

Ing. Eldis A. Ruiz V.
C.I.N° 2014-006-131

Análisis Hidrológico

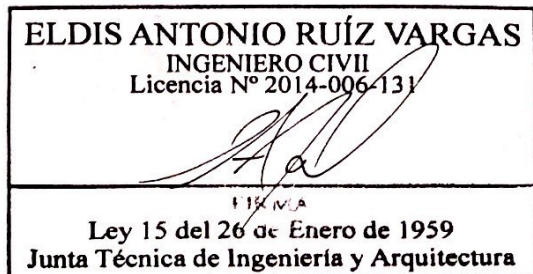


Estudio de Impacto Ambiental Cat. II

"EXTRACCIÓN DE MATERIAL PÉTREO DE RÍO QUEBRO, ACOPIO DE MATERIAL Y PLANTA TRITURADORA, PARA EL PROYECTO DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE LA REHABILITACIÓN DE LA VIA ATALAYA – MARIATO – QUEBRO – LAS FLORES Y MEJORAMIENTO DEL RAMAL A VARADERO, PROVINCIA DE VERAGUAS PANAMÁ."

Promotor: PUENTES Y CALZADAS INFRAESTRUCTURAS, S.L.U. PANAMÁ

Preparado por:



FECHA: SEPTIEMBRE 2021

Ing. Eldis A. Ruiz V.

1. INTRODUCCIÓN

El presente estudio tiene como objetivo complementar el desarrollo del Proyecto de Dragado y extracción de material pétreo a lo largo de distintas zonas del Río QUEBRO para el acondicionamiento, de 2 tramos de Camino ubicados en la periferia de dicho curso Hídrico, de manera que pueda ser evaluado el comportamiento y las condiciones hidrológicas dentro del citado proyecto.

*El proyecto se localiza en **Distrito de Mariato, Provincia de Veraguas**.*

Se utilizaron los conceptos de divisoria o interflujo y sumatoria de líneas paralelas para identificar el perímetro, así como las observaciones de campo.

El área donde se desarrollará el proyecto es una rural, donde predominan arbustos y pastizales en áreas abiertas e interrumpidas y vegetación característica del entorno cercano a un cuerpo hídrico.

Las pendientes de las zonas a intervenir en el proyecto hacia el río son moderadas y su elevación es mayor en el margen donde se van a construir las viviendas.

En la época seca se presentan los caudales menores, durante la época de lluvia se tienen los caudales mayores.

Por la naturaleza del área y el comportamiento del Río se ha considerado para este estudio hidrológico toda el área de drenaje aguas arriba de la zona a intervenir comprendida por la sección del río cuyo recorrido en todas las zonas de intervención del proyecto es de aproximadamente 5k+620 (ver imagen de localización).

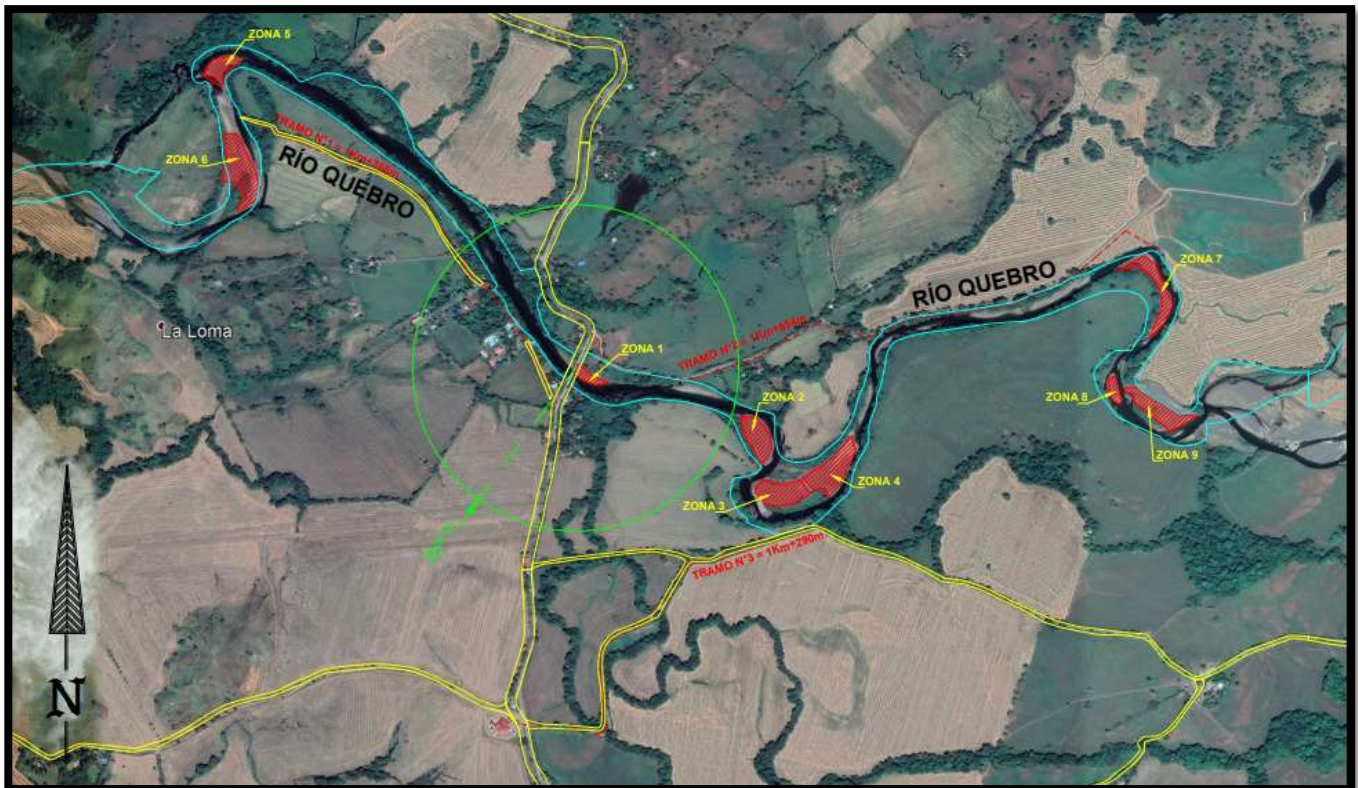


Figura 1. Zona de influencia e intervención

Se somete este proyecto a los cálculos de los caudales promedios en el área de influencia del proyecto para una crecida de un periodo de retorno de 10, 20, 50, 100 años, a través de un recorrido observado en campo, que va desde la estación 0K+000 hasta la 5K+046.00, **hacemos la aclaración de que se ha modelado tomando en cuenta toda el área de drenaje del cauce hídrico y realizado un análisis completo del recorrido del cauce, sin embargo el proyecto se ve influenciado solamente en los tramos señalados en la línea anterior, por lo que las secciones a modelar corresponderán únicamente al tramo a intervenir.**

Por otro lado es menester de este estudio, analizar los volúmenes de agua durante la época de invierno en la sección observada a fin de disponer de los parámetros hidráulicos sustanciales para el buen desempeño del proyecto y de esta manera eliminar las molestias a los futuros usuarios y vecinos del área.

2. OBJETIVO GENERAL

Estudiar aspectos hidrológicos de una sección de la sub-cuenca y observar su comportamiento hidráulico, para periodos de retorno de 1:10; 1:20; 1:50 y 1:100 años respectivamente.

El objetivo del Estudio Hidrológico en la zona es visualizar el potencial de inundación de los terrenos adyacentes al cauce y realizar los análisis correspondientes a fin de establecer el caudal de diseño para el periodo de retorno adecuado y así establecer la cota mínima de terracería, para evitar inundaciones y perjuicios a los que vivan en el área en mención.

Los Estudios Hidrológicos e Hidráulicos se llevaron a cabo a partir de información hidroclimatológica y topográfica de la zona de interés, tomando en cuenta la amenaza que puede generar el proyecto o a la que puede verse expuesto, de acuerdo a los niveles de inundación, estableciendo así las medidas de mitigación necesarias.

3. INFORMACIÓN ANALIZADA

Para el análisis de la situación, se ha valido de toda la información suministrada por La empresa Promotora en donde destacan principalmente:

- ✓ *Diseño Inicial para evacuación de las aguas Pluviales y estudios hidrológicos para quebradas.*
- ✓ *Planos CAD y perfiles topográficos de la zona a analizar.*
- ✓ *Curvas de nivel y levantamiento topográfico.*

De Manera complementaria se emplearon los estudios realizados por ETESA a las principales cuencas del país, para estimar los caudales de la zona.

*Se emplearon los mosaicos topográficos de Quebro y Cerro el Manguillo Hoja 4038 III Y 4038 IV, 1:25,000 del IGNTG de Panamá, analizando la cuenca de Drenaje por el software **ArcMap**.*

3. NORMATIVA DE REFERENCIA MOP: MANUAL PARA LA REVISIÓN DE PLANOS, ACTUALIZADO SEGÚN GACETA NO. 29308-B, OFICIAL DIGITAL, DEL MARTES 15 DE JUNIO DE 2021.

**Análisis Regional de Crecidas Máximas de Panamá
Periodo 1971-2006. ETESA**

4. METODOLOGÍA

Tras analizar la información suministrada, se ha realizado un análisis hidrológico con la finalidad principal de estimar los niveles de crecidas máxima para distintos periodos de retorno y tener un comportamiento bastante aproximado del cauce y la zona donde se desea realizar los trabajos de dragado y extracción de material pétreo. . Para realizar este trabajo se ha procedido de la siguiente forma:

1. Demarcación de las cuencas de aporte de hacia la quebrada.
2. Demarcación de la ruta de recorrido y el tiempo de concentración.
3. Cálculo de la intensidad máxima de lluvia para un periodos de retorno de 1:10; 1:20;1:50 y 1.100 años.

Recopilación de la Información

Básicamente se recabó la información a partir de la revisión y análisis de bibliografía, Estudios hidrológicos del área de interés, glosario hidrológico internacional, documentos, planos, mapas, especificaciones del MOP, Leyes, Normas y Decretos relativos al agua y de las observaciones y mediciones realizadas en campo con un equipo de especialistas.

Cálculos

En gabinete se realizaron elaboraciones de planos, cálculos y mediciones del área de drenaje y su delimitación, pendientes, distancias, perfil de la quebrada, recorrido de la quebrada, secciones transversales, dimensiones de los taludes, así como de otros parámetros hidráulicos, análisis de variables climatológicas y levantamientos topográficos y batimétricos en los puntos de interés, se utilizaron los Mosaicos topográficos Quebro y Cerro el Manguillo Hoja 4038 III Y 4038 IV, 1:25,000 del IGNTG de Panamá.

Entre las consultas revisamos los boletines hidrológicos de ETESA.

Las visitas al sitio del proyecto se realizaron para el reconocimiento del área y otros aspectos ambientales (flora y fauna, aspectos físicos y comunidad adyacente al curso hídrico, evaluación visual, etc.), el cálculo de caudales para diferentes períodos de retornos, levantamientos topográficos y geodésicos, cálculo de secciones transversales y perfil de la quebrada.

Hidrología

Hidroclimatología

En el área objeto del estudio, según la clasificación de climas de Köppen el clima predominante es Tropical Húmedo (Ami), caracterizado por una precipitación anual mayor a 2,500 mm; uno o más meses con precipitación menor de 60 mm, temperatura media del mes más fresco $> 18^{\circ}\text{C}$, diferencia entre la temperatura media del mes más cálido y el mes más fresco $< 5^{\circ}\text{C}$.

La información climática que describimos a continuación, la tomamos de la estación meteorológica N° 120-002, ubicada en el Aeropuerto Rubén Cantú, es una estación tipo A, que opera desde el mes de mayo de 1995, localizada en las coordenadas $08^{\circ}05'$ de latitud norte y $80^{\circ}58'$ de longitud oeste, a una elevación de 80 m.s.n.m. Esta estación se encuentra aproximadamente a 1.5 kilómetros del sitio del proyecto.

Precipitación y clima de la Provincia de Veraguas

En la provincia de Veraguas el promedio anual oscila entre los 2000 y 5000 milímetros anuales, siendo las zonas más secas las de/ sur de la península de las Palmas y las más húmedas en la Cordillera Central y la Costa Atlántica. El 85% de la provincia tiene un clima tropical húmedo (meses con precipitación anual mayor de 2500 mm, 1 ó más meses con precipitación menor a 60 ml con temperaturas del mes más fresco superior a 18°C zona de vida. El 5% tiene un clima templado muy húmedo de altura con lluvias copiosas todo el año y el mes más seco con lluvia mayor o igual a 60 mm. La temperatura media del mes más fresco por debajo de 18°C se ubican en las partes más altas de la Cordillera Central. El resto (10%) tiene un clima tropical muy húmedo con lluvias copiosas todo el año, el mes más seco superior a 60 mm de lluvia y la temperatura del mes más fresco superior a los 18°C , ocupa una franja en la costa norte atlántica de la provincia.

La estación lluviosa o invierno empieza por lo regular a mediados de abril o a mediados de mayo, la mayor parte de las lluvias de invierno caen bajo forma de violentos aguaceros en horas de la tarde. El relieve introduce pocas diferencias en el régimen de lluvias durante el invierno. Toda la vertiente del Pacífico está sometida a la llegada de las masas de aire húmedo inestable del Sur (Oster, R. 1980).

La cantidad y frecuencia de las lluvias son función del relieve. La estación lluviosa se caracteriza por períodos continuos de días lluviosos. La tendencia general es de un aumento de la lluvia desde el nivel del mar hacia un óptimo pluviométrico situado entre 500 y 1000 metros. Después se observa una disminución muy rápida de las lluvias, arriba de los 1000 metros de altitud (Oster, R. 1980).

Precipitación

La precipitación promedio en el período 1971-2003, fue de 2408.3, con un máximo anual de 3160.9 mm en 1971 y un mínimo de 1453.2 mm en 1976. Octubre es el mes más lluvioso y febrero el más seco, con 392.1 y 16.9 mm de precipitación promedio respectivamente. La mayor precipitación mensual registrada en la región fue en octubre de 1971, con 625.2 mm.

En el cuadro siguiente se observan los valores promedios mensuales de precipitación, para el período señalado en líneas anteriores.

