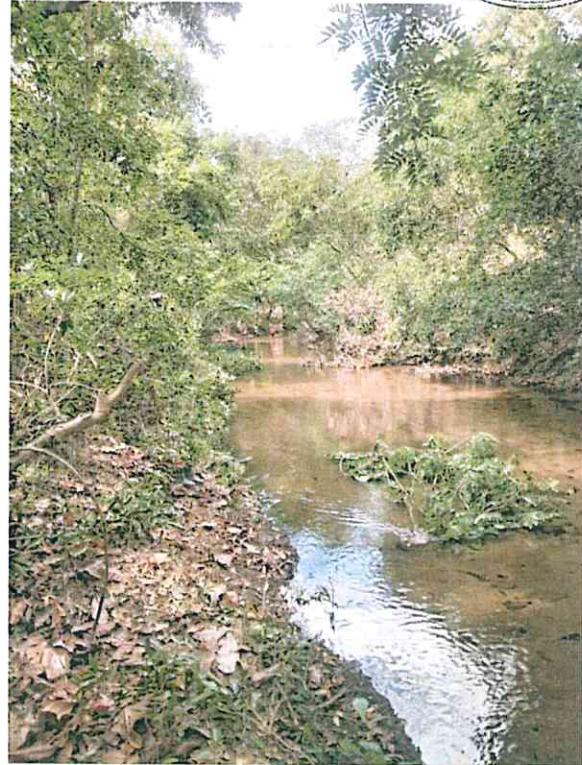
*Era def. Marco O.  
Ing. Sanitarius  
29-5-23*



