

# MINISTERIO DE OBRAS PÚBLICAS



MINISTERIO DE  
OBRAS PÚBLICAS



DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN PARA LA REHABILITACIÓN DE LA VÍA  
ATALAYA- MARIATO-QUEBRO-LAS FLORES Y MEJORAMIENTO DEL  
RAMAL A VARADERO, PANAMÁ

PROVINCIA DE VERAGUAS

CONTRATO: AL-1-34-19

VÍA ATALAYA-MARIATO-QUEBRO-LAS FLORES Y RAMAL A  
VARADERO

ESTUDIO HIDROLÓGICO  
CAUCE RÍO VARADERO

Edición: 01  
Fecha: 10/2021



# MINISTERIO DE OBRAS PÚBLICAS



MINISTERIO DE  
OBRAS PÚBLICAS



**DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN PARA LA REHABILITACIÓN DE LA VÍA  
ATALAYA- MARIATO-QUEBRO-LAS FLORES Y MEJORAMIENTO DEL  
RAMAL A VARADERO, PANAMÁ**

**PROVINCIA DE VERAGUAS**

**CONTRATO: AL-1-34-19**

**VÍA ATALAYA-MARIATO-QUEBRO-LAS FLORES Y RAMAL A  
VARADERO**

**ESTUDIO HIDROLÓGICO  
CAUCE RÍO VARADERO**

Edición: 01  
Fecha: 10/2021

# **CONTENIDO DEL DOCUMENTO**

<b>1</b>	<b>Introducción .....</b>	<b>1</b>
<b>2</b>	<b>Normativa aplicada.....</b>	<b>3</b>
<b>3</b>	<b>Estudio Hidrológico .....</b>	<b>3</b>
<b>4</b>	<b>Estudio Hidraulico.....</b>	<b>4</b>
<b>5</b>	<b>Método ETESA.....</b>	<b>5</b>
	<b>5.1 Cuenca de Aporte.....</b>	<b>7</b>
	<b>5.2 Calculo de Caudal de Diseño.....</b>	<b>7</b>
	<b>5.3 Estudio Hidrológico .....</b>	<b>8</b>
	<b>5.4 Resultados: Planta - Perfil Longitudinal .....</b>	<b>11</b>
	<b>5.5 Secciones Transversales.....</b>	<b>13</b>
<b>6.</b>	<b>Resultados y Conclusiones.....</b>	<b>17</b>
	<b>Anexos .....</b>	<b>18</b>

## **1 Introducción**

Este informe presenta el análisis y los resultados del comportamiento, y las condiciones hidrológicas e hidráulicas del Río Varadero de su cauce natural. Este análisis forma parte del Proyecto Diseño Y Construcción De La Rehabilitación De La Vía Atalaya – Mariato – Quebro – Las Flores Y Mejoramiento Del Ramal a Varadero, Provincia de Veraguas.

## **2. Normativa Aplicada**

Como documentos de referencias, se han tenido en cuenta las siguientes normativas nacionales e internacionales en el diseño de las mejoras al Río Varadero:

- Manual de Requisitos para la Revisión de Planos, editado por el Ministerio de Obras Públicas (MOP) de la República de Panamá (2014).
- Manual de Especificaciones Técnicas Generales para la Construcción y Rehabilitación de Carreteras y Puentes, editado por el Ministerio de Obras Públicas (MOP) de la República de Panamá (2002).
- Hydraulic Design of Highway Culverts (FHWA-NHI-01-020), editado por el National Highway Institute y el U.S. Department of Transportation de los Estados Unidos (2005).
- Urban Drainage Design Manual (FHWA-NHI-10-009), editado por el National Highway Institute y el U.S. Department of Transportation de los Estados Unidos (2009).

Además de las normativas vigentes, se utilizaron programas para la generación de las curvas de nivel y calcular los niveles de avenida del proyecto, en su caso el programa Civil 3D y HEC-RAS.

## **3. Localización y Caracterización**

El área de la cuenca de drenaje para este proyecto se encuentra al sur de la provincia de Veraguas. La topografía de la cuenca, en general, es relativamente quebrada (7.5%). Sin embargo, la sección donde el cauce cambia su curso original, su pendiente

disminuye, siendo esta una llanura de inundación, lo que implica que las corrientes de aguas estén en un flujo subcrítico.

## 4. Estudio Hidráulico

Para la obtención del caudal, la crecida máxima de diseño a utilizar es de ( $TR = 2$  años) el cual se estima es el periodo de duración de las actividades de préstamo mediante el Resumen Técnico “Análisis Regional de Crecidas Máximas de Panamá periodo de 1971-2006” (ETESA), el cual se aplica para las áreas de drenajes mayores a 250 hectáreas.

Con el área de drenaje de las cuencas debidamente identificadas en los mapas mediante la delimitación de líneas parteaguas donde se determina las direcciones de las escorrentías que aportan a las cuencas analizadas mediante las curvas de nivel del terreno.

Las cuencas de drenaje de los cauces se localizaron mediante Mosaicos del “Tommy Guardia” escala 1:25 000, como se puede observar en los planos presentados.

A continuación, se muestra los pasos para la obtención de la Hidrografía de la cuenca:

- Se delimita el área de drenaje de la cuenca en Km<sup>2</sup>.
- Según la localización de la cuenca de drenaje, se determina a que zona pertenece.
- Se calcula el caudal promedio máximo, utilizando una de las 5 ecuaciones.
- Se calcula el caudal máximo instantáneo para distintos periodos de recurrencia, multiplicando el caudal promedio máximo que se obtuvo en el punto anterior, por los factores que se presentan en el Cuadro 1, utilizando la Tabla correspondiente a la zona del sitio de interés.

A continuación, se presenta la Figura 1 en donde se muestra el mapa de zonas, con las regiones hidrológicamente homogéneas que se utilizan para la evaluación de crecidas en las diferentes cuencas.