Cuadro N° 1
Precipitación mensual promedio 1971-2003

E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	Total
23.4	16.9	21.9	97.6	309.5	309.5	238.5	322.2	344.5	392.1	261.5	91.4	2,408.3

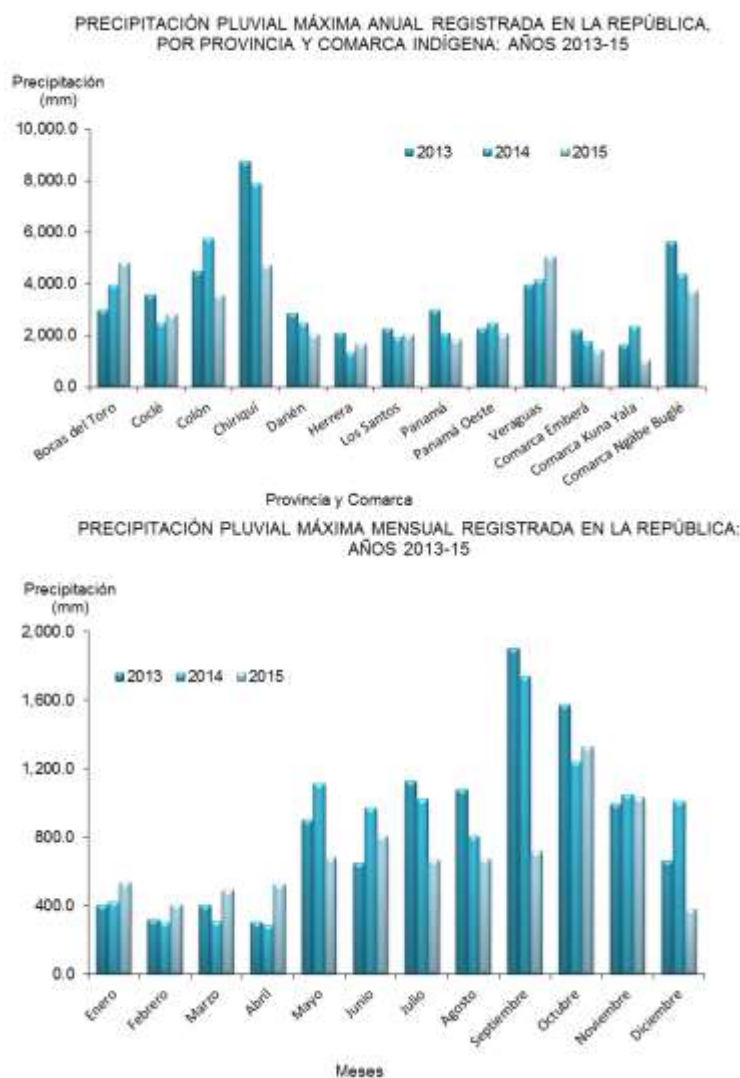
Fuente ETESA, Departamento de Hidrometeorología, Estación 120-002

Cuadro N° 2: Precipitación Pluvial anual - Estación Meteorológica de Santiago**Precipitación Pluvial mensual (en milímetros)**

1985	1986	1987	1988	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998
1919.9	2328.1	2160.8	2864.5	1872.3	2593.1	1820.9	2216.7	2/809.2	2099.8	3041.3	2483.3	1799.3

Fuente Departamento de hidrometeorología – ETESA

Para la provincia de Veraguas tenemos datos más específicos registrados en la página oficial del INEC, y de los cuales respecto al tema de las precipitaciones podemos mostrar los siguientes cuadros:



INF/DISEÑO – ESTUDIO HIDROLÓGICO

Ing. Eldis A. Ruiz V.

C.I.N° 2014-006-131

Provincia, comarca indígena y estación	Precipitación pluvial (en milímetros)												
	Total	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
Veraguas:													
Calobre.....	2,051.0	-	71.4	-	102.6	118.8	115.1	332.5	223.2	325.9	397.6	357.3	6.6
Calovébora.....	5,041.2	489.5	351.5	315.7	524.6	452.2	398.5	519.6	672.2	401.0	109.6	425.0	381.8
Cañazas.....	1,668.8	-	6.2	-	134.7	67.1	205.9	69.6	115.6	297.8	259.9	511.0	1.0
Cativé.....	3,359.6	-	30.1	-	173.9	371.7	245.7	579.4	364.0	716.1	762.1	-	116.6
Cerro Verde (1).....	1,995.1	...	...	-	84.0	-	-	155.1	103.3	495.3	669.5	487.9	-
El Cobrizo (1).....	953.0	-	-	4.1	51.8	84.5	313.4	118.2	87.7	290.0	3.3	...	...
El Guabal.....	4,352.3	341.6	273.9	309.3	334.1	525.7	514.3	502.9	454.9	281.1	254.9	181.8	377.8
El Marañón.....	2,151.4	-	-	-	18.9	118.5	98.0	396.9	218.1	321.3	393.7	582.3	3.7
Laguna La Yeguada.....	2,561.7	1.1	1.1	-	163.3	134.3	289.0	147.0	102.2	513.5	665.1	492.4	52.7
Los Valles (1).....	435.2	2.2	0.9	1.4	74.4	0.3	27.8	103.9	34.2	168.5	21.6	...	...
Mariato (1).....	972.6	-	7.5	-	115.2	220.0	165.6	283.8	180.5	...	...	...	...
Ojo de Agua.....	2,577.6	-	8.1	1.0	75.9	331.5	167.9	300.1	193.3	567.5	533.4	361.1	37.8
Río Luis.....	4,560.5	425.9	213.5	489.4	391.6	538.0	499.4	410.4	559.8	265.3	149.6	238.9	378.7
Santa Fe.....	1,186.4	17.2	9.1	7.1	122.4	78.6	107.1	51.4	130.3	158.7	246.6	250.9	7.0
Santiago.....	2,064.8	-	1.7	-	85.5	207.1	88.7	332.2	213.6	479.4	378.5	271.7	6.4

Cuadro 121-03. PRECIPITACIÓN PLUVIAL ANUAL Y MÁXIMA MENSUAL REGISTRADAS EN LAS ESTACIONES METEOROLÓGICAS DE LA REPÚBLICA, SEGÚN PROVINCIA, COMARCA INDÍGENA Y ESTACIÓN: AÑO 2015					
Provincia, comarca indígena y estación	Precipitación anual			Precipitación máxima mensual	
	Cantidad (mm)	Días de lluvia	Promedio diario (mm)	Cantidad (mm)	Mes
Veraguas:					
Calobre.....	2,051.0	126	5.6	397.6	Octubre
Calovébora.....	5,041.2	242	13.8	672.2	Agosto
Cañazas.....	1,668.8	97	4.6	297.8	Septiembre
Cativé.....	3,359.6	130	9.2	762.1	Octubre
Cerro Verde.....	1,995.1	90	5.5	669.5	Octubre
El Cobrizo.....	953.0	60	2.6	313.4	Junio
El Guabal.....	4,352.3	270	11.9	525.7	Mayo
El Marañón.....	2,151.4	109	5.9	582.3	Noviembre
Laguna La Yeguada.....	2,561.7	122	7.0	665.1	Octubre
Los Valles.....	435.2	36	1.2	168.5	Septiembre
Mariato.....	972.6	37	2.7	283.8	Julio
Ojo de Agua.....	2,577.6	141	7.1	567.5	Septiembre
Río Luis.....	4,560.5	246	12.5	559.8	Agosto
Santa Fe.....	1,186.5	107	3.3	250.9	Noviembre
Santiago.....	2,064.8	118	5.7	479.4	Septiembre

Temperatura de la Provincia de Veraguas

Las temperaturas medias más bajas de la provincia, son del orden de los 22° C en las tierras altas de la cordillera, y las temperaturas medias más altas cerca de los 27° C, en las tierras bajas. La Temperatura media anual del aire superficial se ubica generalmente entre los 26° y 27°C.

La temperatura promedio en el area del proyecto es de 26.8°C, con valores que oscilan entre 26.1 °C en diciembre y 28.3 °C en abril. En este sector se han presentado temperaturas máximas de 36.1°C, en marzo de 1987 y mínimas de 17.5° C, en el mes de 1989. Los valores mensuales de temperatura los detallamos en el cuadro N°3.

Cuadro N°3

Temperatura máxima, mínima y media

Temp.	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
Max.	28.2	28.9	29.8	29.5	29.0	28.0	27.9	27.7	29.5	27.0	27.2	27.4
Min.	25.4	25.3	25.3	27.2	26.6	25.9	25.6	25.6	25.1	25.4	25.1	24.9
Prom.	26.4	27.1	27.9	28.3	27.5	26.9	26.7	26.6	26.5	26.2	26.3	26.1

Fuente Departamento de hidrometeorología - ETESA

Evaporación de la Provincia de Veraguas

La evaporación es el fenómeno de vaporización que se produce lentamente sobre la superficie libre del líquido a la temperatura ordinaria, Las causas de las cuales depende la evaporación son la temperatura de la capa superficial del agua, la humedad del aire, la velocidad del viento y la presión atmosférica a lo que hay que añadir la magnitud y forma de la superficie por donde se realiza esa evaporación, la cual no se verifica solamente sobre los mares y sobre los ríos en donde naturalmente es máxima, sino también sobre la nieve y en los terrenos cubiertos de vegetación o en los pantanos. Esta evaporación es mayor cuanto más elevada es

la temperatura de la capa de agua y cuanto más veloz y seco es el viento que pasa por encima de ella. Así tenemos que a mayor temperatura y mayor velocidad del viento, la evaporización será más elevada.

Evaporación de la Ciudad de Santiago

Según la estación meteorológica de Santiago, ubicada en el aeropuerto Rubén Cantú, los valores de evaporación para el área nos muestran que los máximos valores los encontramos para los meses de la época seca, específicamente los meses de febrero y marzo, donde la intensidad solar es mayor, mientras que para los meses de agosto y noviembre, encontramos los valores menores para evaporación, debido a la gran cantidad de lluvia que se suscitan en esta parte del País.

En el área de influencia de la estación meteorológica, los máximos valores de evaporación se presentan durante la época seca, específicamente entre los meses de febrero a abril, cuando la intensidad solar es mayor, mientras que en los meses de agosto a noviembre se observan los valores menores de evaporación.

En la tabla N°4 presentamos los valores de evaporación registrada en la estación m 120-002, en el periodo 1993 y 1999.

Cuadro N°4
Evaporación promedio (mm)

Mes	1993*	1994*	1995*	1996**	1997**	1998**	1999**
Ene	5.7	6.9	8.0	157.1	167.6	250.8	160.8
Feb	8.0	8.5	8.8	195.8	177.1	195.4	190.9
Mar	8.0	8.3	8.4	244.0	234.9	299.6	242.2
Abr	6.6	8.4	5.7	199.9	195.6	251.9	170.7
May	4.8	5.0	4.2	107.0	155.6	197.2	122.8
Jun	5.0	3.7	4.2	98.3	128.6	136.1	105.9
Jul	4.7	4.0	3.8	109.1	146.3	129.9	125.8
Ago	4.4	4.3	3.2	107.7	167.1	130.8	135.3
Sep	4.9	4.3	3.7	118.0	131.1	123.5	153.6
Oct	4.2	5.4	3.4	109.2	125.1	105.1	-----
Nov	3.8	4.1	3.7	88.9	99.4	121.7	-----
Dic	4.8	5.5	4.0	130.4	193.6	137.0	-----

Fuente: Departamento de Hidro meteorología

***Promedio mensual diario**

****Promedio mensual total**

De manera general para el **año 2015** en la provincia de Veraguas se tiene de manera actualizada lo siguiente:

Cuadro 121-05. PROMEDIO DE EVAPORACIÓN REGISTRADA EN ALGUNAS ESTACIONES METEOROLÓGICAS DE LA REPÚBLICA, POR MES, SEGÚN PROVINCIA Y ESTACIÓN: AÑO 2015													
Provincia y estación	Promedio de evaporación (en milímetros) (1)												
	Anual	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
Veraguas:													
Cañazas	5.0	6.6	6.6	7.3	6.8	4.7	4.7	4.2	4.4	3.8	3.2	3.2	4.4
Laguna La Yeguada.....	3.6	4.6	4.8	5.6	5.1	3.2	3.4	2.7	3.3	2.8	2.5	1.8	3.6
Santiago.....	5.4	5.9	7.0	8.4	7.0	5.2	4.3	5.2	4.6	4.6	4.1	3.8	5.1
(1) El promedio de evaporación anual se basa en los promedios mensuales y las cifras para cada mes son promedios diarios.													
(2) Con base en los meses en que hubo información.													
(3) Estación perteneciente a la Autoridad del Canal de Panamá (ACP).													

Velocidad y dirección del viento

Como se observa en el cuadro N° 5, la velocidad del viento varía con la estación. En la estación seca predominan los vientos alisios provenientes del noreste, con velocidades entre 4.8 y 6.8 kilómetros por hora, lo que repercute en un mayor transporte de partículas por aire durante este período. En la estación lluviosa la velocidad varía entre 3.8 y 4.5 kilómetros por hora. En marzo se presentan los vientos más fuertes coincidiendo con el pleno dominio de los vientos alisios del noreste.

Cuadro N°5

Velocidad mensual del viento (m/s)

Vel	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
Prom	1.33	1.40	1.90	1.65	1.30	1.05	1.07	1.08	1.08	1.32	1.10	1.20
Max	1.70	1.60	2.30	1.80	1.50	1.20	1.10	1.10	1.20	1.60	1.40	1.30
Min	1.00	1.20	1.60	1.50	1.10	0.80	1.00	1.00	1.00	1.00	0.90	1.00

Fuente: ETESA, Departamento de Hidrometeorológica, Estación 120-002

El Promedio anual de dirección del viento se detalla a continuación.

Cuadro N°6
Dirección del viento

Mes	Nº de Obs	N	NE	E	SE	S	NO	O	SO
Ene	743	243	103	79	4	10	150	85	69
Feb	696	264	142	80	9	1	100	70	30
Mar	744	251	156	86	6	13	100	60	72
Abr	720	190	93	66	5	25	120	100	121
May	744	48	45	66	12	64	150	140	219
Jun	720	38	36	22	8	69	140	189	218
Jul	744	43	54	21	19	52	120	200	235
Ago	744	49	42	49	25	43	90	150	296
Sep	702	50	22	35	20	52	70	140	313
Oct	726	12	16	24	10	58	40	200	366
Nov	720	54	44	14	13	72	80	180	236
Dic	744	120	94	102	27	7	150	150	94
Total	8,747	1,362	847	644	158	466	1,310	1,664	2,269
% Anual		15.6	9.7	7.4	1.8	5.3	15.0	19.0	25.9

Fuente: ETESA, Departamento de Hidrometeorológica, Estación 120-002

Humedad relativa

En términos generales la humedad relativa del aire es mayor en horas diurnas y mínimas en horas de la noche. La humedad relativa promedio registrada es de aproximadamente 79.6 %, con valores mínimos de 63.9% en marzo y máximos de 88.1% en octubre. Mayores detalles sobre el comportamiento de esta variable la presentamos en el cuadro N° 7.

Cuadro N°7
Humedad Relativa Mensual (%)

Año	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	Prom
1998	63.2	65.0	60.3	63.5	71.7	80.6	84.1	84.8	85.8	87.5	84.7	84.7	76.3
1999	75.4	70.4	67.5	71.8	83.3	85.6	83.5	85.4	87.4	88.6	86.8	86.8	80.8
Prom	69.3	67.7	63.9	67.7	77.4	83.1	83.8	85.1	86.6	88.1	85.8	85.8	78.6

Fuente: ETESA, Departamento de Hidrometeorológica, Estación 120-002

Brillo Solar

La nubosidad, medida indirectamente por el número de horas de sol registradas en el heliógrafo ubicado en la estación 120-002, indican que entre diciembre y abril, el sol brilla entre 57 y 76 por ciento, mientras que durante la estación lluviosa se estima, brilla entre 37 a 44 por ciento.

Morfometría de la sección de la quebrada

Entre las características morfométricas del cuerpo de agua se tiene lo siguiente:

*El área de drenaje es de **2443.99 Km²***

*La elevación media es de **12 m.s.n.m.***

Según el perfil topográfico del alineamiento de la quebrada observamos que tenemos dos comportamientos para la pendiente siendo la pendiente máxima aproximada de 5.5 % y de manera general a lo largo del tramo se puede decir que la inclinación promedio es de 1.4%.

