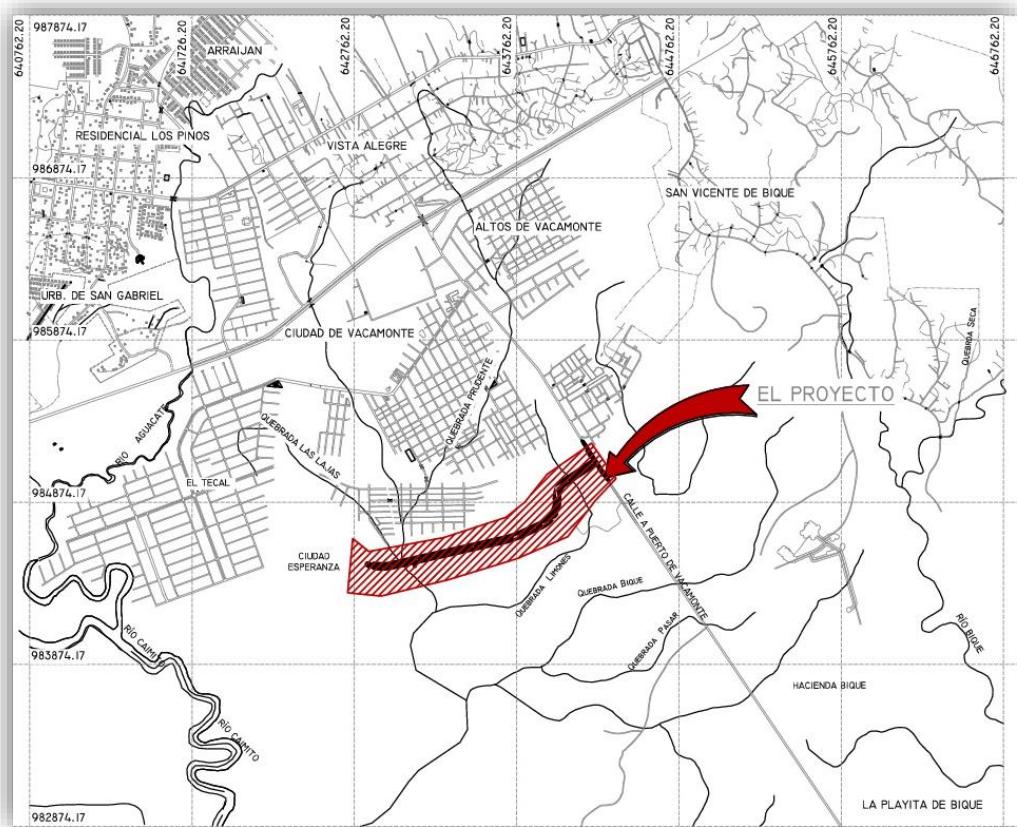


# ESTUDIO HIDROLÓGICO E HIDRÁULICO DE QUEBRADA PRUDENTE, PUENTE SOBRE VÍA DE ACCESO A URBANIZACIÓN CIUDAD ESPERANZA

Proyecto Localizado en  
la Provincia de Panamá Oeste, Distrito de Arraiján



LICITACIÓN  
N°2018-0-14-0-15-LV-013687

## 1. Introducción.

Con el propósito de llevar a cabo un desarrollo seguro de la calle de acceso a la Urbanización Ciudad Esperanza, ubicada en el sector de Vacamonte distrito de Arraiján, se ha realizado un estudio hidrológico e hidráulico de la quebrada Prudente en la parte baja de la subcuenca (Perteneciente a la Cuenca No.140, DEL ESTUDIO DE ANÁLISIS DE CRECIDAS MÁXIMAS DE PANAMÁ), con el fin de determinar los caudales máximos que se van a utilizar en el análisis y diseño de la vía y los puentes vehiculares que se encuentran dentro del área de influencia del proyecto.

Los levantamientos topográficos de las secciones transversales de la quebrada fueron elaborados con puntos georreferenciadas a los BM geodésicos referenciados al sistema WGS-84 zona 17 Norte. Los resultados de este estudio se presentan a la consideración del Ministerio de Obras Públicas para su debida revisión y aprobación.

## 2. Objetivos del proyecto.

Determinar los caudales máximos para el análisis y diseño de la sección natural de la quebrada Prudente y proponer las alturas de para el diseño del puente vehicular.

Determinar los caudales que transitarían por la quebrada Prudente y otros drenajes que aportan a la misma, para una lluvia de diseño con un período de retorno de 1 en 100 años.

Realizar una simulación hidráulica utilizando el modelo **HEC-RAS** para diferentes escenarios tomando en cuenta como referencia los caudales calculados.

Presentar los perfiles y secciones transversales que fueron utilizados para la simulación, para indicar los niveles esperados para el caudal calculado con un período de retorno de 1 en 100 años.

Presentar la tabla de resultados de los parámetros hidráulicos de mayor importancia para indicar el comportamiento bajo las condiciones de frontera del modelo.



San Francisco, Calle 67, Edificio Blue Business Center, Piso 8, Ofic.8-2  
Telf.396-7703/04 Telefax:396-7702 / e-mail: inv.lostres@cwpanama.net

### 3. Descripción del proyecto.

El proyecto consiste en el diseño y construcción de un Boulevard de acceso a la Urbanización Ciudad Esperanza el cual contempla la construcción de un puente vehicular sobre la quebrada Prudente, donde se adecuarán todos los sistemas de infraestructura y estructura necesarios para garantizar la seguridad de los usuarios.

Se dispondrá la construcción de aceras, áreas verdes, cordones cunetas y conformación del terreno. Este proyecto se encuentra ubicado en la provincia de Panamá Oeste, distrito de Arraiján, en el área de Vacamonte.