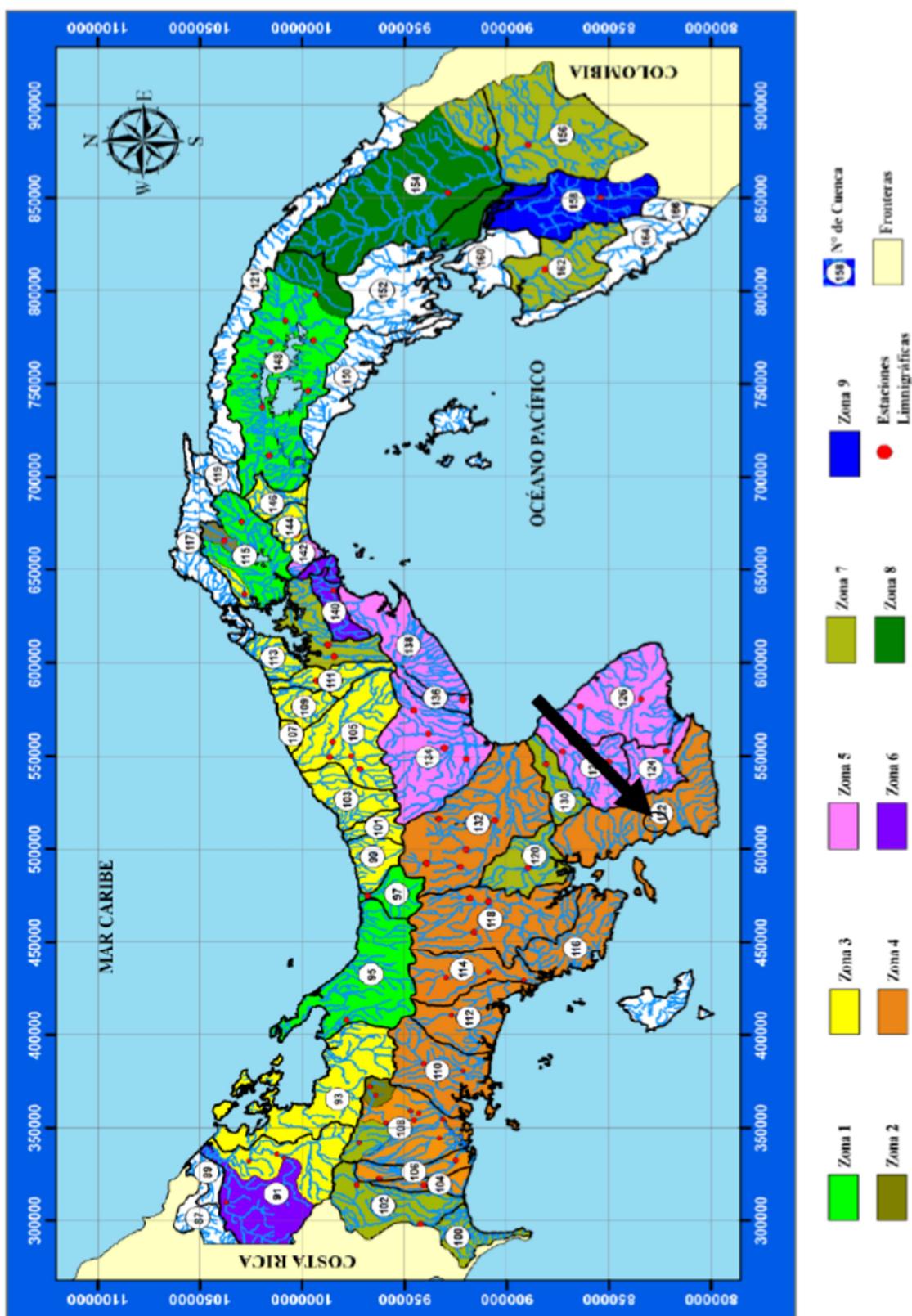


Figura 1. mapa de zonas con las regiones hidrológicamente homogéneas.

## 5. MÉTODO ETESA

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

- Se determina el área de drenaje de la cuenca del sitio de interés en Km<sup>2</sup>.
- De acuerdo con la localización geográfica del recurso a analizar, se determina la zona a la que pertenece según la Región Hidrológicamente Homogénea (ETESA).
- Se calcula el caudal promedio máximo utilizando una de las cinco ecuaciones elaboradas por ETESA para este fin, en función de la Zona establecida.

<i>Factores Qmax./ Qprom.max. 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 1: Factores para diferentes períodos de retorno en  
años

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

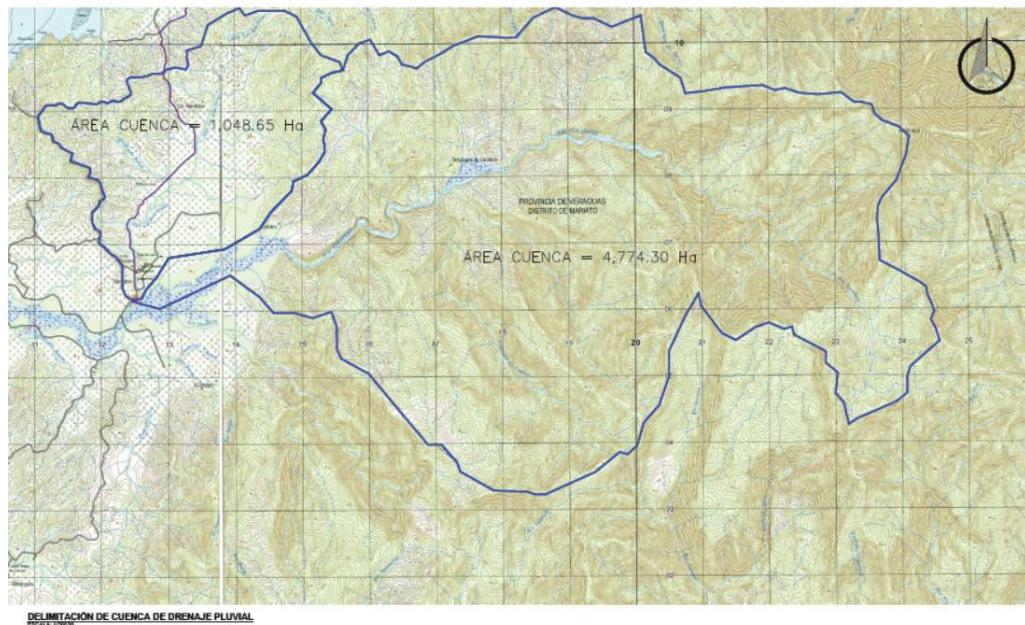
Cuadro 2: Ecuaciones para el cálculo de Caudales Máximos según la Zona

Según regiones hidrológicamente homogéneas la cuenca se localiza en la zona 4 donde según el Cuadro 2 la tabla de distribución de frecuencias que relaciona los caudales máximo y promedio para distintos períodos de retorno es la Tabla 4.

Para el cálculo del caudal promedio se aplica la Ecuación 2 de la siguiente manera

$$Q=25A^{0.59} \quad \text{Siendo } A, \text{ el área de drenaje en km}^2.$$

## 5.1. Cuencas de Aporte



## 5.2. Calculo de Caudal de Diseño

Se realizaron los cálculos hidrológicos para la determinación de los caudales de aporte, tanto para la Quebrada Los Ranchitales, como para el Río Varadero, que al desviarse de su cauce natural, inyecta 92.02 m<sup>3</sup>/s a la Quebrada Los Ranchitales que pasa paralela a la vía aportando un total aproximado (TR 2 años) de 317.06 m<sup>3</sup>/s.