5. ANÁLISIS HIDROLÓGICO INICIAL

5.1 DELIMITACIÓN DE LAS CUENCAS.

5.1.1. DELIMITACIÓN DE LAS CUENCA HACIA ZONA DE INTERVENCIÓN

La cuenca hidrográfica, la cual drena hacia el tramo donde se realizará la extracción de material tiene un área de drenaje de alrededor de 244,399 hectáreas; el cálculo se hizo utilizando los Mosaicos topográficos Quebro y Cerro el Manguillo Hoja 4038 III Y 4038 IV, 1:25,000 del IGNTG de Panamá anexos a este informe, completado con las observaciones y mediciones de campo realizadas en el área de influencia de la cuenca.

*Se observa que el área de drenaje tiene una gran zona de **influencia > 250 has**, por lo que no es posible utilizar el método racional para la estimación de los caudales.*

Se realizó una delimitación con software y se realizó el análisis correspondiente tomando en cuenta el procedimiento establecido en el Análisis regional de crecidas Máximas de ETESA.

Delimitación de la zona de influencia y trazado previo de vertientes existentes.

Para el análisis de la cuenca contigua a la zona de intervención se procedió utilizar una serie de Geo-Procesos en el Software de manera que pudiera trazarse un polígono y las vertientes actuales de la zona a fin de obtener el área de influencia estimada para el **Río Quebro (Ver Mapas generados adjuntos).**

Trazado previo de vertientes existentes.

Procedimiento de Análisis:

- Se exportó el tramo de Influencia en formato KML generado en google earth al software.

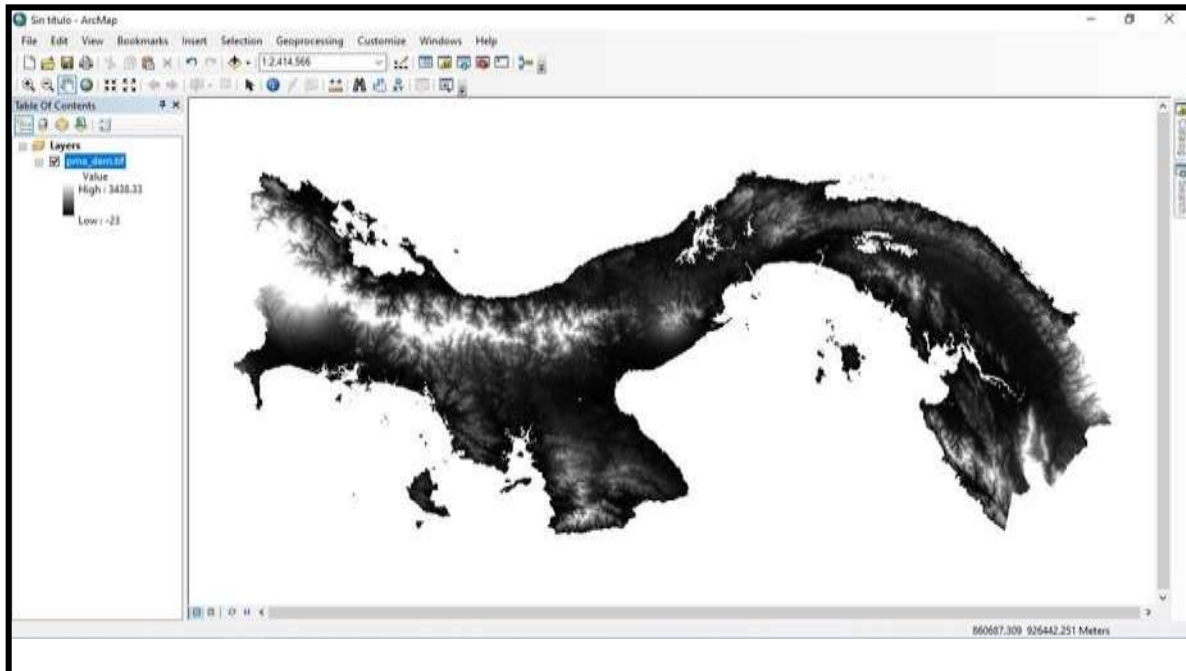


Figura 3. MODELO DE ELEVACIÓN DIGITAL

- Se Procedió a cargar un DEM (Modelo de elevación digital) propio del programa esto con la finalidad de obtener información topográfica y depresiones de la zona a analizar y poder realizar el análisis y delimitación de las cuencas con el software.
- Se cargaron capas de ríos secundarios en el modelo de elevación digital de manera que pudieran tenerse todos los afluentes para el tramo en análisis.
- Se emplearon herramientas de análisis hidrológico del Software ArcMap de modo que pudiera delimitarse de manera correcta el área de la cuenca en Análisis para el **Quebro**
- **A manera ilustrativa se muestra parte del procedimiento realizado en el programa.**

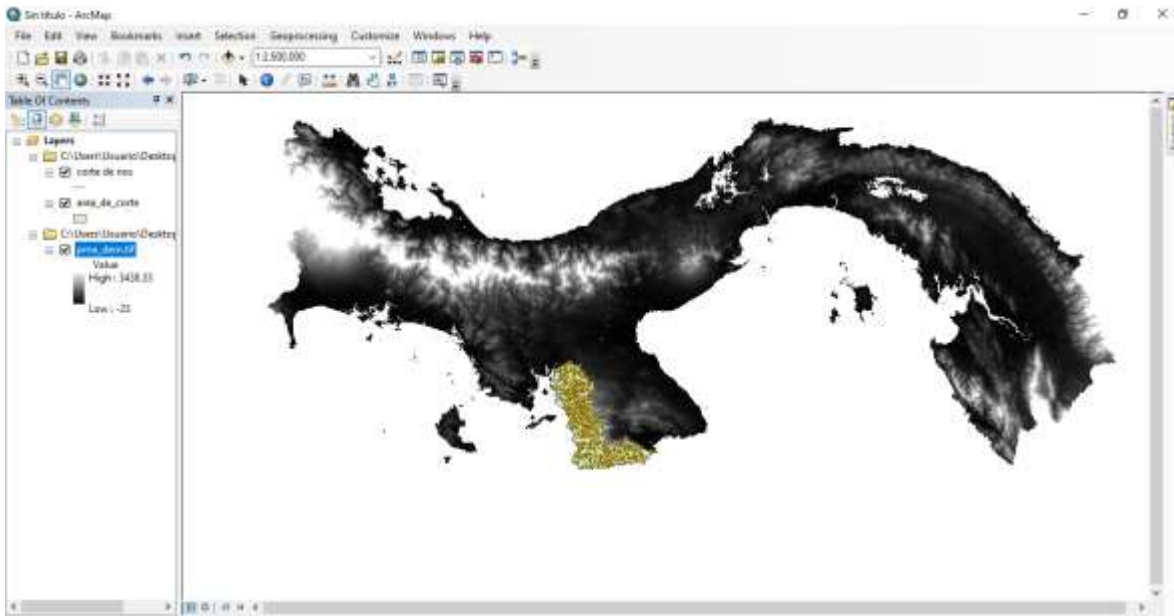


Figura 4. INSERCIÓN DE CAPAS DE RÍOS SECUNDARIOS

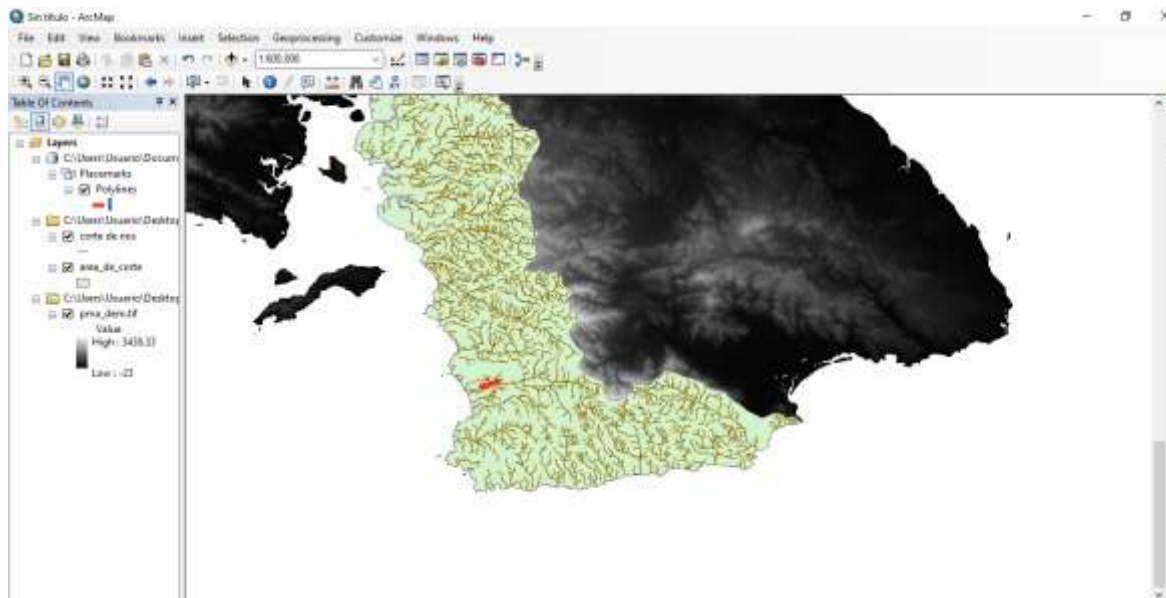


Figura 5. UBICACIÓN DE TRAMO O ZONA A ANALIZAR

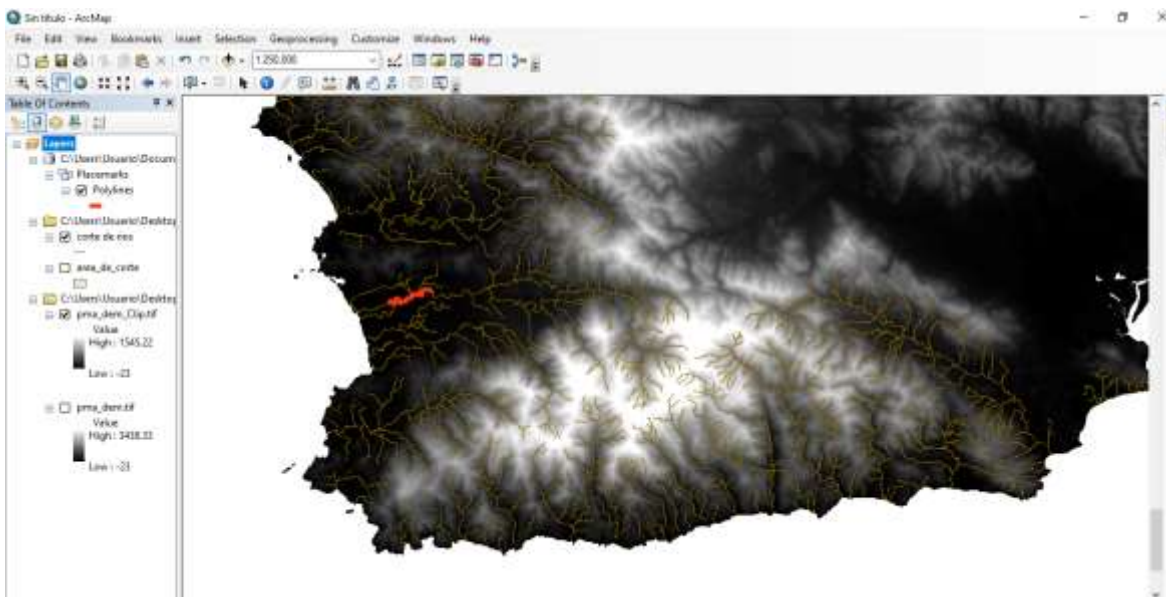


Figura 6. GENERACIÓN DE ACUMULACIÓN DE FLUJO GENERAL PARA LA ZONA.

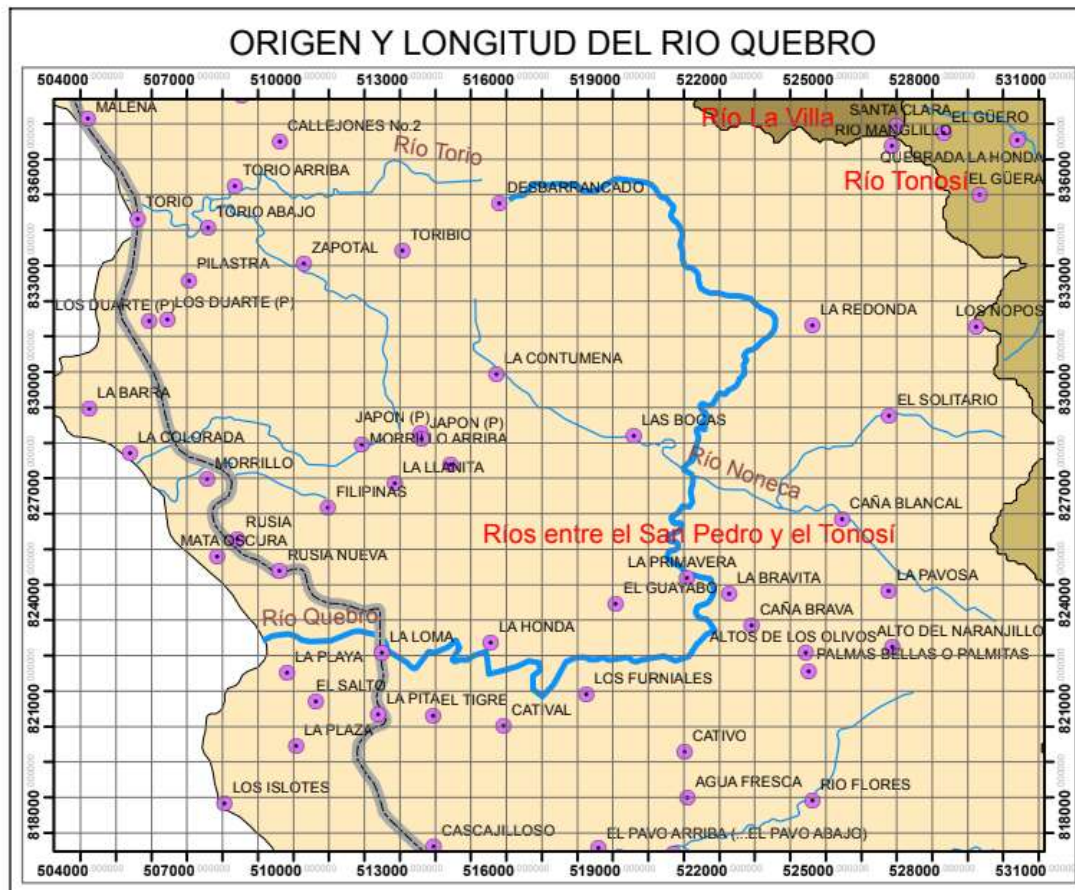


Figura 7. GENERACIÓN DE CUENCA DE DRENAJE PARA EL RÍO QUEBRO

5.2. MÉTODO ETESA

La aplicación del Método Lavalin (Método ETESA) consiste en lo siguiente:

- A. Se determina el área de drenaje de la cuenca del sitio de Interés en Km².
- B. De acuerdo a la localización geográfica del recurso a analizar, se determina la zona a la que pertenece según la Región Hidrológicamente Homogénea (ETESA).
- C. Se calcula el caudal promedio máxima utilizando una de las cinco ecuaciones elaboradas por ETESA para este fin, en función de la Zona establecida.