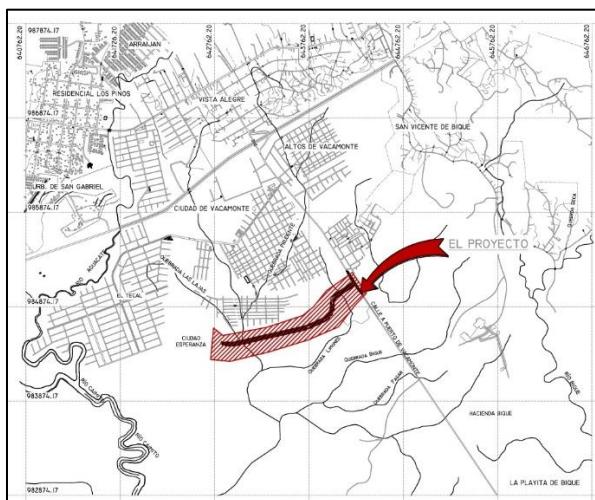


Figura 1. Ubicación del Proyecto

### 4. Metodología Cálculo Hidrológico e Hidráulico.

#### 4.1. Análisis Hidrológico de la zona

Para determinar el método de cálculo a utilizar debemos identificar el tamaño de la cuenca, para esto se utilizan diversas herramientas tecnológicas de ayuda y la comparamos con las técnicas convencionales de cálculo.



San Francisco, Calle 67, Edificio Blue Business Center, Piso 8, Ofic.8-2  
Telf.396-7703/04 Telefax:396-7702 / e-mail: inv.lostres@cwpanama.net

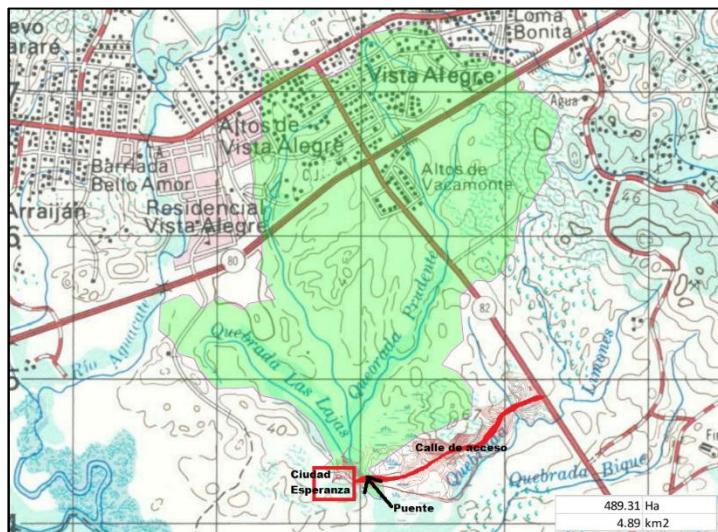


Figura 2. Delimitación de la Cuenca E762 hoja 4242 I

Se utilizó el mosaico del Tommy Guardia de la edición 3-IGNTG, serie E762 de la hoja 4242 I, de la ciudad de Panamá para delimitar la cuenca.

El resultado de la delimitación fue de un área aproximada de 439.87 Ha., o lo que representaría a 4.40 km<sup>2</sup>.

Con esto podemos seleccionar el método de calculo que se usara para la determinación del caudal máximo de diseño, según los manuales de diseños del Ministerio de Obras Públicas se debe utilizar el método de crecidas máximas ya que el área de drenaje supera las 250 Ha.

#### 4.1.1. Método de Crecidas Máximas

Se utilizan las ecuaciones presentes en el estudio “Análisis Regional de Crecidas Máximas” desarrollado por Lavalin International en 1986 para el IRHE y actualizado por ETESA en el año 2008.

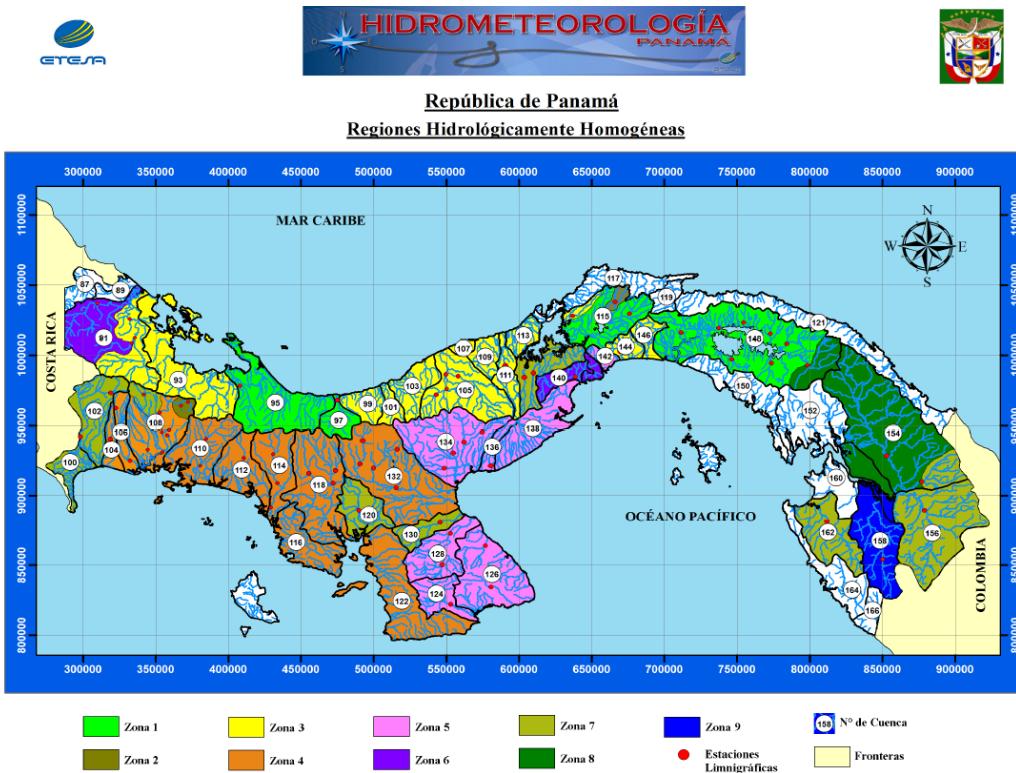
De acuerdo a la zona de estudio de la figura 3, la quebrada Prudente y sus drenajes pertenecen a la Cuenca No. 140 (Cuenca del río Caimito), por lo que según el mapa regional de crecidas máximas pertenece a la **Zona 6 (Figura 3)**.