F. Anexos



Fotos del levantamiento topográfico

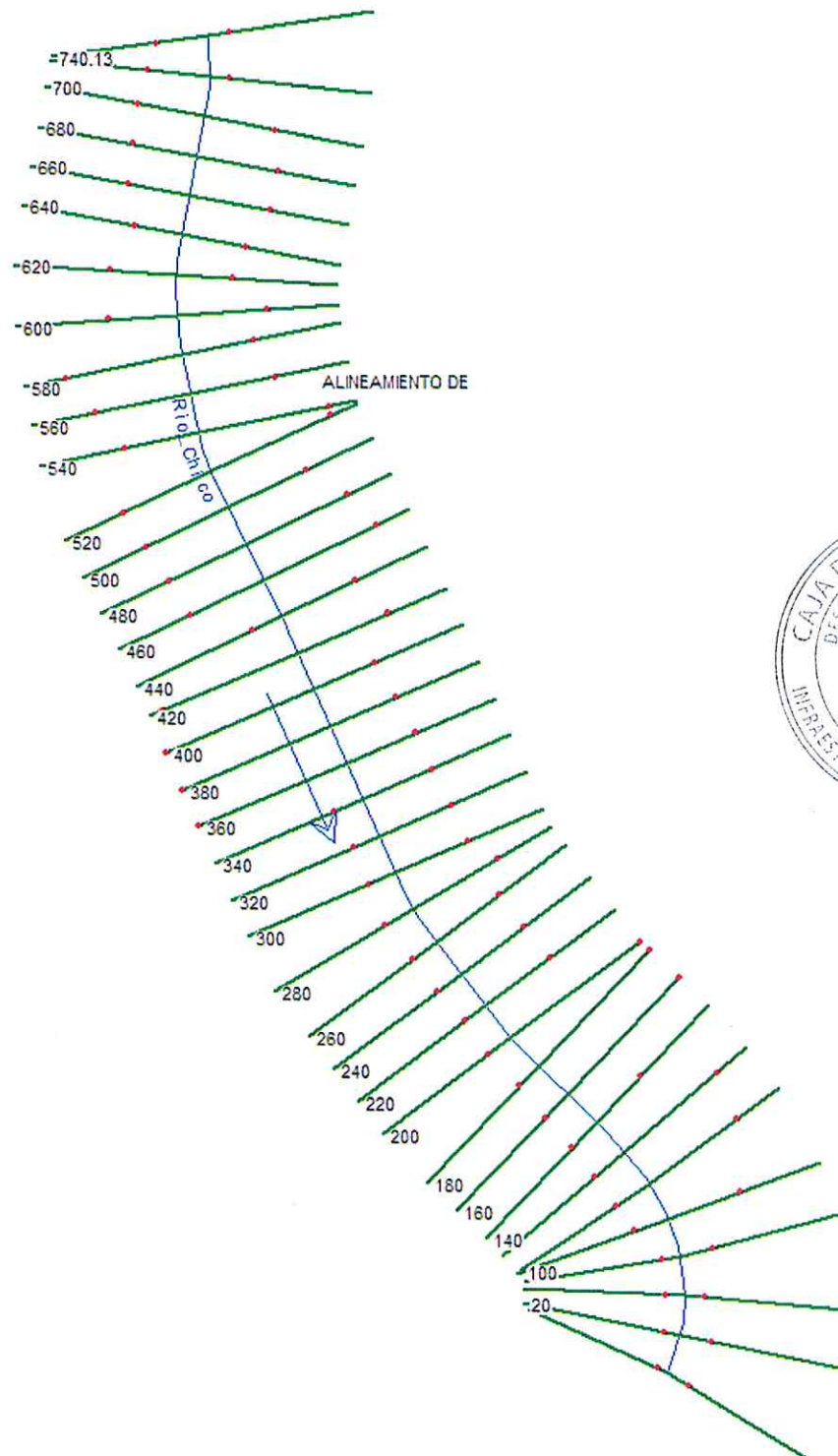


Ena de f. Nio  
Tiq. Sauter  
29-5-23