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

Fuente: Cuadro 7, "Resumen Técnico Análisis Regional de Crecidas Máximas de Panamá Periodo 1971-2006"

- Se calcula el Q_{max} instantáneo para el periodo de retorno requerido, multiplicando el caudal antes obtenido por uno de los siguientes factores en función del sitio de estudio.

Factores $Q_{\max} / Q_{\text{prom. max}}$ para distintos Tr.				
Tr, años	Tabla # 1	Tabla # 2	Tabla # 3	Tabla # 4
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

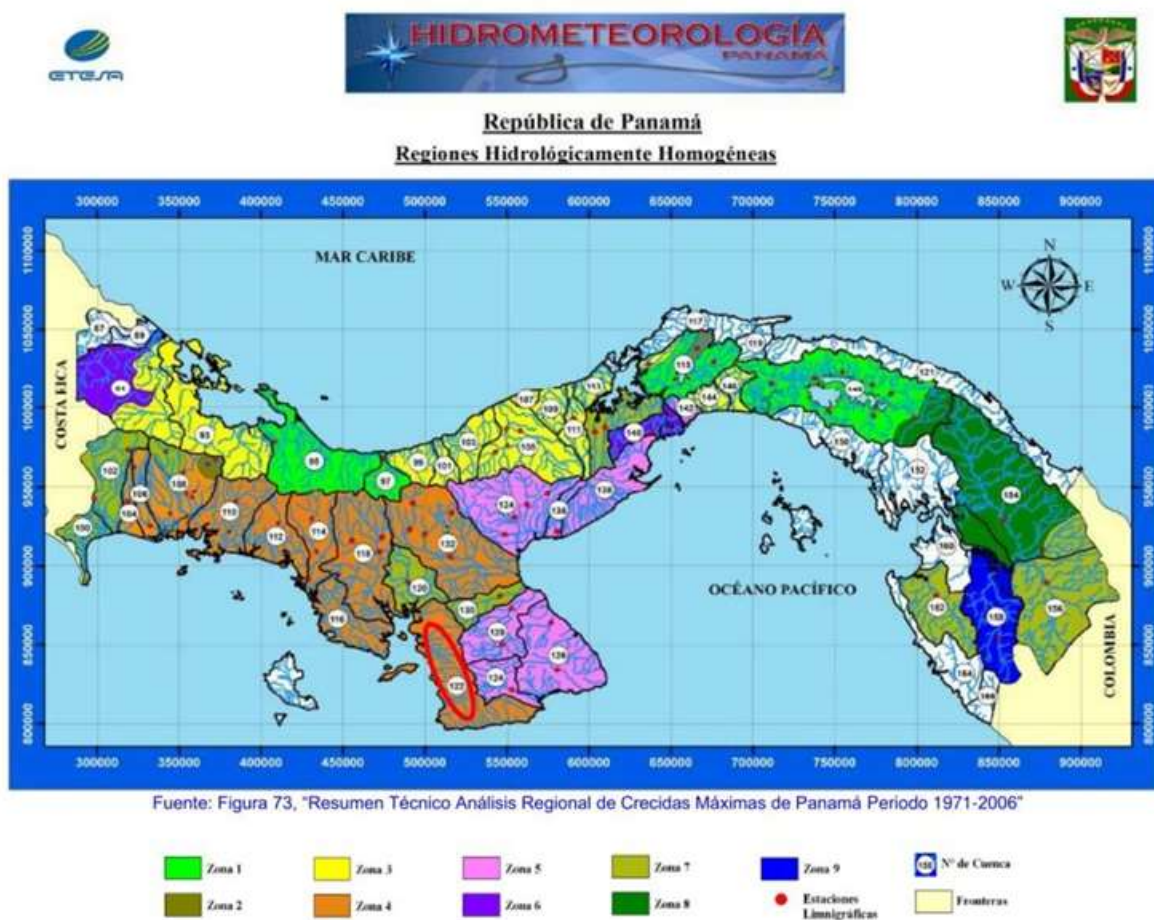
Fuente: Cuadro 6, "Resumen Técnico Análisis Regional de Crecidas Máximas de Panamá Periodo 1971-2006"

Para la zona de estudio, Zona 4, la tabla de distribución de frecuencias que relaciona los caudales máximo y promedio para distintos periodos de retorno es la Tabla 4.

Para el cálculo del caudal promedio se aplica la Ecuación 2, dada por la siguiente expresión:

$$Q = 25 \times A^{0.59}$$

Se asume que la zona de estudio se encuentra en la Zona 4, basado en el Plano para las zonas Hidrológicamente Homogéneas de ETESA mostrado a continuación.



Con el área de drenaje estimada se calculan los caudales instantáneos para los distintos tipos de periodo establecidos, los resultados de los cálculos se muestran a continuación:

CUENCA	INFLUENCIA	SUPERFICIE EN Km ²	PERIODO DE RETORNO	CAUDAL m3/s	FACTOR (TABLA 4)	CAUDAL INSTANTÁNEO(m3/s)
RIO QUEBRO	ZONA 1 @ ZONA 9	2443.99	1:10 AÑOS	2494.13	1.55	3865.9
RIO QUEBRO	ZONA 1 @ ZONA 9	2443.99	1:20 AÑOS	2494.13	1.78	4439.5
RIO QUEBRO	ZONA 1 @ ZONA 9	2443.99	1:50 AÑOS	2494.13	2.1	5237.7
RIO QUEBRO	ZONA 1 @ ZONA 9	2443.99	1:100 AÑOS	2494.13	2.33	5811.3

VERIFICACIÓN DE LA CAPACIDAD RÍO QUEBRO (TRAMO EN INTERVENCIÓN)

Cuando estudiamos un tramo de un determinado río para conocer hasta donde llegaría el agua si el caudal alcanzara cierto valor, nos surgen preguntas como ¿qué altura alcanzará la lámina de agua? ¿se inundarán las zonas próximas? ¿en qué extensión?

Responder a estas preguntas no es una tarea fácil ya que debemos tener en cuenta diferentes factores como la forma del cauce, su pendiente o su naturaleza (tipode material, presencia de vegetación, etc.). Pero si además existen obras en el cauce (puentes, canalizaciones...) o queremos saber qué pasaría si existieran, el problema se complica.

Hoy en día disponemos de diversos softwares específicos de modelización hidráulica que facilitan la entrada de datos y permiten visualizar gráficamente los resultados, incluso exportarlos en forma de tablas, lo que nos facilita su interpretación. Entre todo ellos, destaca sin duda el software HEC-RAS (desarrollado por el Hydrologic Engineering Center del US Army Corps of Engineers), es uno de los programas de referencia dentro de su campo.

HEC-RAS (Hydrological Engineering Center - River Analysis System) es un programa de modelización hidráulica unidimensional compuesto por 4 tipos de análisis en ríos:

- Modelización de flujo en régimen permanente.
- Modelización de flujo en régimen no permanente.
- Modelización del transporte de sedimentos.
- Análisis de calidad de aguas.

Nos permite simular flujos en cauces naturales o canales artificiales para determinar el nivel del agua por lo que su objetivo principal es realizar estudios de inundabilidad y determinar las zonas inundables.

Se procedió a modelizar las secciones óptimas propuestas en el diseño inicial a fin de verificar si es necesario cambiar su dimensionamiento a través del modelo HEC-RAS.

Se modelizó para la aportación de cada microcuenca estimada con el método racional.

Así como para la aportación del caudal calculada con el método racional.

Se generaron secciones en el software civil 3D en base a la topografía levantada y se exportaron al software Hec-ras para realizar la verificación bajo nuestros parámetros de diseño.

Cuando nos enfrentamos a la definición de los condicionantes hidráulicos de un modelo hidráulico, ya sea uni o bidimensional, una de las variables que más influyen en el comportamiento del modelo es precisamente el coeficiente de rugosidad.

Disponer de toda esta información previa de valores ya establecidos, verificados, contrastados y tabulados es realmente de mucha ayuda. Pero claro, esos valores responden a unas características muy concretas que seguramente presentará similitudes con las que tiene el cauce que debes modelizar. Pero al final cada caso es único. Por ello es importante entender los factores que afectan el valor n para adquirir un conocimiento básico del problema y disminuir la incertidumbre.

El conocimiento y la experiencia a través de los años permite al diseñador asignar valores que mejor se ajusten a las condiciones encontradas, sin embargo cuando no se cuenta con esa experiencia, contamos con diferentes métodos estimativos para poder realizar una modelización lo más real posible.

Cowan, en 1956, desarrolló una expresión que permite determinar el valor del coeficiente de Manning a través de la interacción de diferentes parámetros que permiten describir o valorar características concretas de un cauce. La expresión es la siguiente:

$$n = (n_b + n_1 + n_2 + n_3 + n_4) \cdot m$$

n esta expresión, el valor del coeficiente de rugosidad de Manning n depende de:

n_b = un valor base de n para un cauce recto, uniforme y liso en función del material del fondo

n_1 = factor de corrección para implementar el efecto de las irregularidades superficiales

n_2 = un valor que añade las variaciones de forma y tamaño de la sección del cauce

n_3 = un valor que implementa el efecto de obstrucciones

n_4 = un valor que incorpora el efecto de presencia de vegetación

m = un factor corrector que implementa la sinuosidad del cauce.

La explicación de esta metodología esta recogida la “Guide for Selecting Manning’s Roughness Coefficients for Natural Channels and Flood Plains”

Tabla 5-5. Valores para el cálculo del coeficiente de rugosidad mediante la ecuación (5-12)

Condiciones del canal		Valores	
Material involucrado	Tierra	n_b	0.020
	Corte en roca		0.025
	Grava fina		0.024
	Grava gruesa		0.028
Grado de irregularidad	Suave	n_1	0.000
	Menor		0.005
	Moderado		0.010
	Severo		0.020
Variaciones de la sección transversal	Gradual	n_2	0.000
	Ocasionalmente alternante		0.005
	Frecuentemente alternante		0.010-0.015
Efecto relativo de las obstrucciones	Insignificante	n_3	0.000
	Menor		0.010-0.015
	Apreciable		0.020-0.030
	Severo		0.040-0.060
Vegetación	Baja	n_4	0.005-0.010
	Media		0.010-0.025
	Alta		0.025-0.050
	Muy alta		0.050-0.100
Grado de los efectos por meandros	Menor	m	1.000
	Apreciable		1.150
	Severo		1.300

Según las condiciones encontradas en campo nuestros parámetros son los siguientes:

$n_b=0.020$; $n_1=0.000$; $n_2=0.005$; $n_3=0.0$; $n_4=0.005$; $m=1.0$

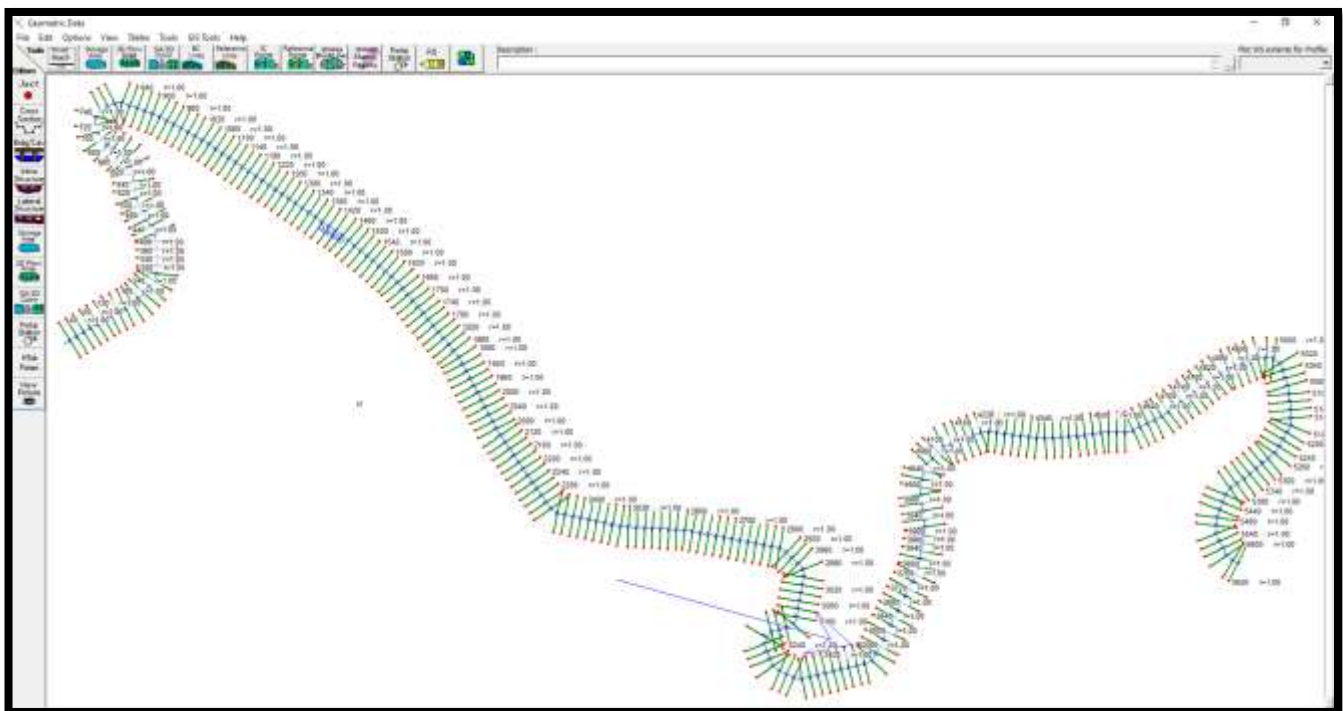
$n=0.030$

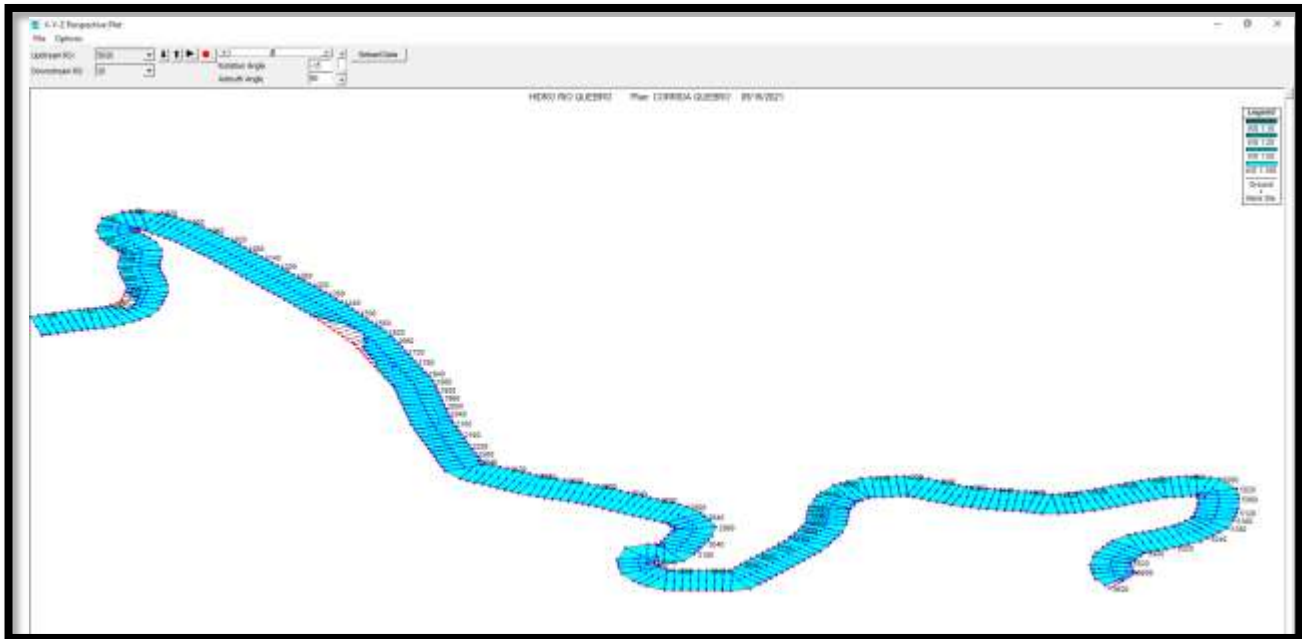
Esta condición dentro de las recomendaciones del Mop se aproxima a la condición para Cauce de tierra con Vegetación normal, lodo con escombros o irregular a causa de erosión donde el valor de $n = 0.030$.