San Francisco, Calle 67, Edificio Blue Business Center, Piso 8, Ofic.8-2  
Telf.396-7703/04 Telefax:396-7702 / e-mail: inv.lostres@cwpanama.net



Dirección: Vía Ricardo J. Alfaro, El dorado P.H Plaza Aventura, Piso 5, Oficina 525  
Email: info@hmringenieros.com Teléfonos: 392-7177 / 7178



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

Figura 4 Caudales promedios máximos por zona.

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

Figura 5. Factores para diferentes períodos de retornos.



San Francisco, Calle 67, Edificio Blue Business Center, Piso 8, Ofic.8-2  
 Teléf.396-7703/04 Telefax:396-7702 / e-mail: inv.lostres@cwp Panama.net

Reemplazando las áreas de las microcuenca en las ecuaciones de la tabla 4 y tabla 5:

MICRO CUENCA			
QUEBRADA PRUDENTE			
A=	4.40	Km2	
Qmax	33.56	m3/s	Ecuación 3 fig 4
Q100 =	<b>88.59</b>	<b>m3/s</b>	Factor table 2

Tabla 1 caudales micro Cu7enca

Con este procedimiento presentado en la tabla 1 se obtiene el Caudal de diseño esperado, el periodo de retorno para estructuras de 1 en 100 años y el Caudal es de 88.59 m<sup>3</sup>/s.

#### 4.2. Simulación Hidráulica

Para la simulación hidráulica se utilizan varias herramientas de ayuda y de cálculo como son la obtención de la geometría con el Civil 3d, posteriormente se usa el Hec-Ras para los cálculos hidráulicos.

Se han contemplado dos escenarios de cálculo, el primero es la modelación del cauce natural sin la obra de drenaje y posteriormente el calculo incluyendo el puente en las estaciones indicadas.

En esta sección se presentan los resultados obtenidos luego de la simulación hidráulica con HEC-RAS, en un tramo de aproximadamente 300 metros de la quebrada Prudente, para estimar el tirante hidráulica en las secciones transversales utilizadas para la recurrencia de 1 en 100 años.

##### 4.2.1. Geometría de Cauce natural.

Para generar las secciones transversales parte del insumo en el modelo hidráulico Hec-RAS, se utilizó levantamientos topográficos con puntos de control asociados al datum WGS84, esta data permite generar un modelo de elevación en base a las curvas del nivel en el área de estudio, para el debido proceso se utilizó el civil 3d para la obtención de las superficies.



San Francisco, Calle 67, Edificio Blue Business Center, Piso 8, Ofic.8-2  
Telf.396-7703/04 Telefax:396-7702 / e-mail: inv.lostres@cwp Panama.net

Posterior a esto se usan las diversas herramientas del Civil 3d para identificar el Cauce central y posteriormente las secciones transversales. Esta información se exporta al modelo HEC-RAS con la herramienta exportar a HEC-RAS, para obtener un archivo gis el cual se introduce como input inicial al modelo.

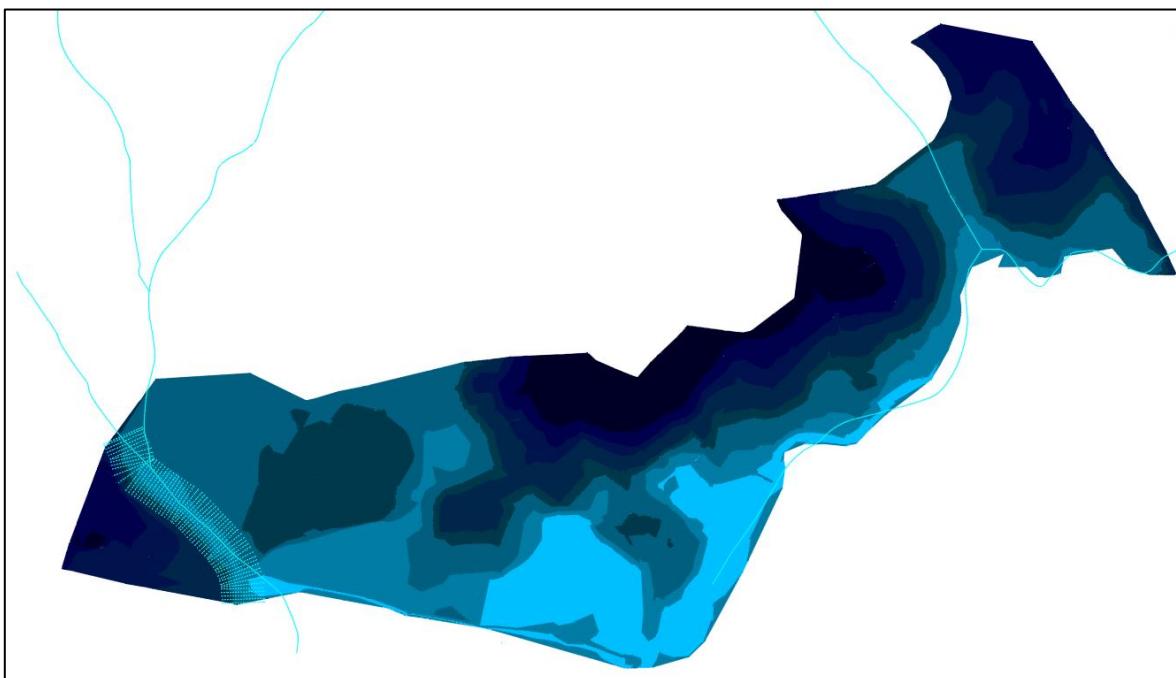
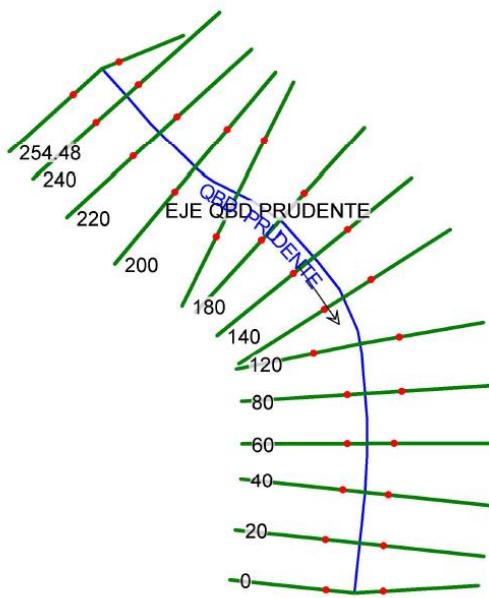