Estacion	Tipo de Estructura	Nombre de Qda/Rio	Area de Cuenca	Zona de Cuenca	Tr años	Qprom. m <sup>3</sup> /s	Factor Qmax/Q.Prom.	Qmax. Instantaneo m <sup>3</sup> /s
-	-	Qda. Los Ranchitales	10.4865	4	2	100.03	0.92	92.02
-	-	Rio Varadero	47.7429	4	2	244.61	0.92	225.04

Cuadro 3: Determinación de los caudales de diseño por fuente

### 5.3. Estudio Hidrológico

Para la obtención del caudal de diseño se seguirá lo establecido en las normativas estatales de Panamá.

Con las áreas de aportación definidas y debidamente identificadas en los mapas, se define el método y parámetros a utilizarse para el cálculo de las escorrentías.

Para las áreas de drenaje menores de 250 Ha se usará el método racional de crecidas y para áreas mayores de 250 Ha se usará los parámetros indicados en el Resumen Técnico “Análisis Regional de Crecidas Máximas de Panamá periodo de 1971-2006” elaborado por el departamento de Hidrometeorología de la Empresa de Transmisión Eléctrica, S.A. (ETESA) en septiembre de 2008.

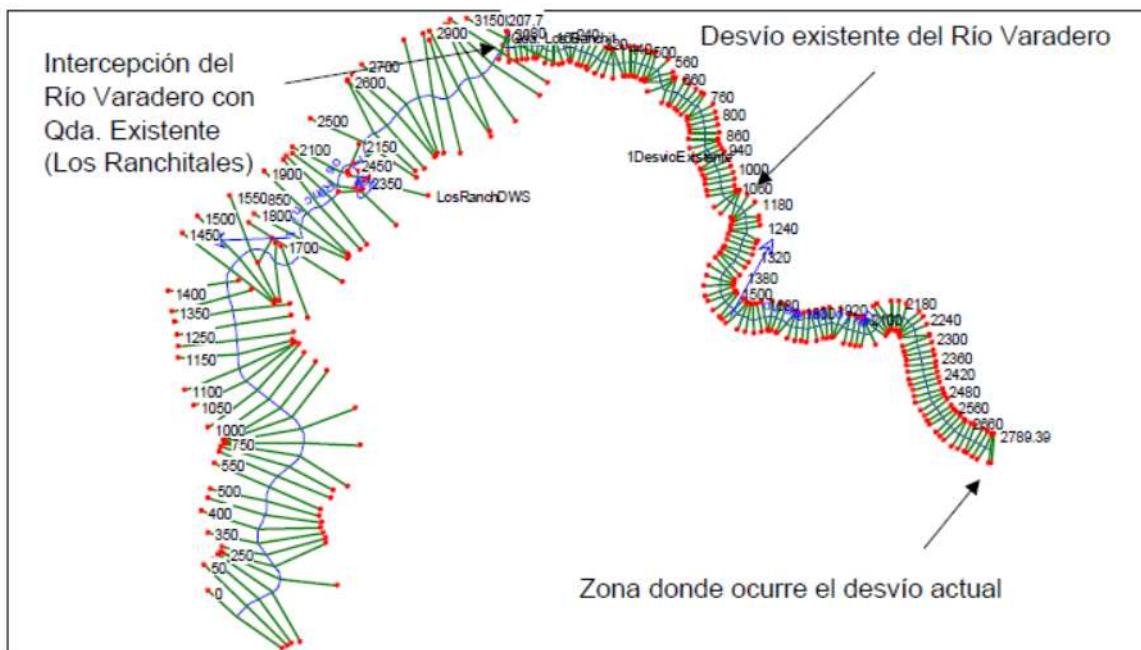


Figura 3. Trazado geométrico de cauce existente del Río Varadero y Quebrada Los Ranchitales

El modelo hidráulico del programa HEC-RAS, resuelve la ecuación de energía de modo iterativo en cada una de las secciones expuestas e interpola los resultados a lo largo de todo el perfil longitudinal indicado. Introduce la energía expresándola en términos unidimensionales y suponiendo pérdidas de carga que se contabilizan según la ecuación de Manning.

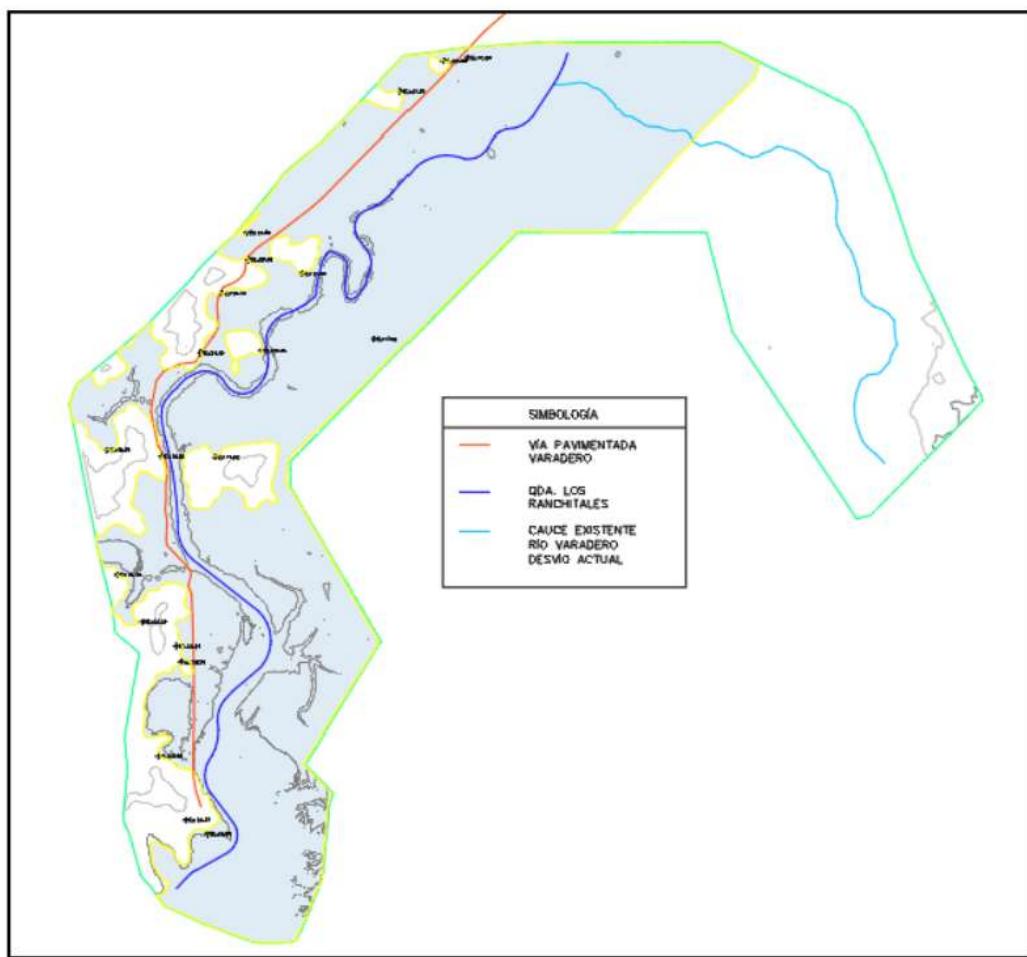


Figura 4. Mancha de inundación provocado por el aporte adicional producto del desvío de cauce Rio Varadero

Como podemos observar en la Figura 4, se hace una comparación entre el aporte realizado por el Río Varadero y, luego de realizado los trabajos de reencauzamiento, cuando deja sin efecto dicho aporte.