Se realizó la modelización en HEC-RAS para la siguiente condición

- Periodo de Retorno 1:10 años
- Periodo de Retorno 1:20 años
- Periodo de Retorno 1:50 años
- Periodo de Retorno 1:100 años

VISTA DE PLANTA MODELO HIDRAULICO





VISTA 3D MODELO HIDRAULICO



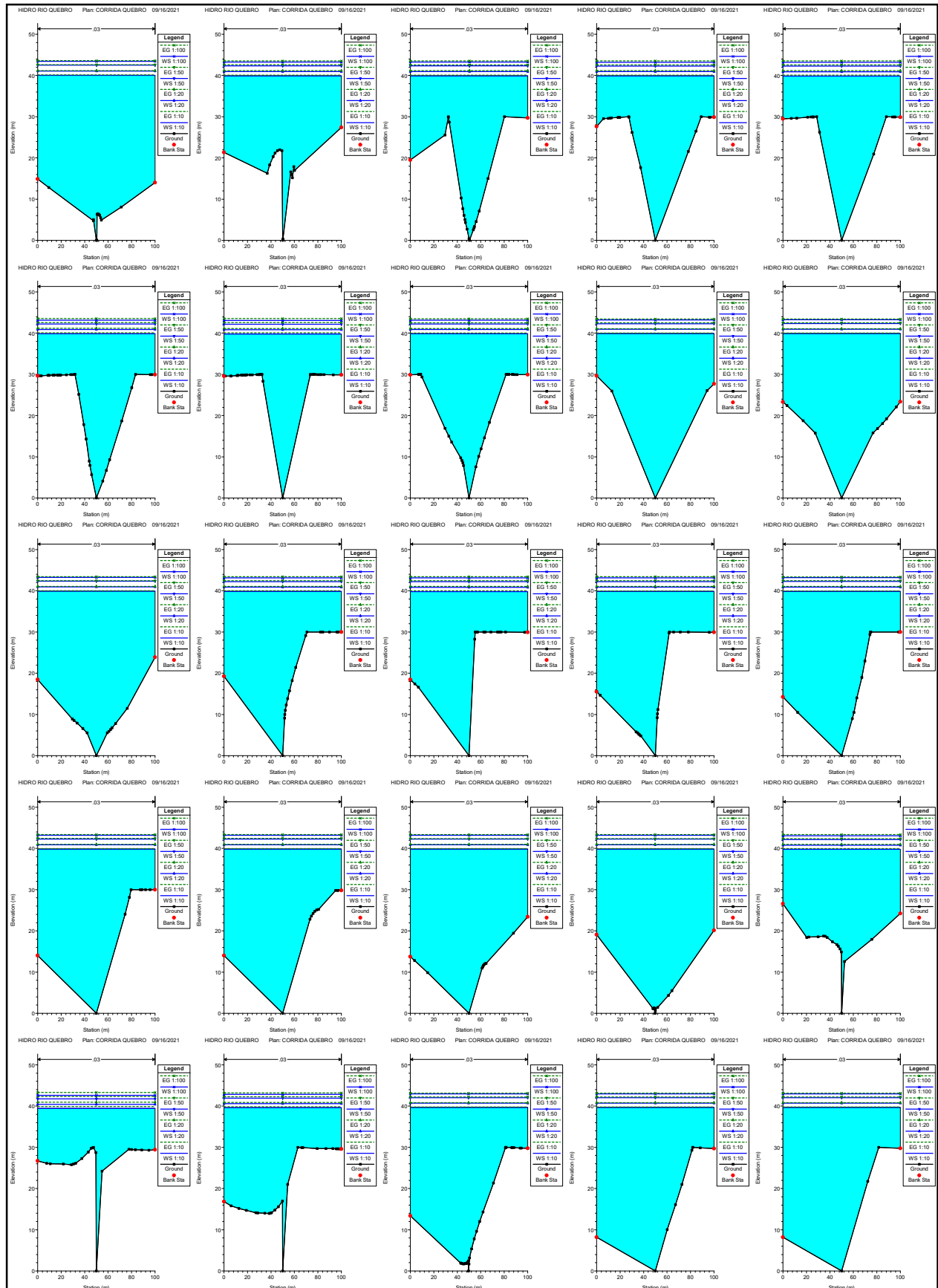
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

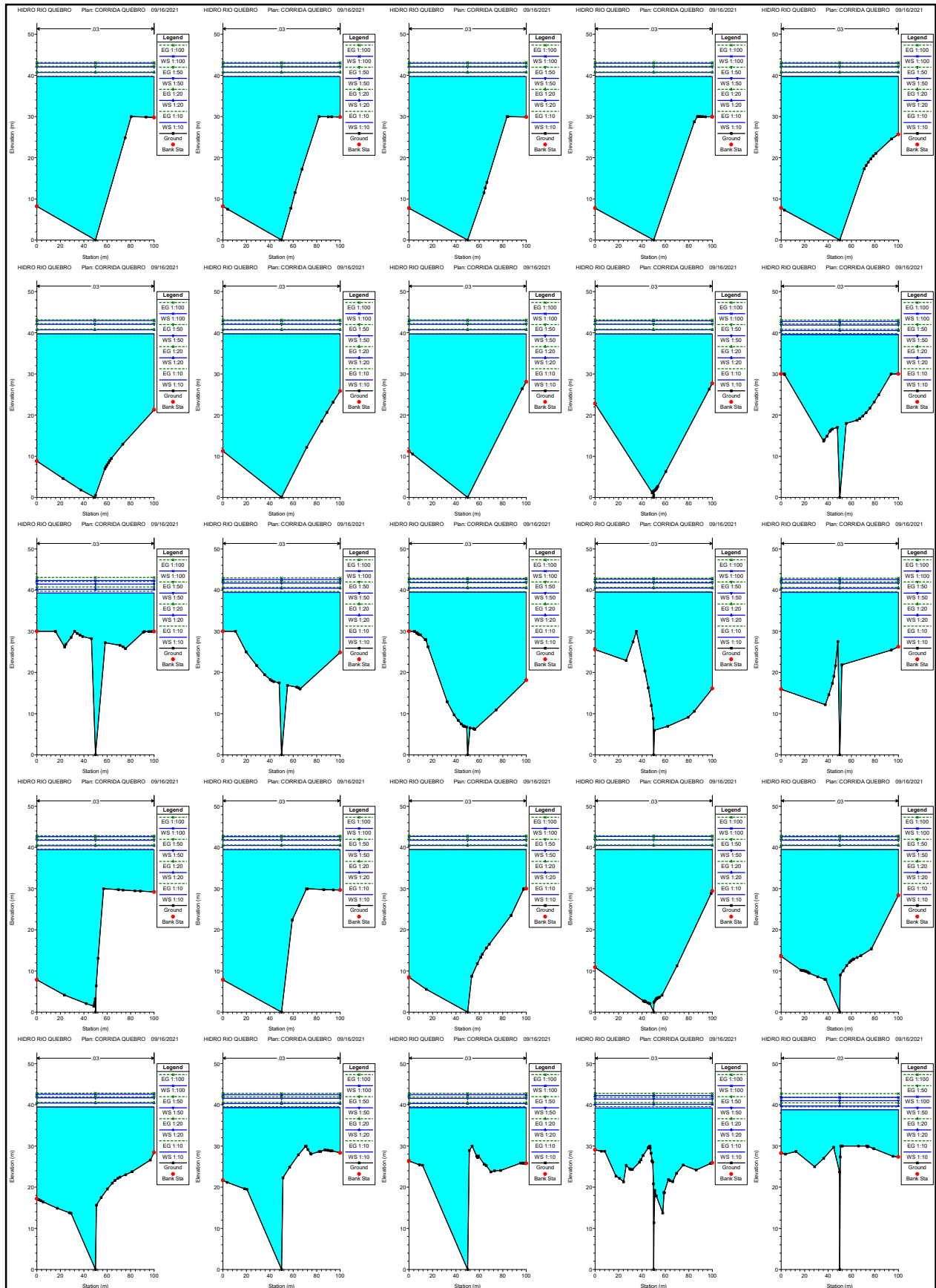
1. Como conclusión en base a todas las secciones analizadas y la aportación calculada se observa que el comportamiento y capacidad de las secciones a lo largo de del alineamiento del cauce no es suficiente para los distintos periodos de retorno analizados, por lo que se deberán tener todas las previsiones necesarias durante el dragado y extracción de material de la zona de intervención
2. El nivel de agua máximo extraordinario (NAME) sobrepasa los bordes superiores del barranco en ambos extremos lo que indica que la zona en eventos de lluvia relativamente altos es propensa a inundaciones.
3. A lo largo del cauce se deberá mantener la. Zona de protección de **exigida por MINISTERIO DE AMBIENTE.**
4. Monitorear periódicamente las secciones del río, para verificar que las condiciones ambientales no desmejoren los taludes.
5. Inspeccionar dos veces al año la zona de escarpe en el río para verificar su condición. En caso de encontrarse desprendimientos o desmejoramiento, los diseñadores deben considerar estructuras ambientalmente saludables para la retención de taludes, tales como lo son enrocados.