Figura No. 7. Generación de Surface para construir Secciones Transversales.

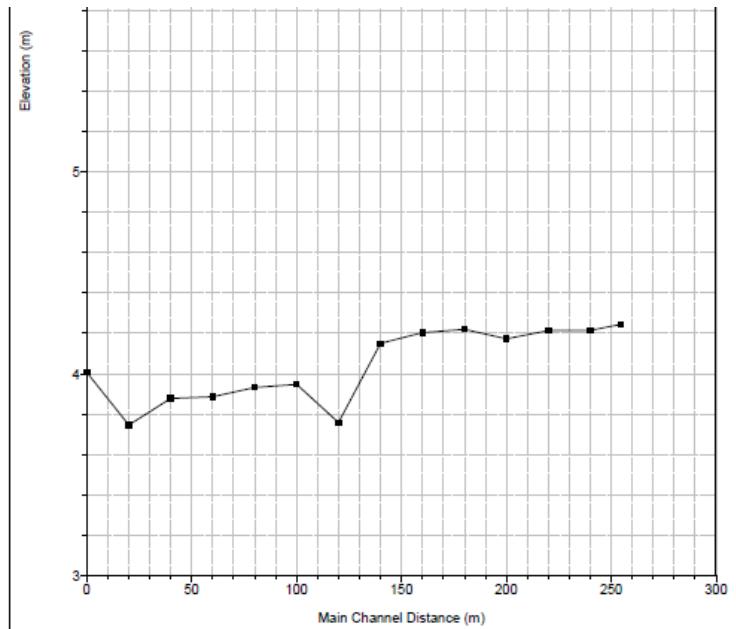
Una vez calibrada la posición de las secciones se puede proceder a introducir la data inicial donde podremos ver la geometría completa del cauce tanto en planta, perfil y secciones.



San Francisco, Calle 67, Edificio Blue Business Center, Piso 8, Ofic.8-2  
Telf.396-7703/04 Telefax:396-7702 / e-mail: inv.lostres@cwp Panama.net



*Figura No. 8. Planta Geométrica modelo hec ras*



*Figura No. 9. Perfil Geométrico modelo hec ras*

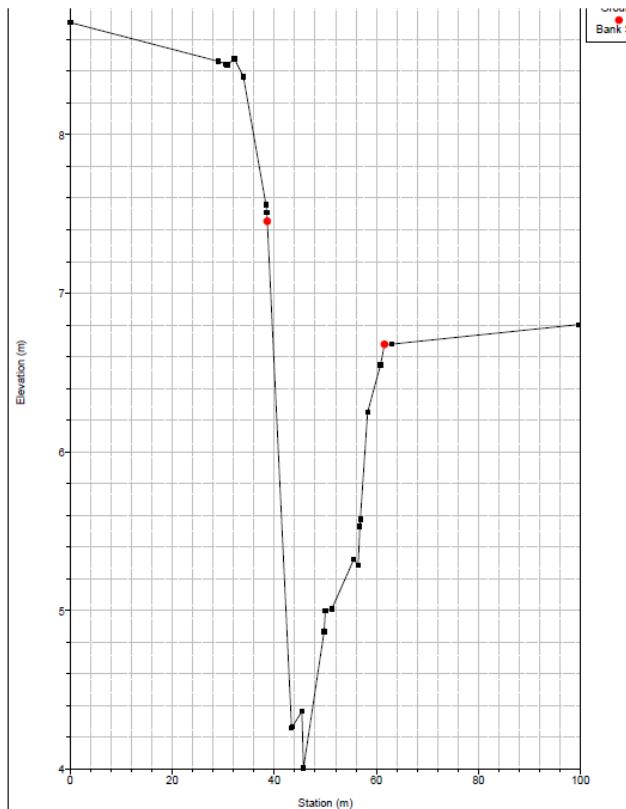


Figura No. 10. Sección Transversal modelo hec ras

Posterior a la importación de la Geometría del cauce se debe completar la información Geométrica como la ubicación de las riveras del río (Bank Station) y posteriormente la distribución de las rugosidades de Manning en la sección transversal.