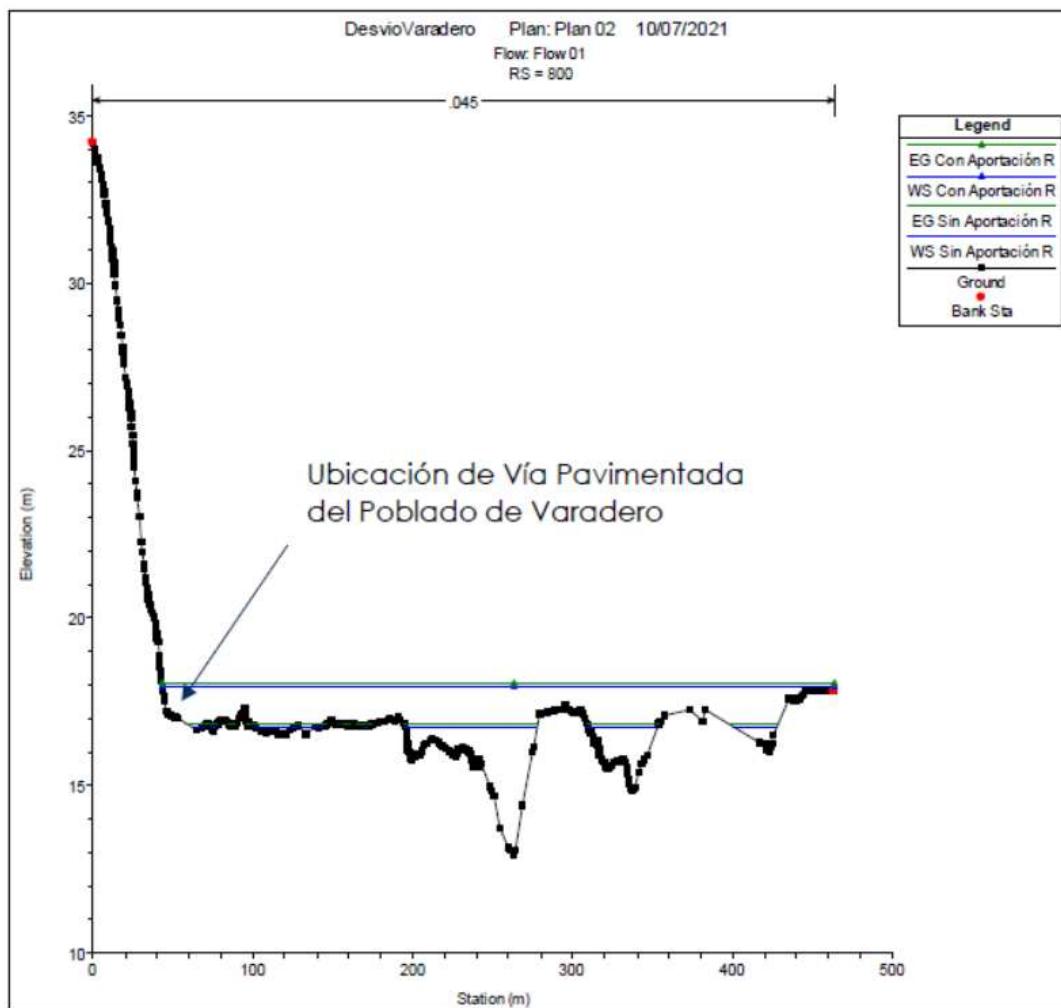


Figura 5. Estación 0k+800. Comparativa del efecto ocasionado por el aporte del Rio Varadero a la Quebrada Los Ranchitales

Con el reencauzamiento del Río Varadero a su cauce original, los niveles de aguas máximas extraordinarias para un TR de 2 años de la Quebrada adyacente a la vía del Ramal a Varadero, sin el aporte adicional de caudal, la vía en cuestión y las zonas aledañas, mantendrían niveles de terracería segura, conteniendo las aguas máximas extraordinaria dentro de los márgenes de la Quebrada Los Ranchitales y sus afluentes.

#### 5.4. Resultados: Planta – Perfil Longitudinal

A continuación, se presentan las vistas de planta, perfil longitudinal y secciones transversales con los niveles de aguas máxima extraordinaria para una avenida de uno en dos (2) años.