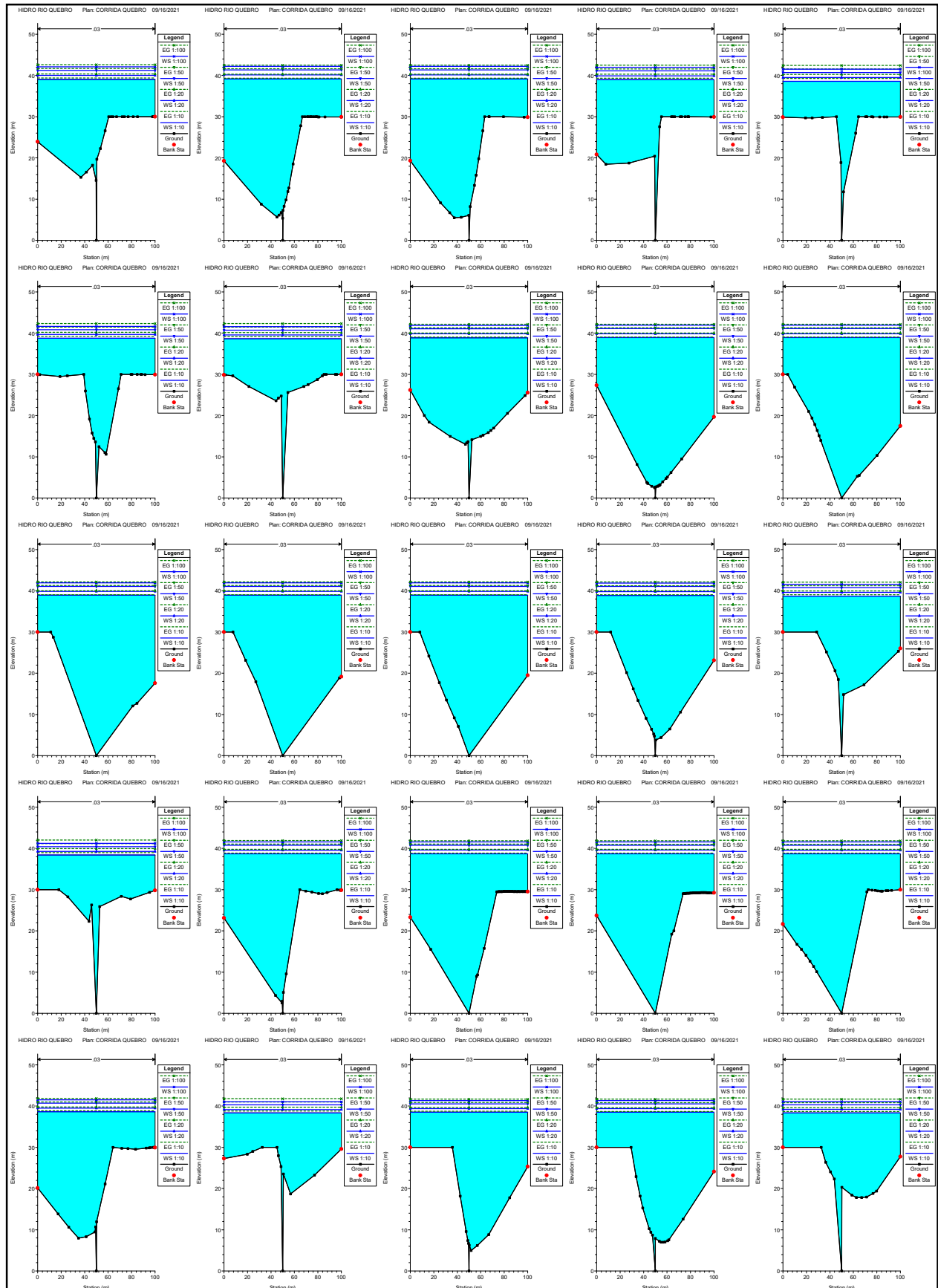
BIBLIOGRAFÍA

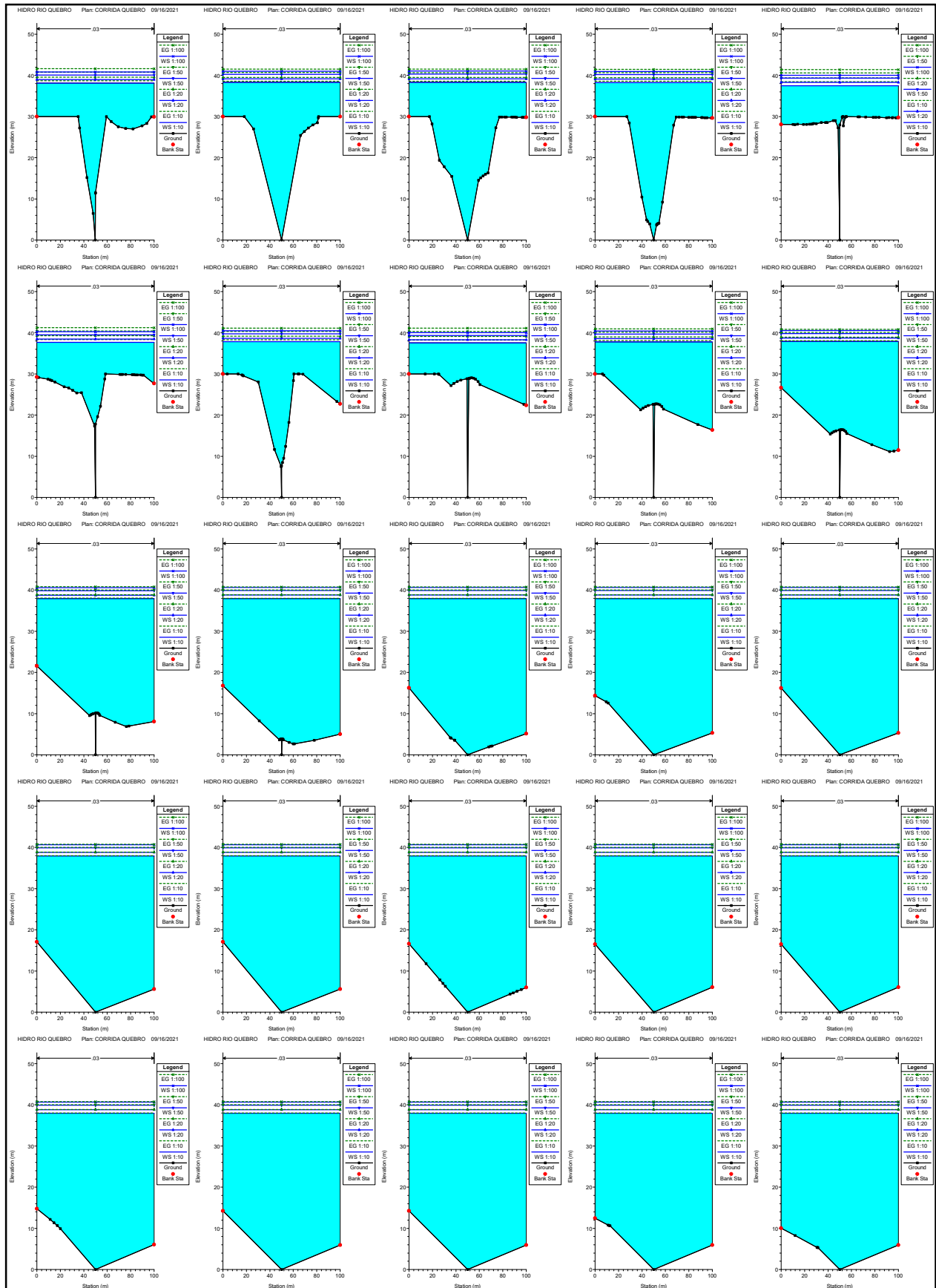
- 1. Manual de Diseño del Ministerio de Obras Públicas.**
- 2. Atlas Ambiental de la República de Panamá.**
- 3. Informes meteorológicos ETESA.**
- 4. Hidrología para pequeñas Cuencas (Método TR-55), Departamento de Agricultura de los E.U.A.**
- 5. Reporte de Investigación, Bogdan Kwiecinski y Luis D´Croz, Universidad de Panamá-2008.**
- 6. Hidráulica de Canales Abiertos. Ven Te Chow.**
- 7. Guide for Selecting Manning’s Roughness Coefficients for Natural Channels and Flood Plains”.**
- 8. [https://stridatasi.opendata.arcgis.com/datasets/237cbd35b2914eb8960_1699ec8b58cf4/1:50K Topographic Sheets Mosaic for Panama – Webmap.](https://stridatasi.opendata.arcgis.com/datasets/237cbd35b2914eb8960_1699ec8b58cf4/1:50K_Topographic_Sheets_Mosaic_for_Panama_-_Webmap)**