Para la determinación de las rugosidades de Manning se utilizaron fotos aéreas tomadas con Dron además de la inspección visual del área. La inclusión de estas imágenes actualizadas es de gran utilidad para determinar ciertos parámetros y son de ayuda para los criterios de selección.



San Francisco, Calle 67, Edificio Blue Business Center, Piso 8, Ofic.8-2  
Telf.396-7703/04 Telefax:396-7702 / e-mail: inv.lostres@cwp Panama.net



Figura No. 11. Imagen con Dron de la zona de estudio.

Con la ayuda de esta imagen se pueden comprobar visualmente los puntos tomados con topografía para la definición de los bancos derechos e izquierdo además podemos revisar la distribución de las características del terreno a lo largo del tramo a estudiar.

Con lo que podemos visualizar varios tipos de características de suelo, en la figura 11 podemos ver un cauce limpio en todo la zona de estudio, además se puede ver una canalización aguas debajo de la zona de estudio.

Vemos que los márgenes son tipo Yermos o zonas descubiertas por las urbanizaciones aledañas.

Podremos caracterizar las diferentes zonas de derrame además de los fondos del cauce.



San Francisco, Calle 67, Edificio Blue Business Center, Piso 8, Ofic.8-2  
Telf.396-7703/04 Telefax:396-7702 / e-mail: inv.lostres@cwp Panama.net



Dirección: Vía Ricardo J. Alfaro, El dorado P.H Plaza Aventura, Piso 5, Oficina 525  
Email: info@hmringenieros.com Teléfonos: 392-7177 / 7178

En el anexo 1 Tablas de Manning podremos verificar las diferentes rugosidades utilizadas.

Izquierdo		Canal principal		Derecho	
0-160	0.035	0-120	0.020	0-120	0.030
160-254.48	0.040	120-254.48	0.030	120-254.48	0.035

Tabla 2. Distribución de Rugosidades.

#### 4.2.2. Datos Hidráulicos Múltiples y Simulación.

##### 4.2.2.1. Caudales:

La definición de datos hidráulicos en régimen permanente se realiza en el editor de flujo y se accede en el Steady Flow Data, donde se introduce el caudal calculado en la tabla 1.

##### 4.2.2.2. Condiciones de Contorno:

Para completar la definición hidráulica del modelo queda establecer sus condiciones de contorno, es decir aquellos parámetros que permitan resolver el modelo en sus extremos aguas arriba y aguas abajo. Para ello, se debe seleccionar el reach boundary condition.

La condición de contorno disponible para el régimen de flujo asumido es la pendiente de la sección aguas arriba para la condición de calado normal.

La pendiente de aguas arriba es de  $S=0.00252 \text{ m/m}$

##### 4.2.2.3. Simulación Hidráulica:

La simulación se realiza en Régimen permanente, con lo que debemos acceder al gestor de simulaciones e indicar el régimen de flujo según el número de Freud y la condición cambiente del cauce, se le debe indicar que calcule al yc.



San Francisco, Calle 67, Edificio Blue Business Center, Piso 8, Ofic.8-2  
Telf.396-7703/04 Telefax:396-7702 / e-mail: inv.lostres@cwp Panama.net

#### 4.2.3. Inclusión de la Estructura:

En base a la Geometría y el análisis anterior para el cauce natural se procede a establecer los parámetros necesarios para definir la estructura del puente en el proyecto.

La definición de la Estructura se basa en el trazo del camino nuevo y los niveles de movimiento de tierra, este es un proceso iterativo el cual ahora dependerá del nivel de cota que arroje nuestro análisis corregido.

En primer lugar se proyecta una restante con los niveles seguros obtenidos con los cálculos del cauce natural de la sección anterior. El viaducto posee la siguiente Geometría

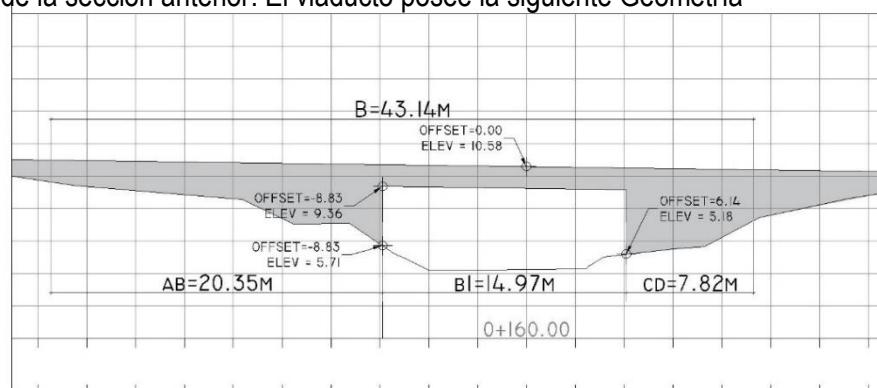


Figura No. 12. Perfil de Puente.



Figura No. 13. Planta de Puente

Se trata de un par de puentes gemelos los cuales tienen una luz de 20.00 m cada uno. La orientación del puente es en sesgo con respecto a la vía, pero para la simulación procedemos a colocar la sección transversal al eje del curso de agua con esto vamos del lado conservador del análisis.