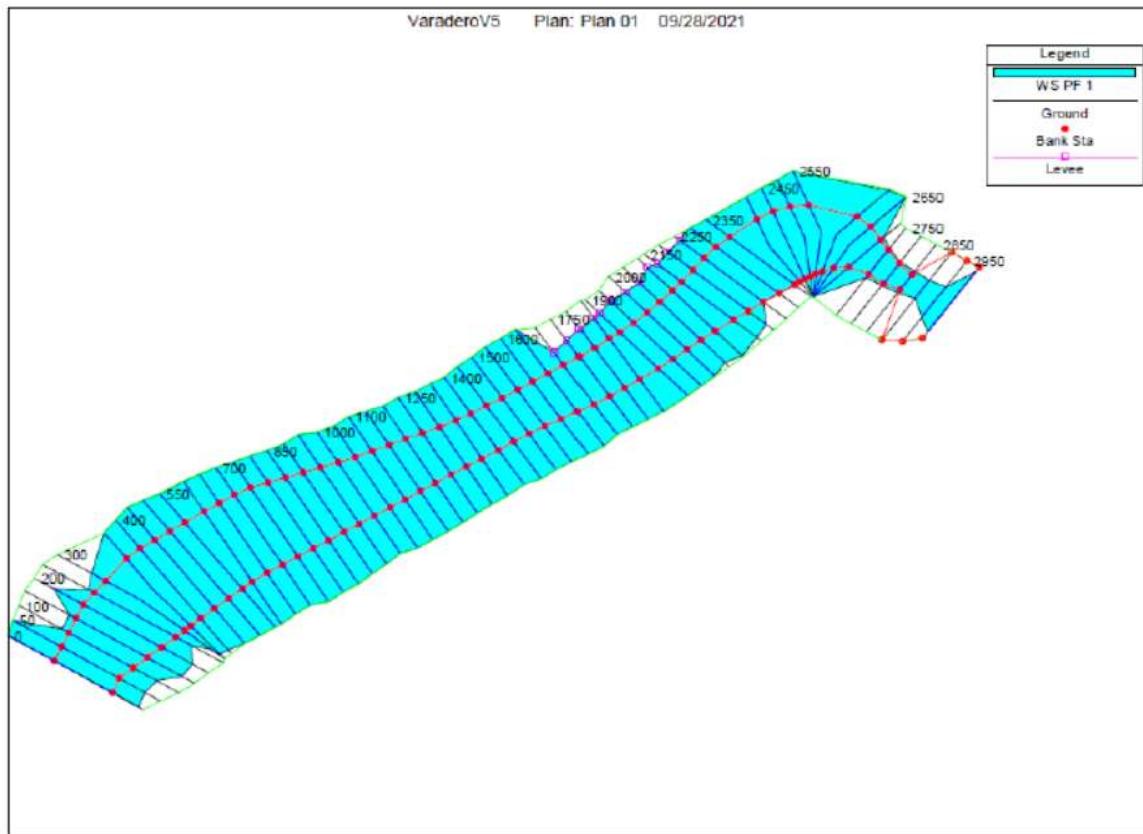


Figura 6. Vista de Planta de la mancha de inundación de la alternativa de solución propuesta

En la parte baja de la figura 6, el agua mantendrá un área de inundación mayor, ya que es una zona plana existente. Solo se modificó el terreno natural para la creación de la ataguía y la rectificación del cauce.