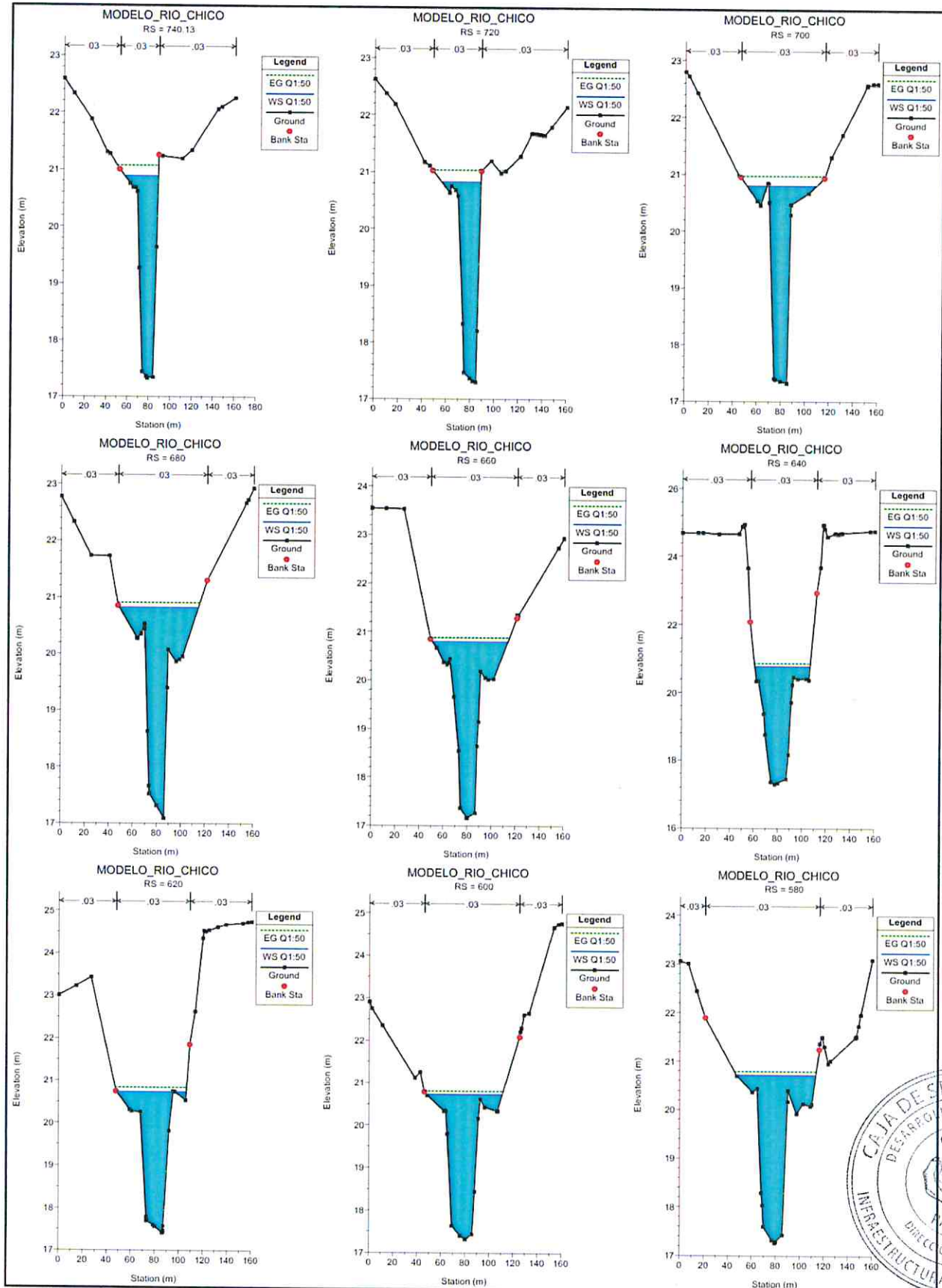




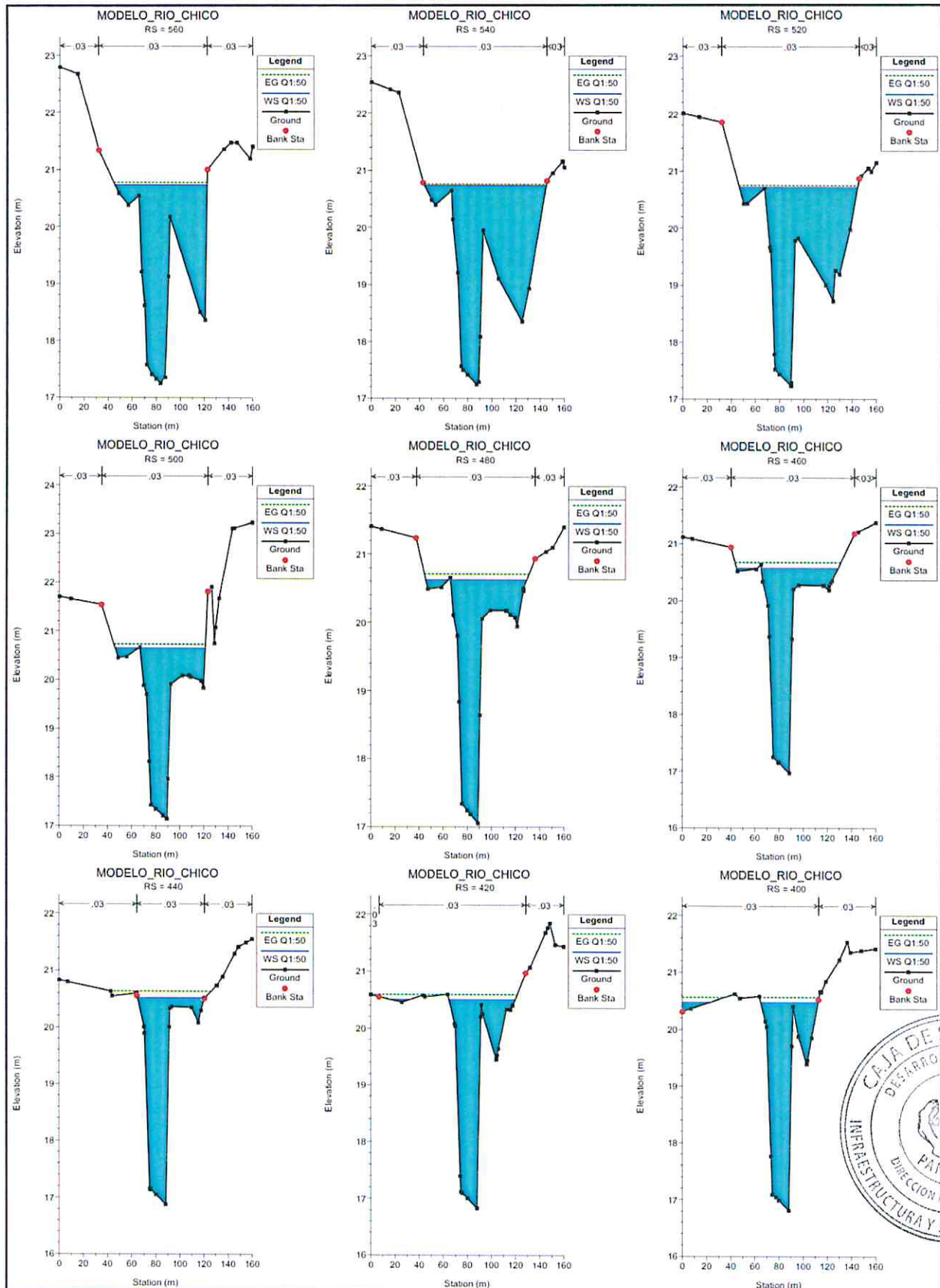
Planta de alineamiento y secciones de Rio Chico en HEC-RAS