Los procesos para la definición de la estructura los describimos a continuación

#### 4.2.3.1. Esquema de ámbito:

Cualquier viaducto u obra de drenaje conlleva la definición de un ámbito de influencia asociado al mismo, que comprende una cierta longitud del cauce a modelar, según el siguiente esquema:

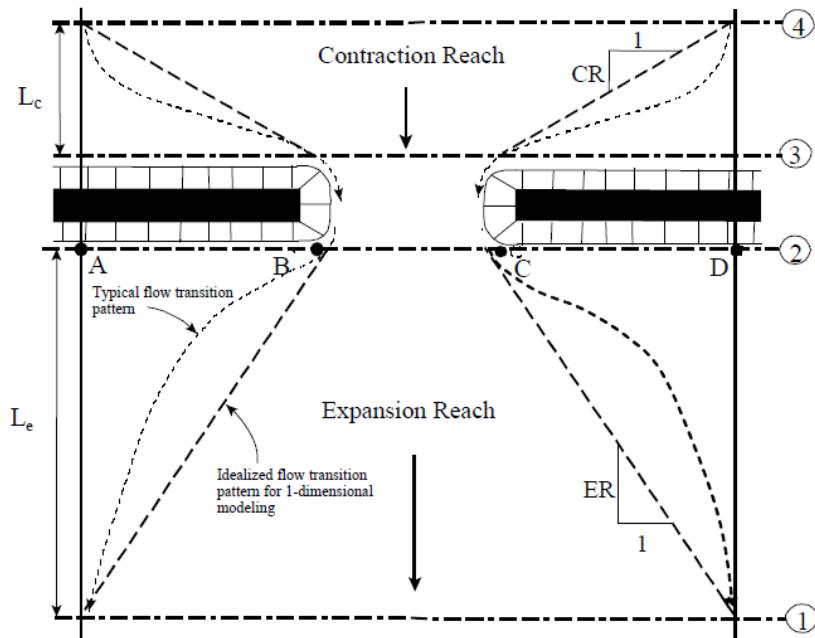


Figure 6-11 Cross Section Locations at a Bridge or Culvert

Figura No. 14. Esquema de Influencia

Así pues, son necesarias 4 secciones para definir correctamente un viaducto o una obra de drenaje. Estas secciones se identifican numéricamente de manera decreciente según el sentido del flujo. Como se observa en el esquema, el elemento en si se ubica entre las secciones 3 y 2, mientras que el límite del ámbito de influencia del elemento lo determinan las secciones 4 y 1.



San Francisco, Calle 67, Edificio Blue Business Center, Piso 8, Ofic.8-2  
Telf.396-7703/04 Telefax:396-7702 / e-mail: inv.lostres@cwp Panama.net

Entre las secciones 4 y 3 se produce una contracción de flujo durante una longitud determinada, mientras que entre las secciones 2 y 1 el flujo se expande a lo largo de una longitud de expansión hasta alcanzar de nuevo el ancho efectivo de cauce.

#### 4.2.3.2. Longitudes de contracción y Expansión.

A continuación, las tablas de los rangos de contracción y expansión.

**Table B-3 Ranges of Contraction Ratios (CR)**

	<b>nob / nc = 1</b>	<b>nob / nc = 2</b>	<b>nob / nc = 4</b>
S = 1 ft/mile	1.0 - 2.3	0.8 - 1.7	0.7 - 1.3
5 ft/mile	1.0 - 1.9	0.8 - 1.5	0.7 - 1.2
10 ft/mile	1.0 - 1.9	0.8 - 1.4	0.7 - 1.2

*Figura No. 15. Coeficiente de Contracción*



San Francisco, Calle 67, Edificio Blue Business Center, Piso 8, Ofic.8-2  
Telf.396-7703/04 Telefax:396-7702 / e-mail: inv.lostres@cwp Panama.net

Table 6-1 Ranges of Expansion Ratios

		<b>nob / nc = 1</b>	<b>nob / nc = 2</b>	<b>nob / nc = 4</b>
b/B = 0.10	S = 1 ft/mile	1.4 – 3.6	1.3 – 3.0	1.2 – 2.1
	5 ft/mile	1.0 – 2.5	0.8 – 2.0	0.8 – 2.0
	10 ft/mile	1.0 – 2.2	0.8 – 2.0	0.8 – 2.0
b/B = 0.25	S = 1 ft/mile	1.6 – 3.0	1.4 – 2.5	1.2 – 2.0
	5 ft/mile	1.5 – 2.5	1.3 – 2.0	1.3 – 2.0
	10 ft/mile	1.5 – 2.0	1.3 – 2.0	1.3 – 2.0
b/B = 0.50	S = 1 ft/mile	1.4 – 2.6	1.3 – 1.9	1.2 – 1.4
	5 ft/mile	1.3 – 2.1	1.2 – 1.6	1.0 – 1.4
	10 ft/mile	1.3 – 2.0	1.2 – 1.5	1.0 – 1.4

Figura No. 16. Coeficiente de Expansión

La longitudes de contracción y expansión se obtienen a partir de las siguientes expresiones.

$$L_C = CR * L_{obs} \quad (4.1)$$

$$L_e = ER * L_{obs} \quad (4.1)$$

Donde:

Lobs= La obstrucción media del elemento( media entre AB y CD, fig. 14)

CR= Radio de contracción, fig. 15

ER= Radio de expansión, fig. 16

nob= Manning en los overbanks sección de referencia S3

nc= Manning en el canal sección de referencia S3



San Francisco, Calle 67, Edificio Blue Business Center, Piso 8, Ofic.8-2  
Telf.396-7703/04 Telefax:396-7702 / e-mail: inv.lostres@cwp Panama.net

S= So x 52880 pie/Milla

So= Pendiente de la sección de referencia S3, aguas arriba (contracción), Aguas abajo (Expansión)

b= ancho de la infraestructura

B=ancho total de la infraestructura

Aplicando las formulación en el anexo 2 se presentan los cálculos para obtener las secciones de control de la estructura

	<b>S4</b>	<b>S3</b>	<b>S2</b>	<b>S1</b>
<b>Viaducto hormigón</b>	187	160	133	105

Tabla 3. Secciones de control viaducto.