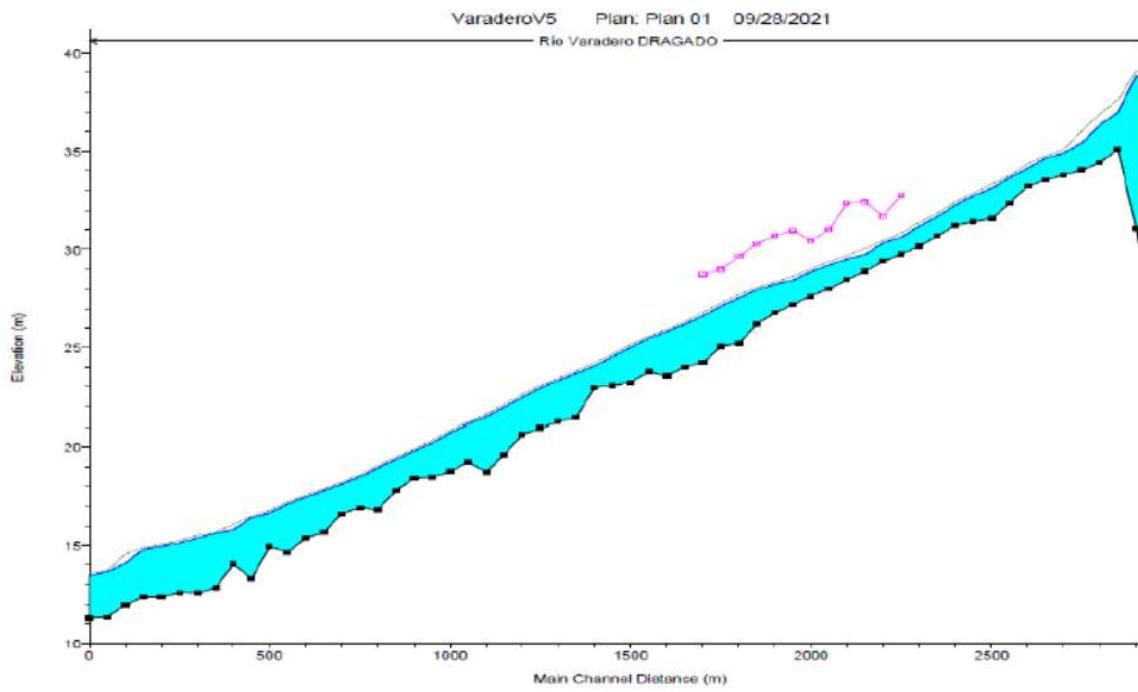
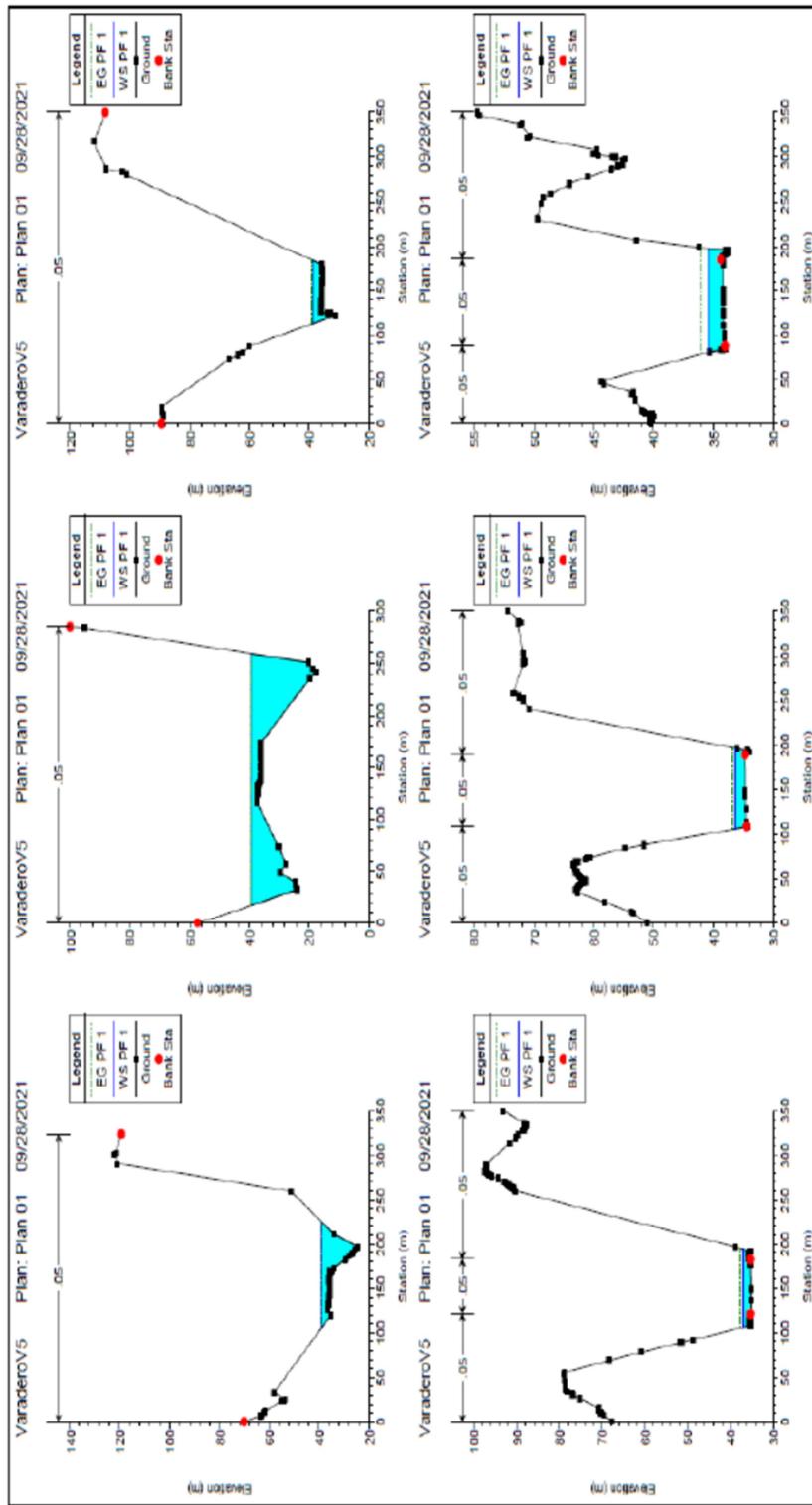
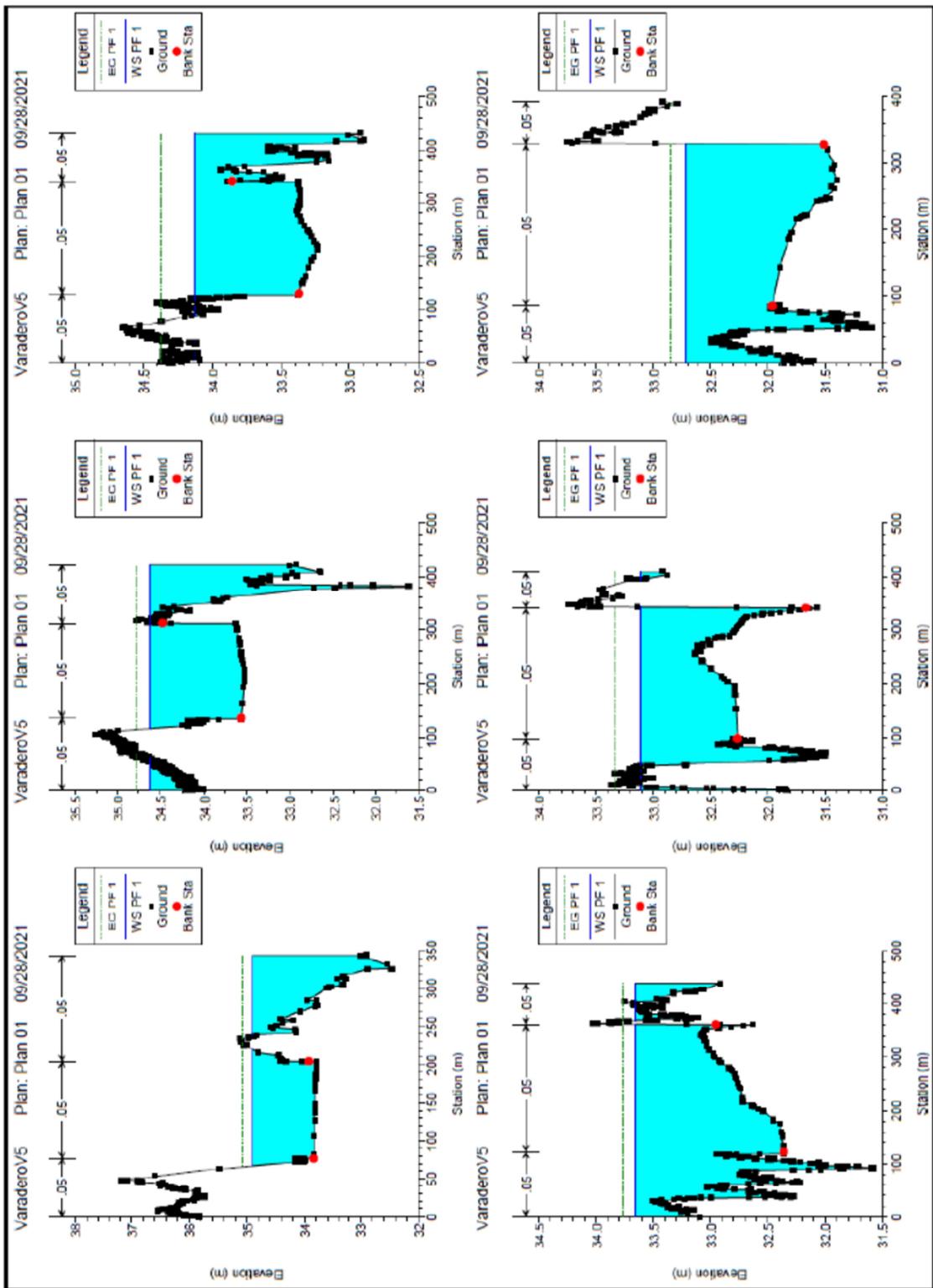
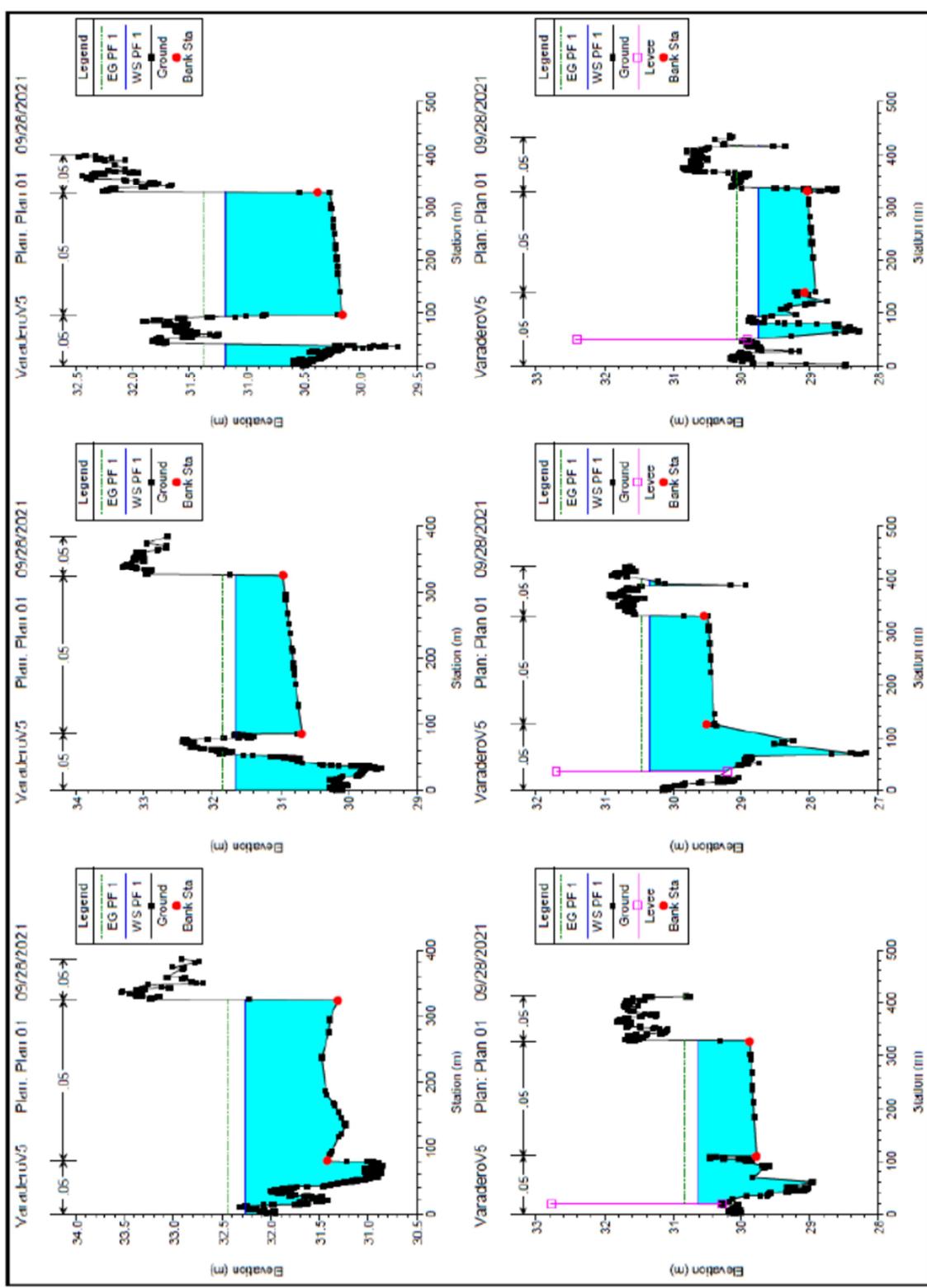