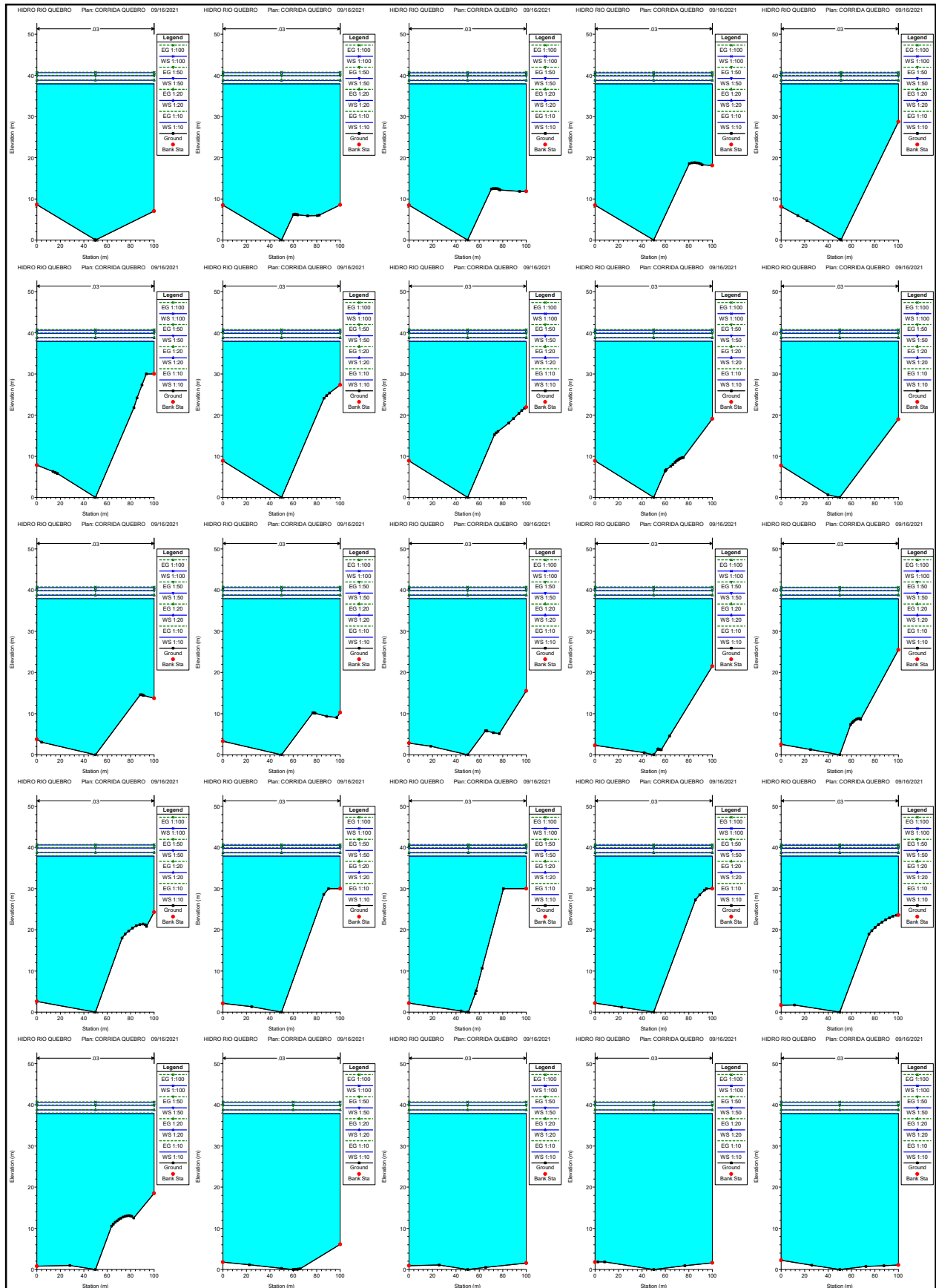
SECCIONES

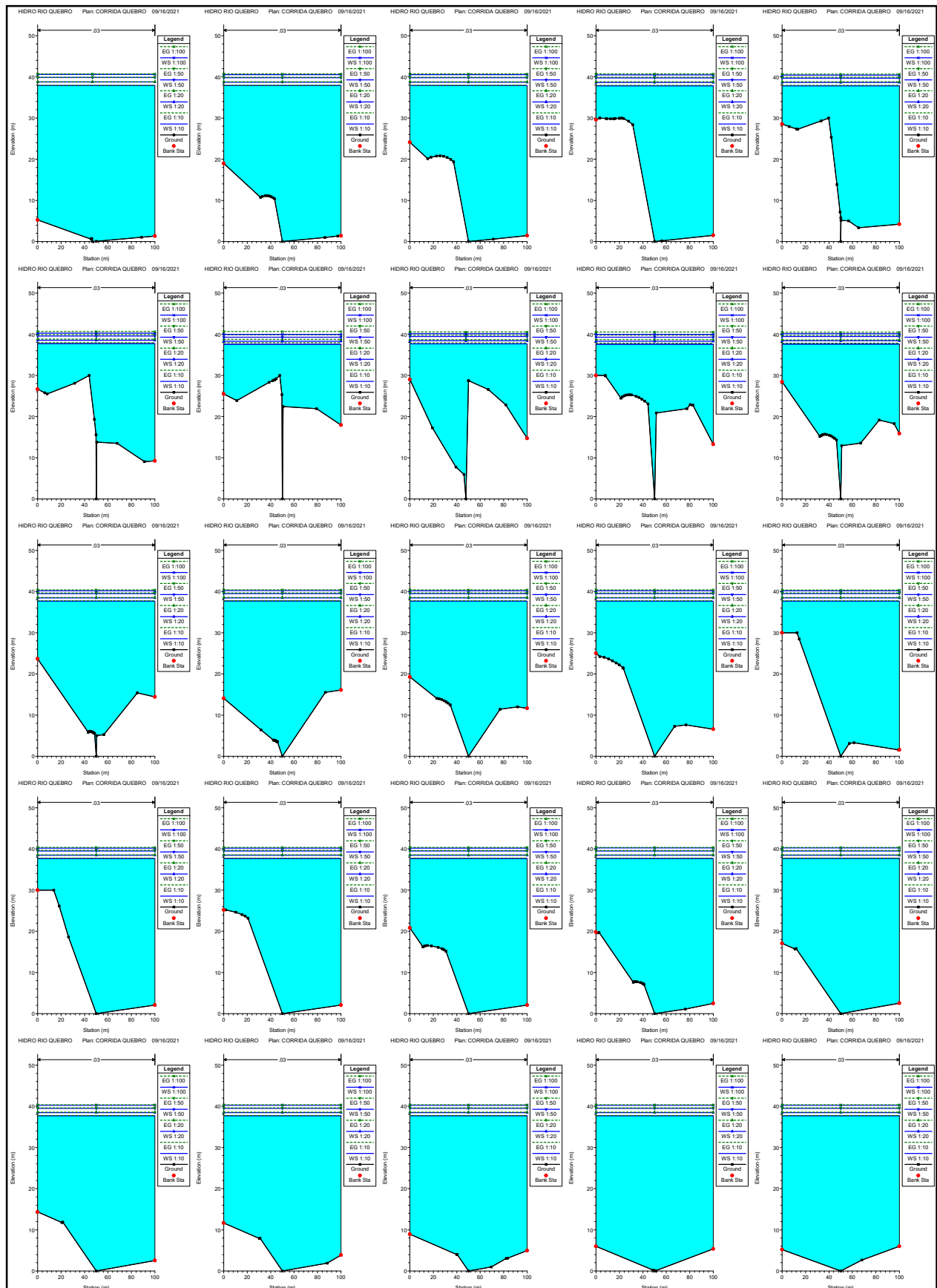


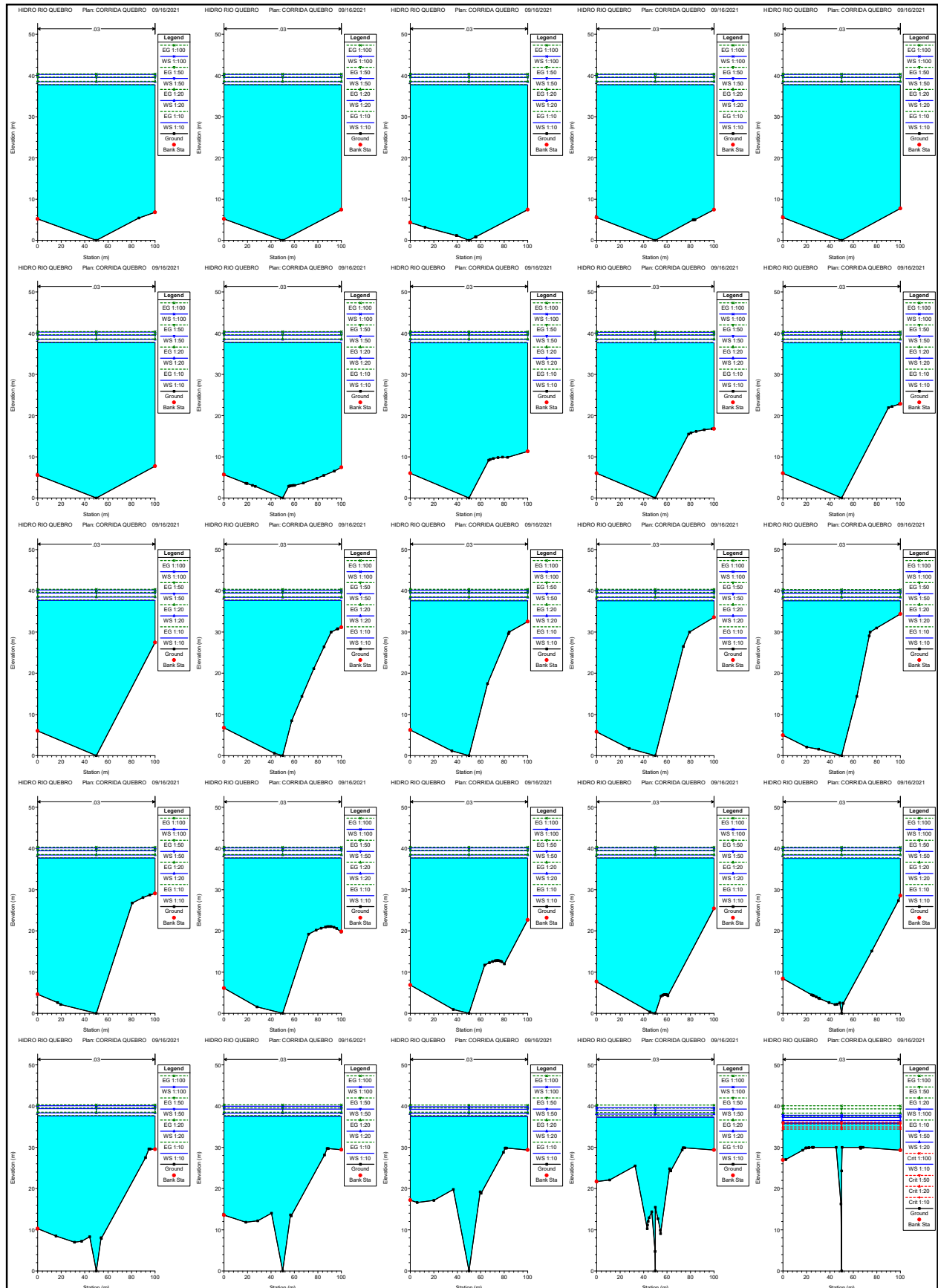


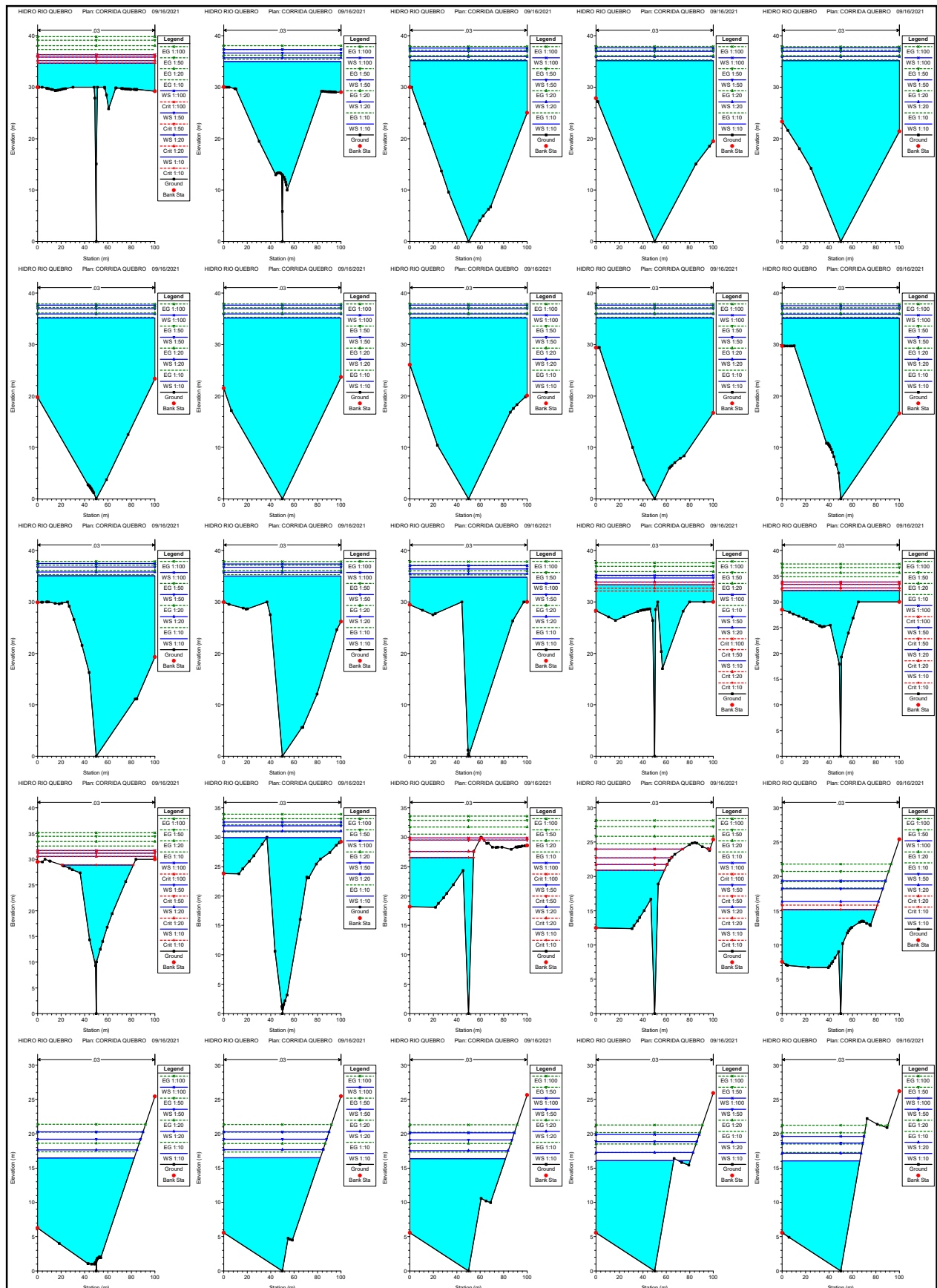


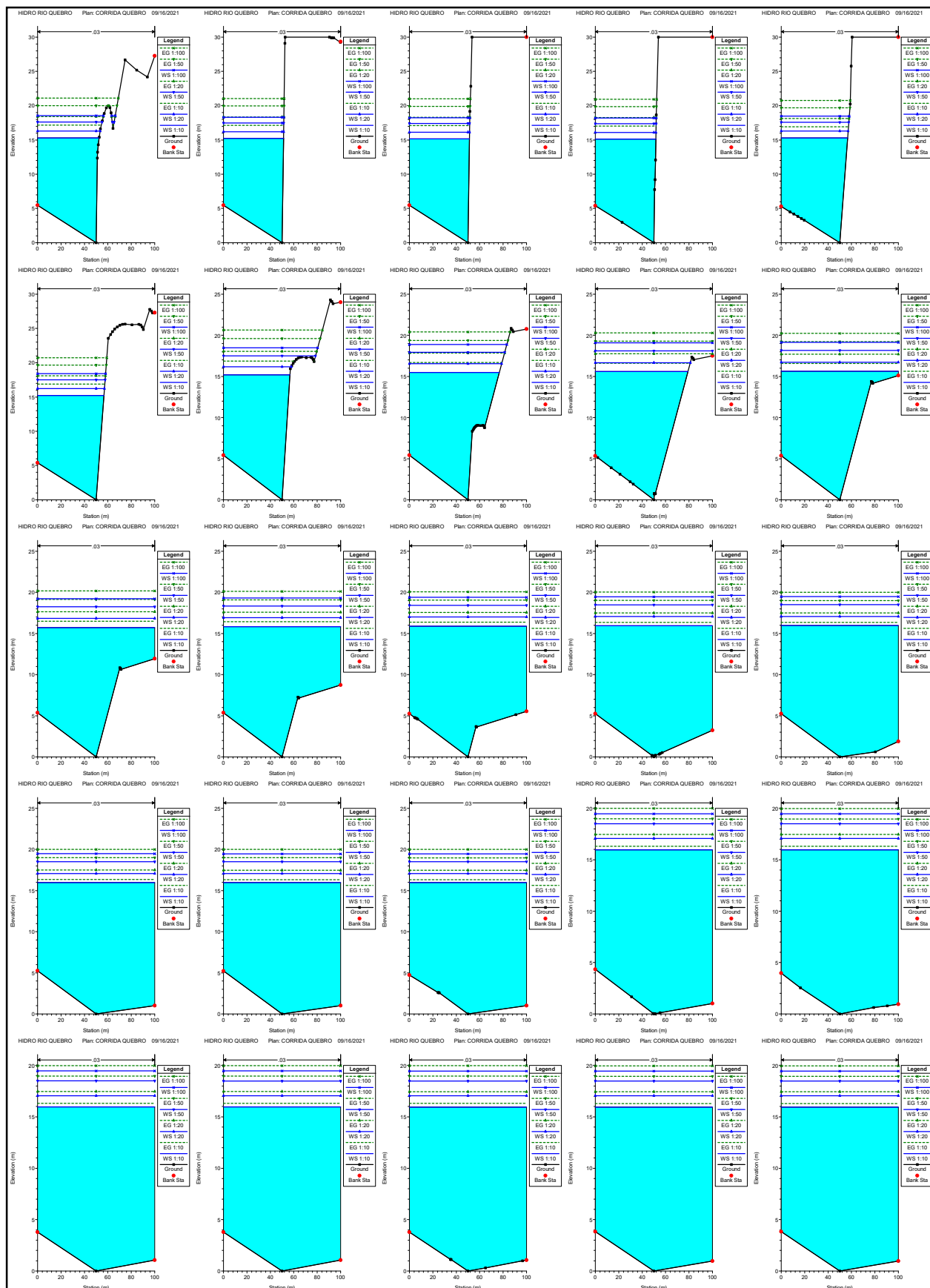


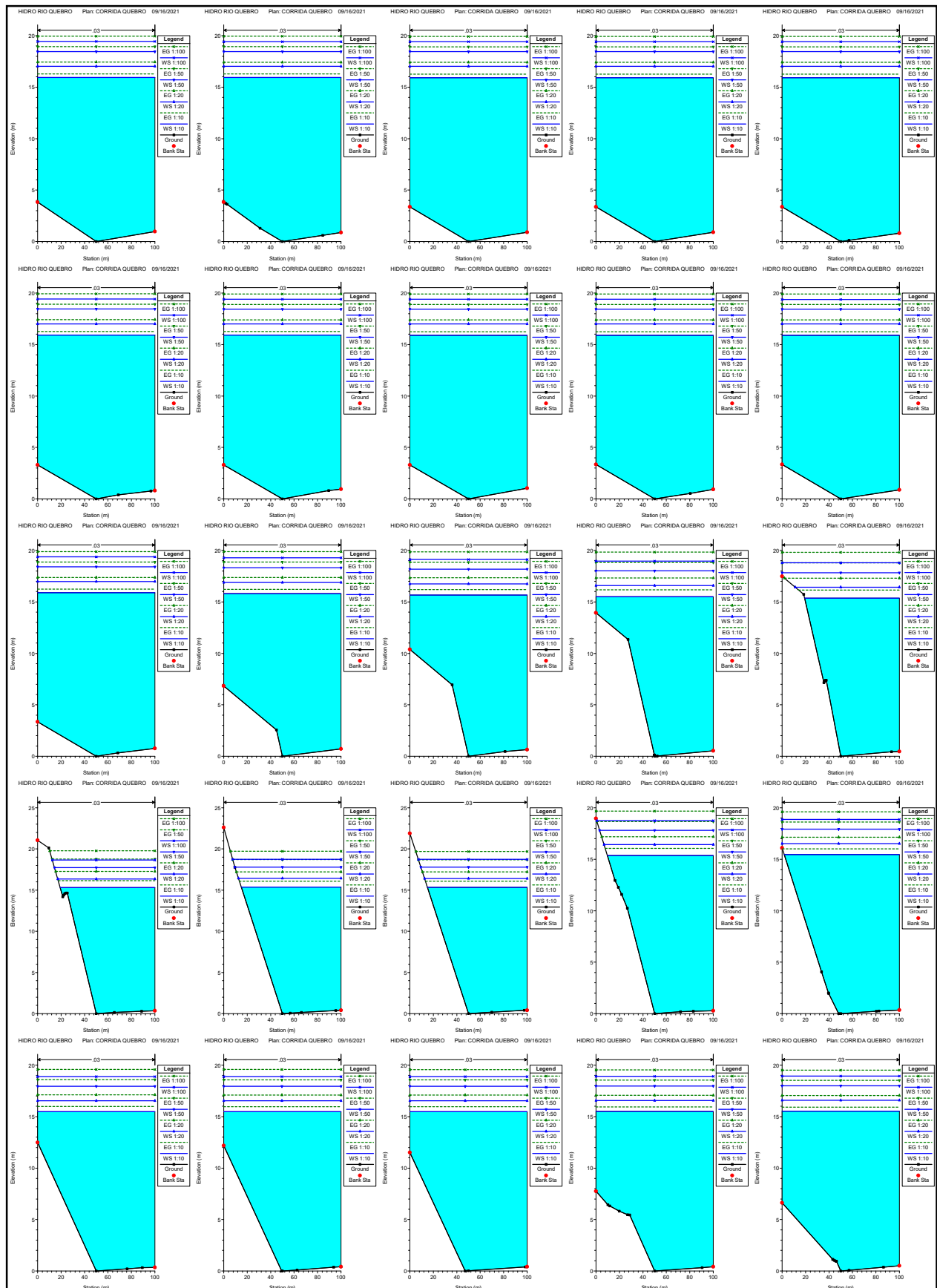


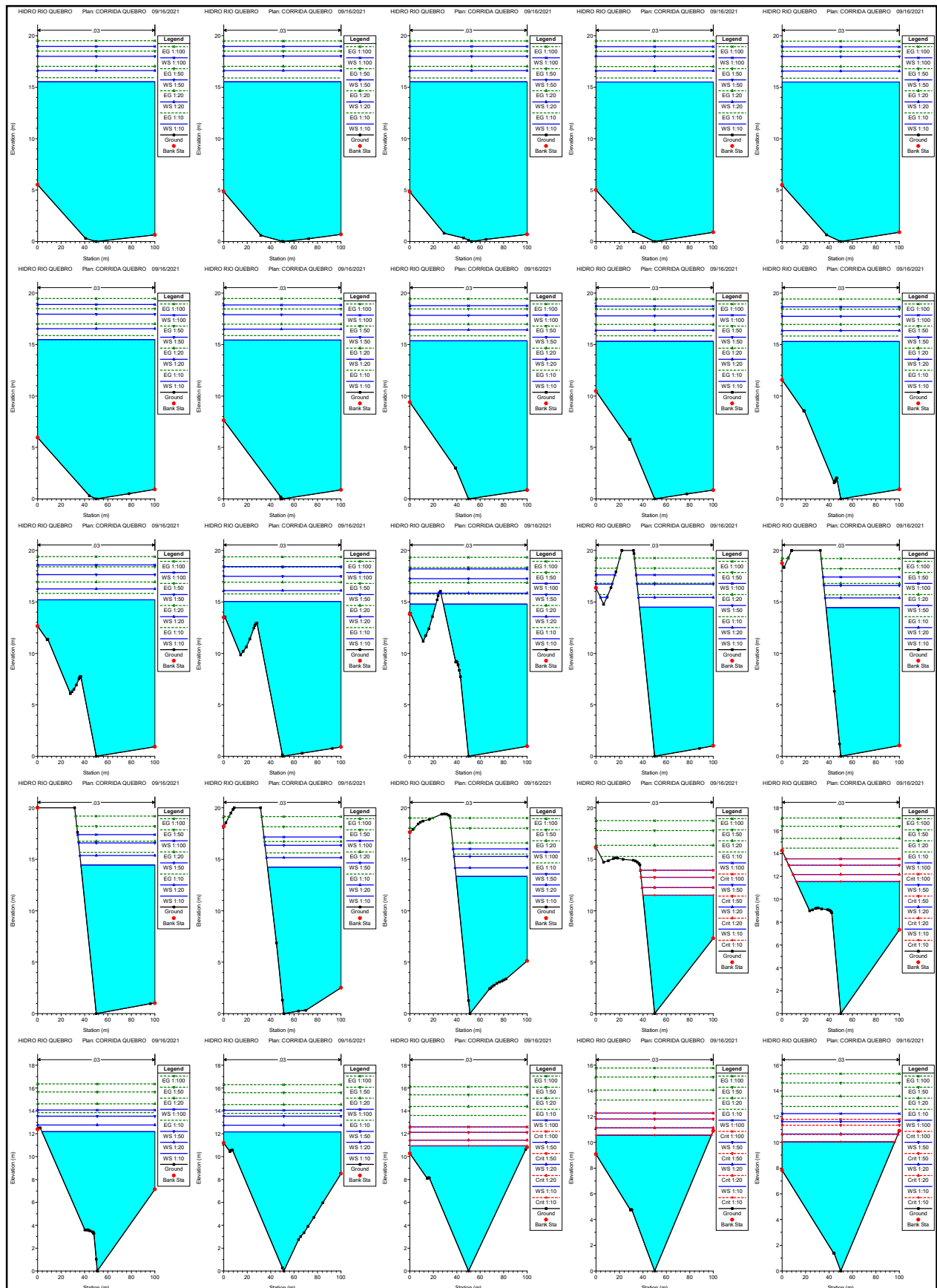


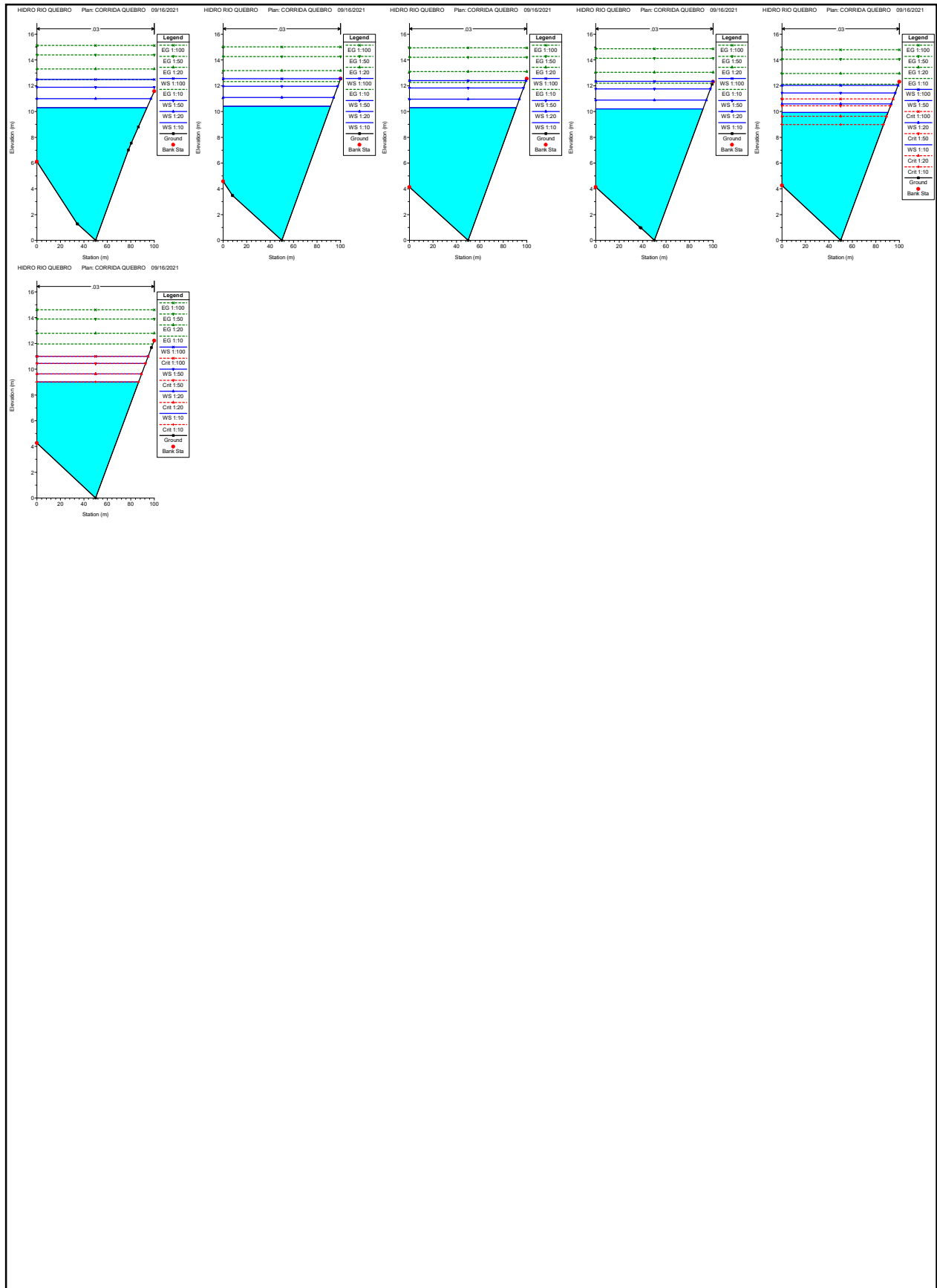


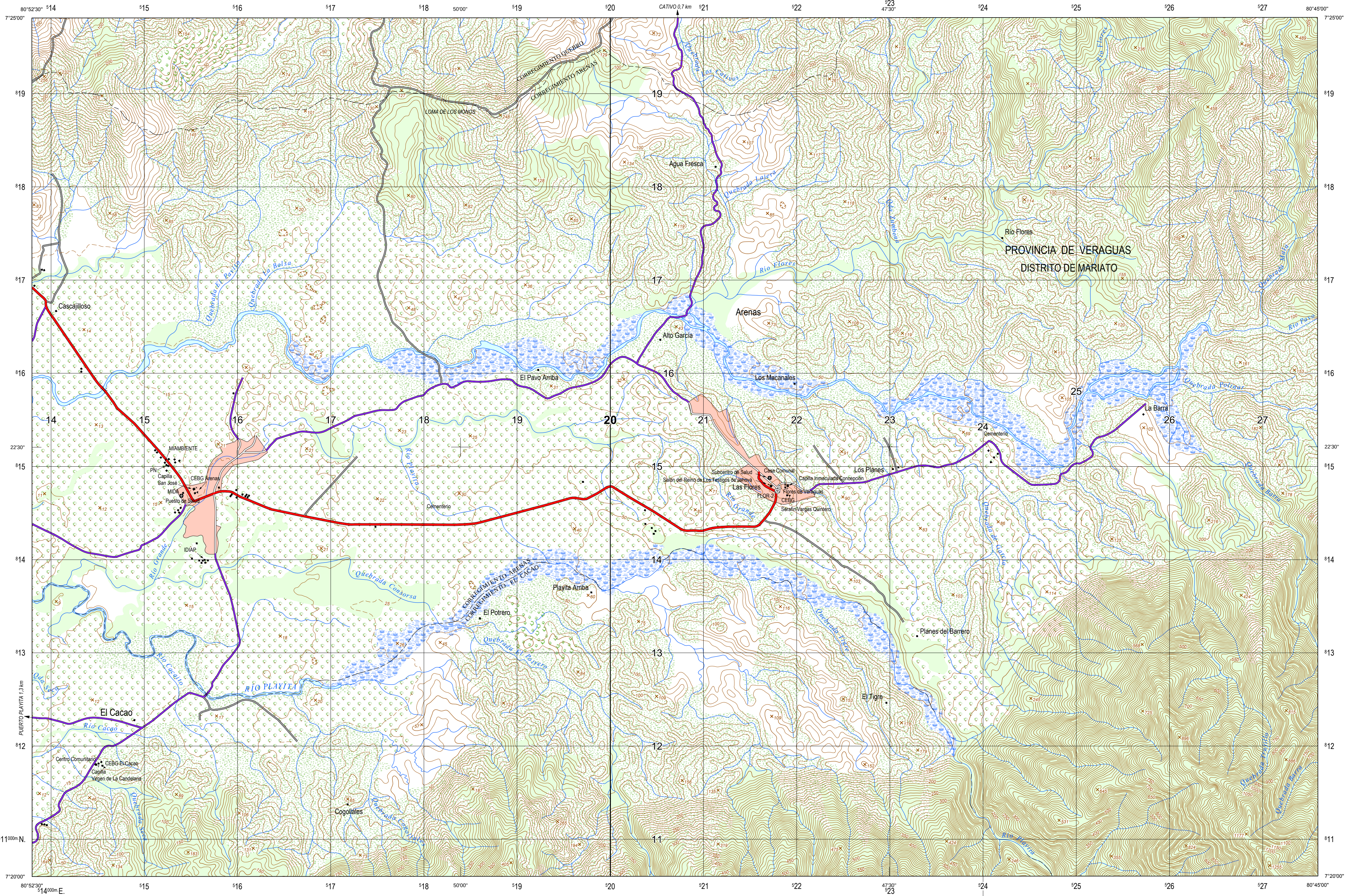








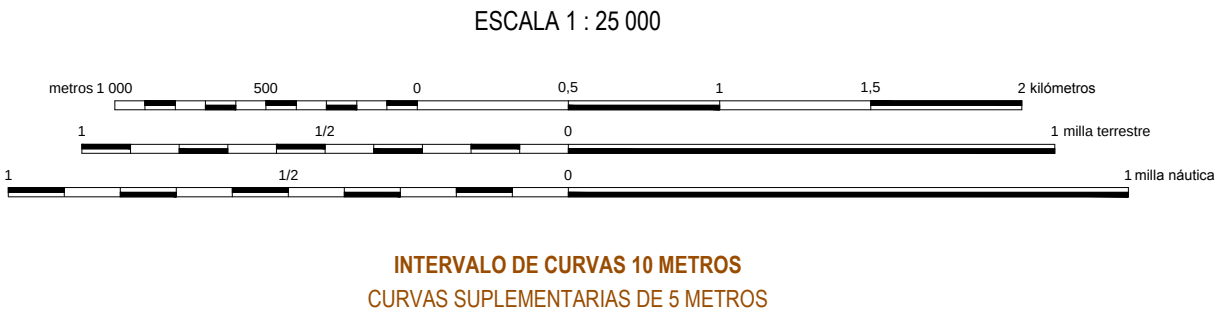




GOBIERNO DE LA REPÚBLICA DE PANAMÁ
AUTORIDAD NACIONAL DE ADMINISTRACIÓN DE TIERRAS
INSTITUTO GEOGRÁFICO NACIONAL "TOMMY GUARDIA"

LEYENDA	
CAMINOS	LUGARES POBLADOS
Autopista, Corredor	Área urbana
Carretera pavimentada transitable todo el año	Asentamiento informal
Carretera de superficie ligera, transitable todo el año	ESTRUCTURAS
Calle	Cementerio, Hospital
Camino de tierra	Marca terrestre, Tanque
Ferrocarril	Edificio, Escuela, Iglesia
Señal de ruta Primaria, Secundaria	Pequeña, Tira
Puente, Viaducto	Línea transmisora de energía eléctrica
LÍMITES	Represa: Cemento, Tierra
Internacional, Hito	HIDROGRAFÍA
Provincia	Río, Quebrada
Distrito	Lago, Laguna, Pozo, Manantial
Corregimiento	RELIEVE
Comarca	Cota fija
VEGETACIÓN Y USO DE SUELO	Cota comprobada, No comprobada
Boquerón, Manglar	Dique
Matorral, Árboles dispersos	GEODESIA
Huerto, Plantación, Ciénaga o Pantano	Estación CORS: Red básica