#### **4.2.3.3. Creación de la Geometría de las secciones.**

Con la información anterior se puede generar de manera manual o con el Hec Ras las secciones S1,S2,S3,S4. Se deben usar las herramientas de interpolación de secciones para producir las secciones de control de la estructura. Al final tenemos las siguiente geometría del modelo.



San Francisco, Calle 67, Edificio Blue Business Center, Piso 8, Ofic.8-2  
Telf.396-7703/04 Telefax:396-7702 / e-mail: inv.lostres@cwp Panama.net

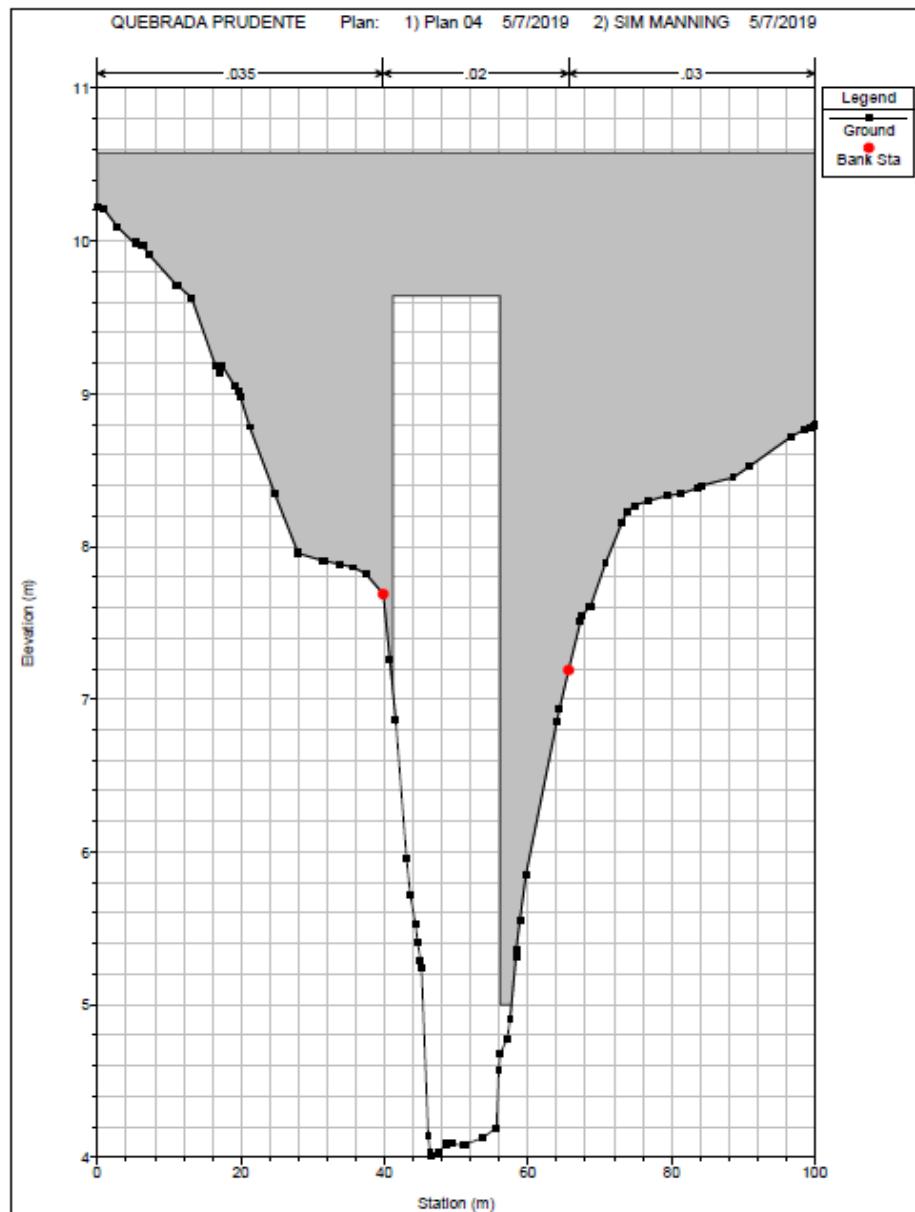


Figura No. 17. Geometría de la Estructura.



San Francisco, Calle 67, Edificio Blue Business Center, Piso 8, Ofic.8-2  
 Teléf.396-7703/04 Telefax:396-7702 / e-mail: inv.lostres@cwp Panama.net

#### 4.2.3.5. Coeficientes de contracción y expansión

A lo largo de las etapas establecidas anteriormente y entre las secciones definidas se produce una contracción y una expansión del flujo antes y después de la infraestructura. Estos fenómenos implican unas pérdidas de energía que el programa determina a partir de unos coeficientes, que se muestran en la siguiente tabla :

*Subcritical Flow Contraction and Expansion Coefficients*

	Contraction	Expansion
No transition loss computed	0.0	0.0
Gradual transitions	0.1	0.3
Typical Bridge sections	0.3	0.5
Abrupt transitions	0.6	0.8

*Figura No. 18. Coeficientes de Expansión o contracción*

Estos coeficientes se aplican en el cálculo de las variaciones de velocidad entre secciones, aplicándola a la sección aguas arriba de un tramo entre dos secciones. Así, los coeficientes relativos a la contracción y expansión de flujo se definirán en las secciones S4, S3, S2 de la infraestructura.

#### 4.2.3.6. Criterio hidráulico de viaductos

Con el Hec Ras se puede realizar el cálculo hidráulico de los viaducto bajo distintos criterios hidráulicos: Flujo bajo, flujo alto, o ambos.

Se considera flujo bajo cuando el mismo pasa por debajo del tablero, con lo que se considera que se desarrolla por canal en lámina libre. En función del régimen, este flujo bajo será de tipo A, B o C. El programa presenta cuatro métodos de cálculos para flujos bajos: Energía, Momentum, Yarnell y FHWA WSPRO.