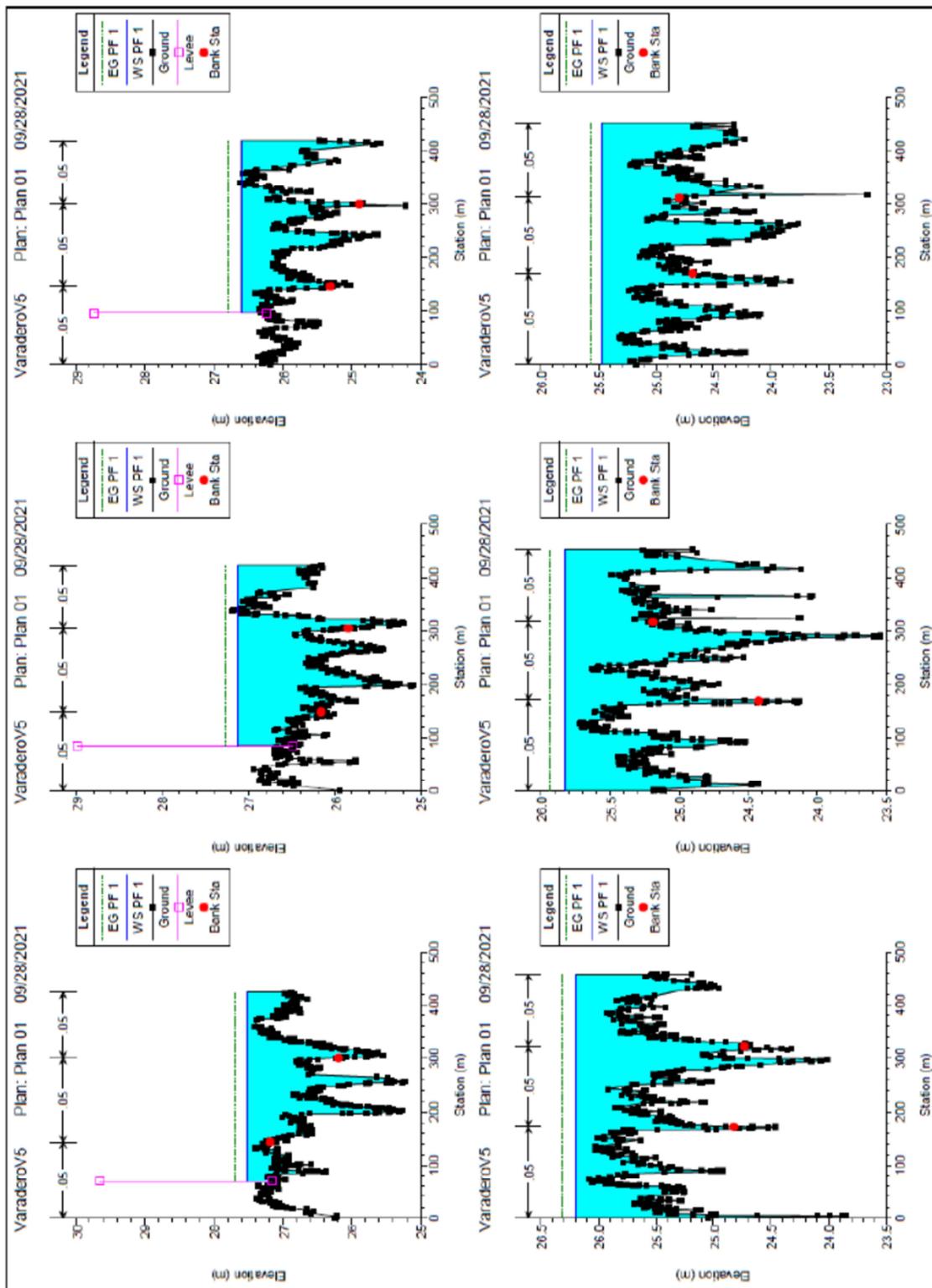
Figura 7. Perfil longitudinal del tramo estudiado

## 5.5. Secciones Transversales









## 6. Resultados y Conclusiones

La cuenca delimitada, presenta un área de 20.96 Km<sup>2</sup> y está inscrita dentro de la zona hidrológica 4, según el análisis del método de crecidas máximas del ETESA, cuenca 122.

Por tratarse del estudio del comportamiento del cuerpo de agua relacionado a actividades temporales para la construcción, se considera como caudal de estudio el correspondiente al período de retorno a 2 años (1:2).  $Q = 225.04 \text{ m}^3/\text{s}$

En cuanto al comportamiento del cauce a lo largo de la zona de influencia, se ha realizado una simulación mediante el software HEC-RAS. Por tratarse de una llanura inundable, los límites se extienden más allá del cauce. (Ver anexos).

A pesar de que no existe una actuación mayor en el cruce de la vía sobre el Varadero, más que su rehabilitación, se debe garantizar en todo momento la conservación de la sección hidráulica actual.