Terreno sujeto a inundación, Arrozal	Red primaria: Punto de control vertical

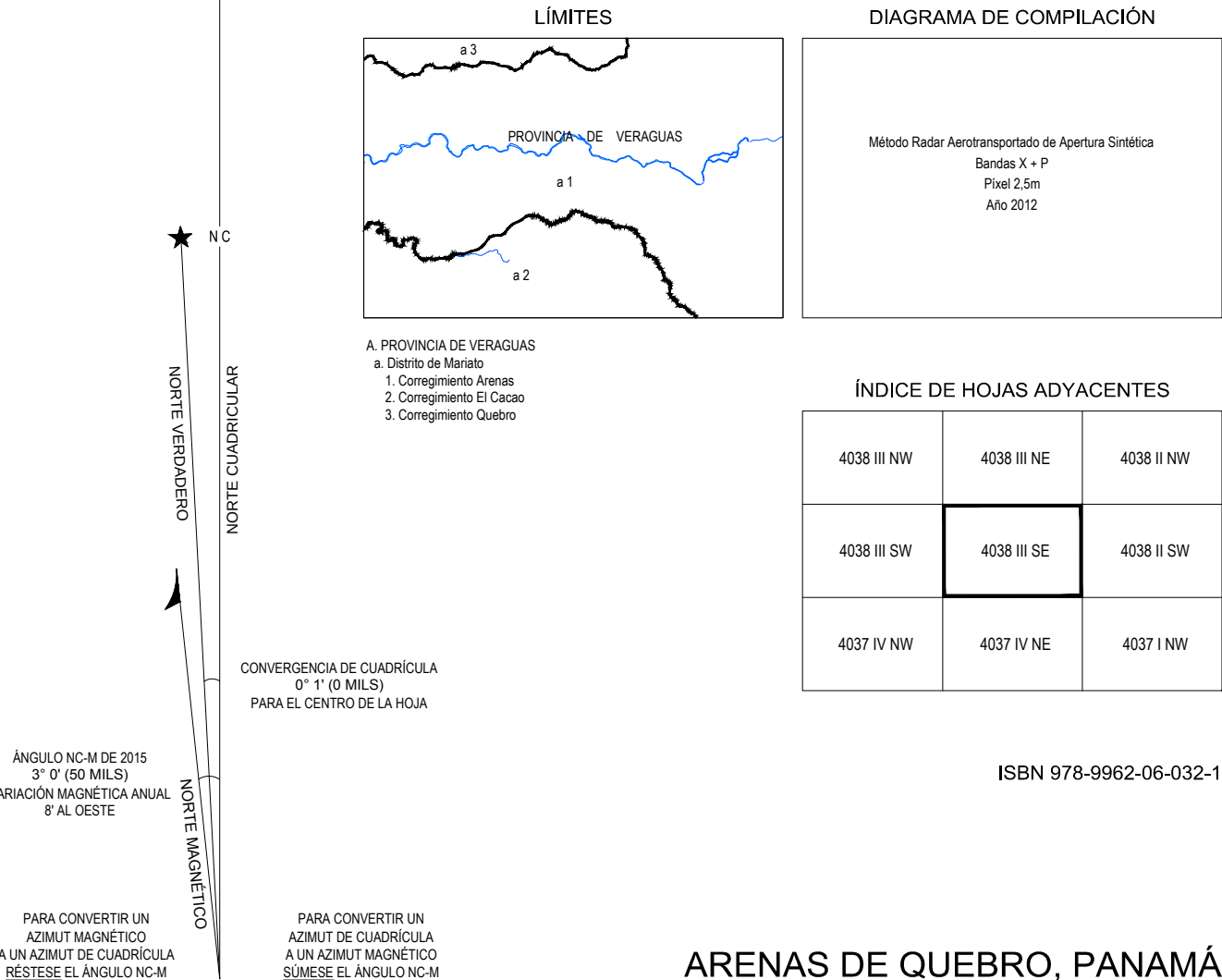
NOTAS
Mapa elaborado de acuerdo al contrato AL 3-82-10, Ministerio de Obras Públicas, República de Panamá.
Información cartográfica basada en imágenes de Radar Aerotransportado de Apertura Síntica, Banda X y P, año 2012. Control horizontal y vertical, agosto 2011.



ELIPSOIDE: 1 000 METROS, UTM, ZONA 17N (LÍNEAS NEGRAS NUMERADAS)
PROYECCIÓN: TRANSVERSAL DE MERCATOR
DATUM VERTICAL: MODELO GRAVITACIONAL TERRESTRE 1996 (EGM 96)
DATUM HORIZONTAL: WGS 84 / MARCO DE REFERENCIA TERRESTRE INTERNACIONAL 2000 (ITRF 00)
DATUM HIDROGRÁFICO: SONDEOS EN METROS REFERIDOS AL NIVEL MEDIO DE BAJAS MAREAS
DATUM VERTICAL PARA LOS PUNTOS DE COTAS FIJAS ES EL NIVEL MEDIO DEL MAR, CRISTÓBAL (COLÓN)
IMÁGENES DE RADAR AEROTRANSPORTADO: AÑO 2012
CONTROL, GEODÉSICO: INSTITUTO GEOGRÁFICO NACIONAL "TOMMY GUARDIA", 2011

Los usuarios deben referir correcciones y/o comentarios a: direccionigntg@anati.gob.pa o escribir al:
Instituto Geográfico Nacional "Tommy Guardia" Apartado 0816-01574 Zona S, Panamá, Rep. de Panamá,
Teléfono: (507) 507-9883, Fax: (507) 507-9882.

SE PROHIBE LA REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL DEL CONTENIDO DE ESTE MAPA POR MEDIO MANUAL O DIGITAL SIN PREVIA AUTORIZACIÓN DEL INSTITUTO GEOGRÁFICO NACIONAL "TOMMY GUARDIA".



ARENAS DE QUEBRO, PANAMÁ