VºBº  
Ena de f. Nuevo O  
Ing. Santarén  
29-5-23

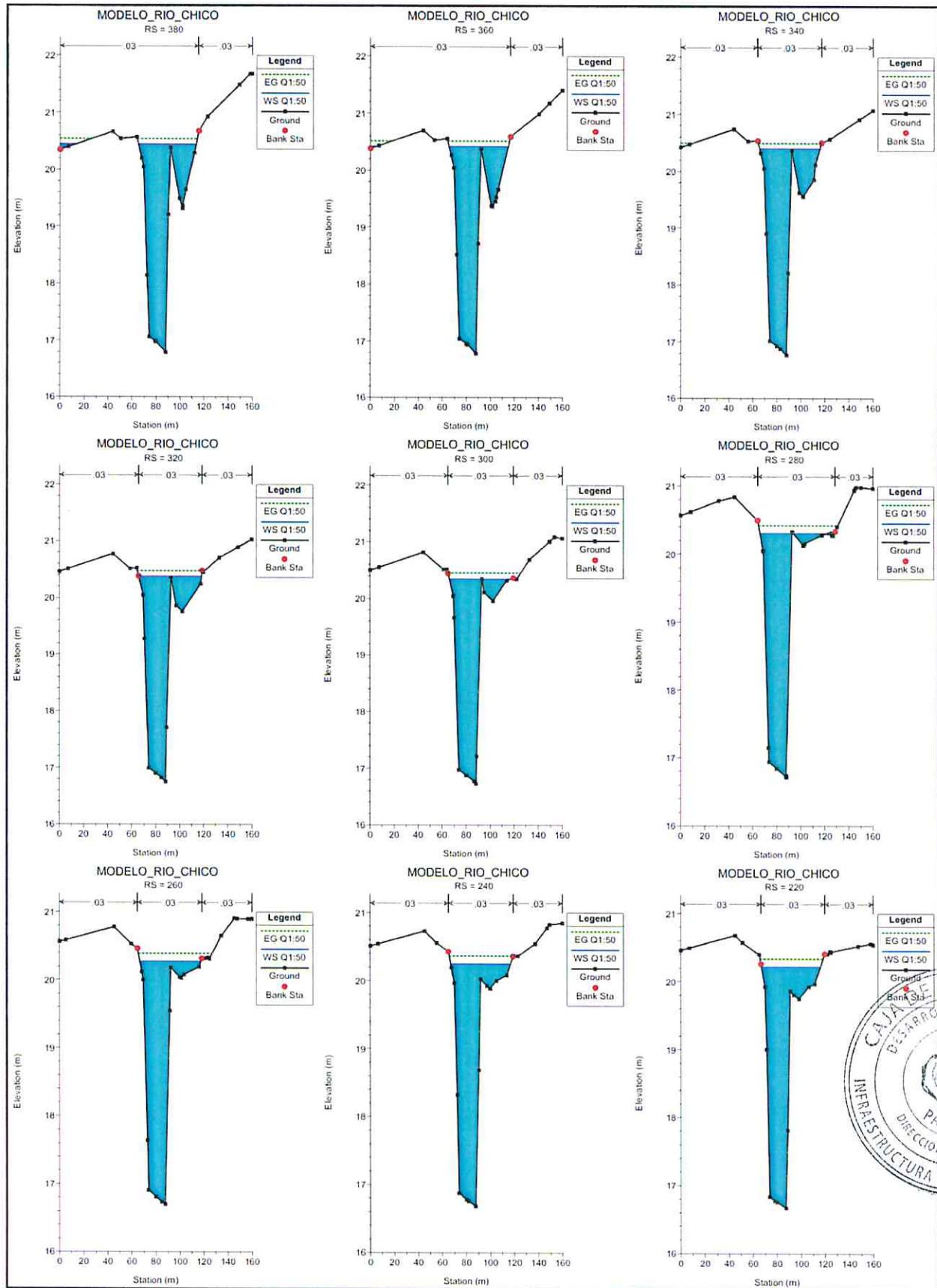


*Ena de f. Nuevo Q*  
*Ing. Sanitaria*  
*29-5-23*



Ena de J. Navarro  
Ing. Santero  
29-5-23

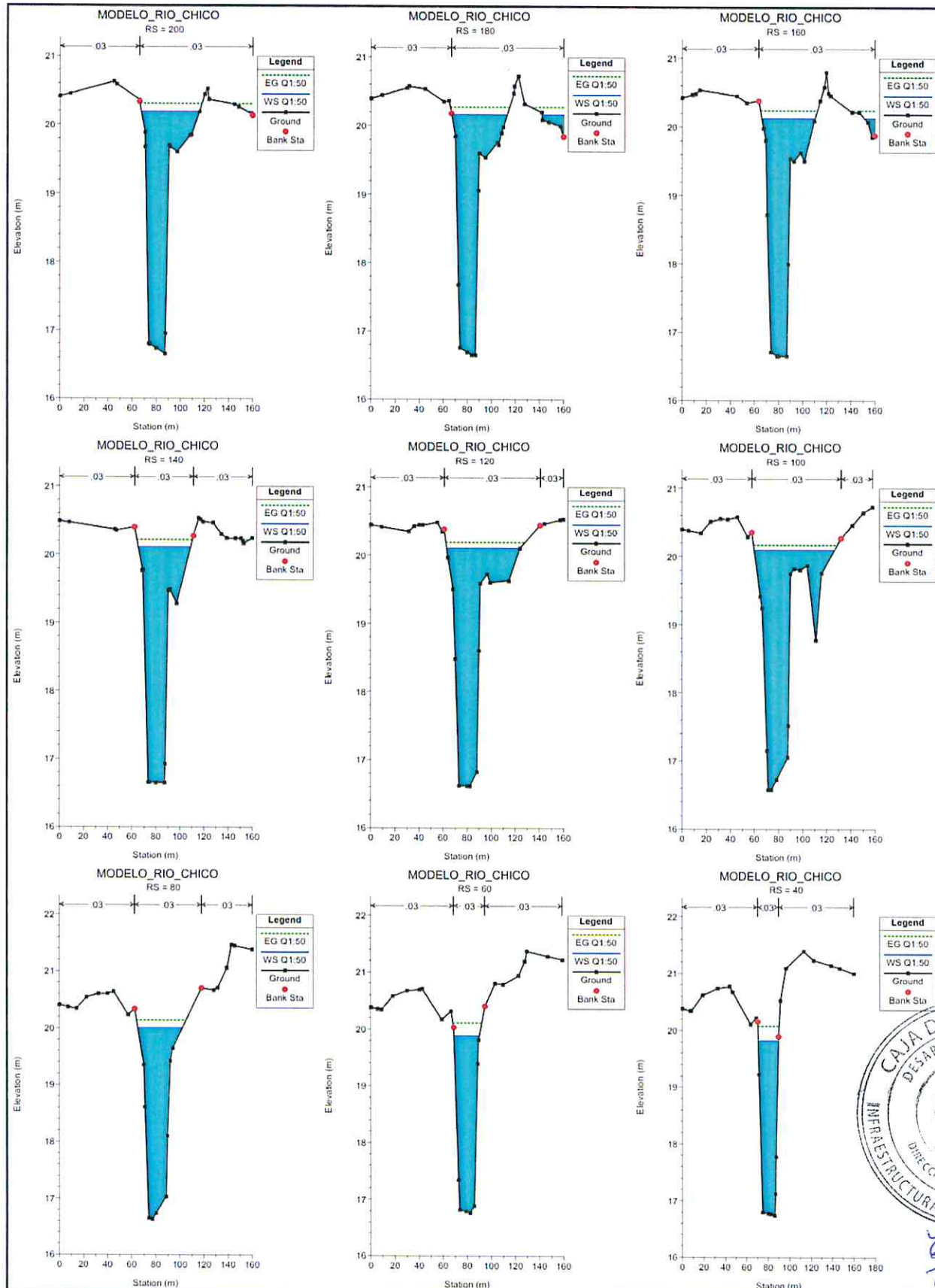




V° B°

CAJA DE SEGURO SOCIAL  
DESARROLLO DE PROYECTOS  
PANAMA  
DIRECCION NACIONAL DE  
INFRAESTRUCTURA Y SERVICIOS DE APOYO

Ena de J. Navarro  
Ing. Santoro  
24-5-23



Exado J. Manuel  
Ing. Sanitosa  
29-5-23