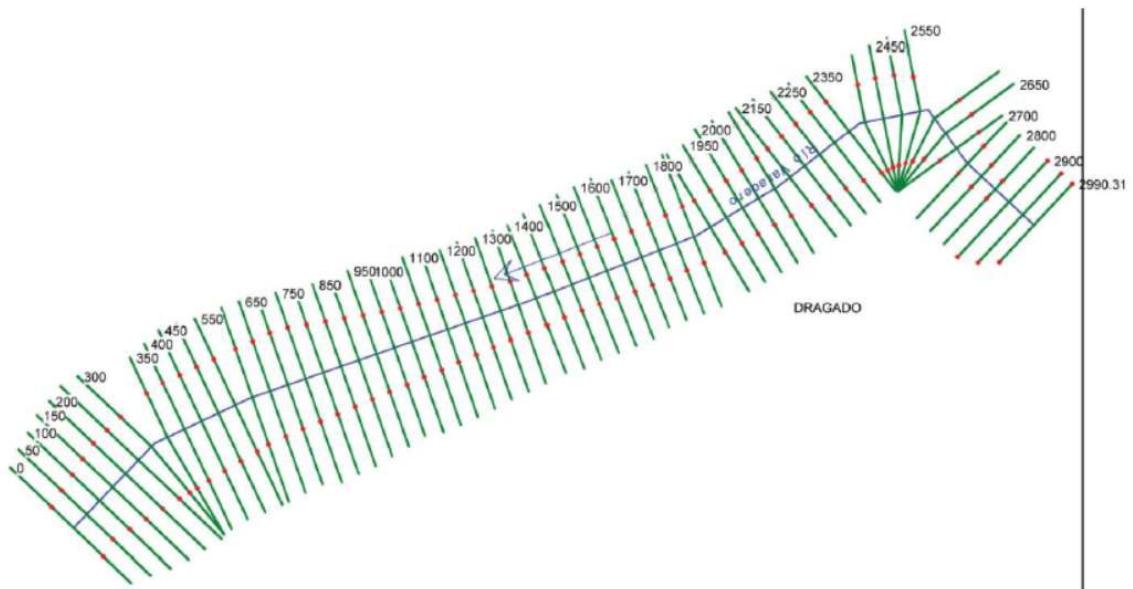
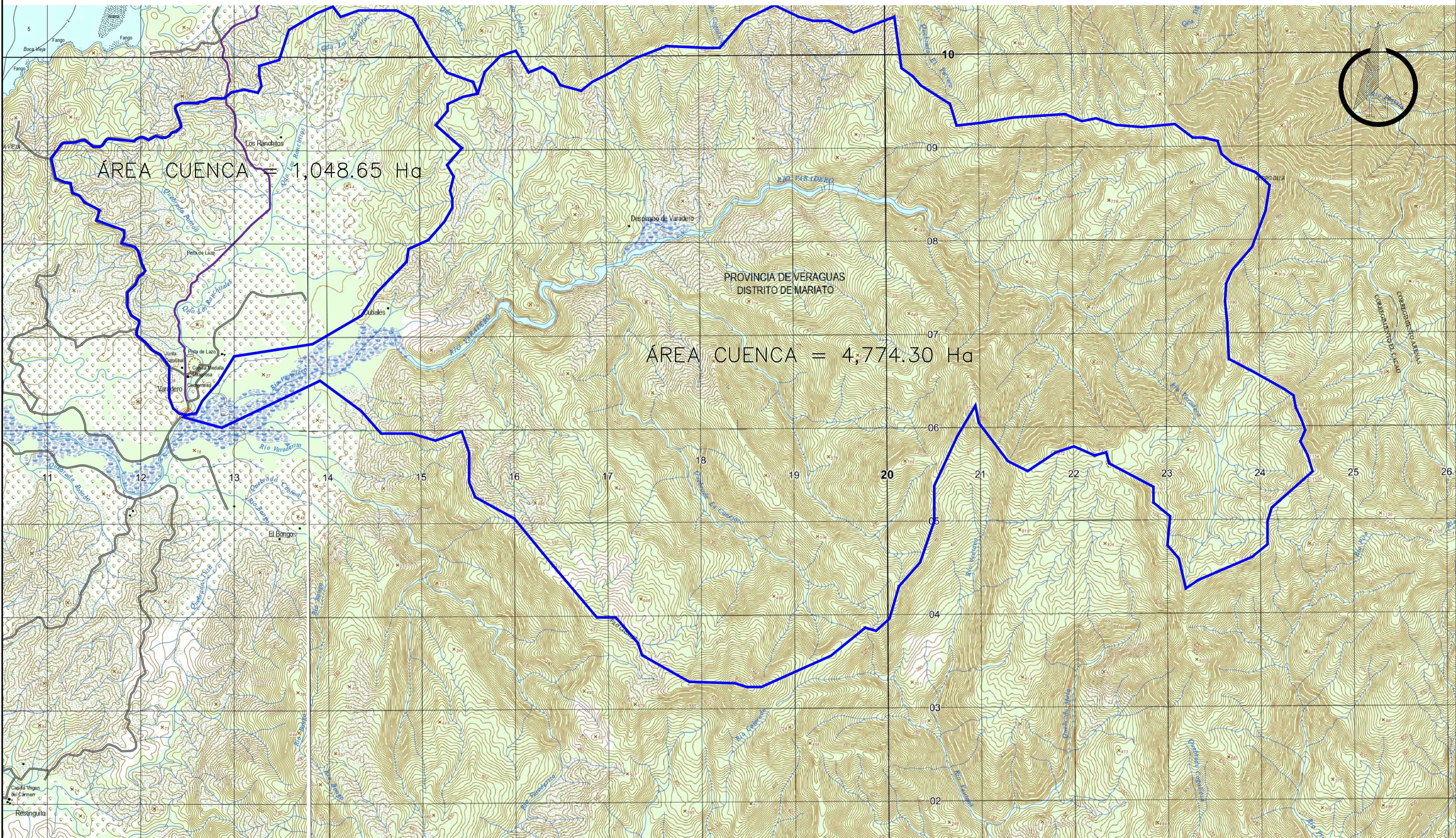


Figura 7. Trazado geométrico de la alternativa de solución

**Anexo 1. Plano de Cuencas**

Normativa de diseño Geométrico:  
AASHTO (Guide for Geometric Design of Very Low-Volumne Local Roads, 2001)  
"Especificaciones Técnicas de Referencia Plego de Cargos"  
"Especificaciones Técnicas Generales para la Construcción y Rehabilitación de Carreteras y Puente" del MOP, segunda Edición revisada, 2002 y sus Suplementarias.  
Todos los materiales y unidades empleadas cumplirán con las siguientes especificaciones:  
- "Especificaciones Técnicas Generales para la Construcción y Rehabilitación de Carreteras y Puente" del MOP  
- "Manual de especificaciones técnicas" del MOP



#### DELIMITACIÓN DE CUENCA DE DRENAGE PLUVIAL

ESCALA: 1/20000