San Francisco, Calle 67, Edificio Blue Business Center, Piso 8, Ofic.8-2  
Telf.396-7703/04 Telefax:396-7702 / e-mail: inv.lostres@cwp Panama.net

El flujo alto se produce cuando la lámina de agua entra en contacto con el punto más elevado de la rasante inferior del tablero de la sección aguas arriba del viaducto. En este caso el programa calcula el flujo por el método de la energía o por el método de presión / vertedero.

Para este diseño se debe considerar un **flujo bajo** para cumplir con lo estipulado con la norma de la república de Panamá donde el fondo de viga debe estar a 1.80 por arriba del NAME.

Los métodos usados para esta modelación son el método de Energía y Momentum y se le indica al programa que escoja el que ofrezca las perdidas de energía mayores.

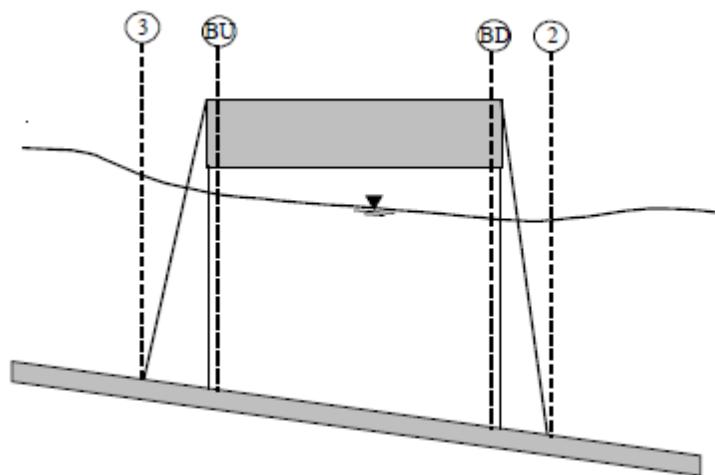


Figura No. 19. Modelo de flujo Bajo

El método de energía es el que realiza el programa por defecto, y considera el paso por el viaducto como si de un canal simple se tratará entre dos secciones. Para ello usa los coeficientes de rugosidad de Manning y de contracción y expansión, calculados en secciones anteriores.

El método de momentum se basa en un balance de la cantidad de movimiento de la sección S2 a la S3 en tres etapas: de S2 a la sección aguas abajo del viaducto, de la sección aguas abajo a la sección aguas arriba, y de la sección aguas arriba del viaducto a las S3. Usa coeficientes de rugosidad y de dragado de pilares para determinar la fuerzas de fricción y de dragado de los pilares.



San Francisco, Calle 67, Edificio Blue Business Center, Piso 8, Ofic.8-2  
Telf.396-7703/04 Telefax:396-7702 / e-mail: inv.lostres@cwp Panama.net

*Typical drag coefficients for various pier shapes*

Pier Shape	Drag Coefficient $C_D$
Circular pier	1.20
Elongated piers with semi-circular ends	1.33
Elliptical piers with 2:1 length to width	0.60
Elliptical piers with 4:1 length to width	0.32
Elliptical piers with 8:1 length to width	0.29
Square nose piers	2.00
Triangular nose with 30 degree angle	1.00
Triangular nose with 60 degree angle	1.39
Triangular nose with 90 degree angle	1.60
Triangular nose with 120 degree angle	1.72

*Figura No. 19. Coeficientes de Dragado.*

#### 4.2.3.7. Áreas Infectivas de Flujos.

La definición geométrica de un viaducto o de obra de drenaje precisa para completarse la determinación de las áreas infectivas de flujo asociado, que son aquellas que están relacionadas por la ocupación de sección que producen los estribos o el terraplén de esos elementos.

#### 4.2.4. Aplicación Matemática del Método de Energía

El régimen de flujo se caracteriza por la variabilidad de circulación del flujo ya sea en función de la pendiente o de la geometría de las secciones. Es habitual que se produzcan cambios de régimen de subcrítico a supercrítico y viceversa.

Esta variación en la circulación del flujo se conoce como Flujo Gradualmente Variado, en el que el calado varía de forma gradual. De este modo el perfil de la lámina de agua adopta, a lo largo del paso por un canal abierto, unas Curvas de Remanso.

Cuando la transición se efectúa de régimen supercrítico a subcrítico, se produce una curva de remanso que acaba transformándose en un resalto hidráulico. Cuando la transición se realiza de régimen subcrítico a supercrítico se produce una doble curva de remanso para enlazar ambos perfiles.



San Francisco, Calle 67, Edificio Blue Business Center, Piso 8, Ofic.8-2  
Telf.396-7703/04 Telefax:396-7702 / e-mail: inv.lostres@cwp Panama.net

#### 4.2.4.1. Cauces Naturales

La situación más habitual que un técnico va a tener que modelizar se encuentra en un cauce natural. Éste se caracteriza no sólo por la heterogeneidad de sus pendientes que provocarán un régimen mixto.

Es en los cauces naturales donde entran en juego secciones variables, rugosidades cambiantes, y en los que de una correcta definición geométrica y de parámetros hidráulicos dependerá la obtención de unos resultados válidos.

Por ello, en esta Referencia hidráulica se exponen algunos aspectos relacionados directamente con la realización del cálculo computacional de cauces naturales.

Para obtener la capacidad de transporte total y los coeficientes de velocidad en una sección, HEC-Ras la subdivide en unidades con una distribución de velocidades uniforme en los márgenes de inundación (overbanks).

La capacidad de transporte en cada subdivisión se calcula a partir de Manning como:

$$Q = KS_f^{1/2}$$

$$K = \frac{1.486}{n} AR^{2/3}$$

con,

K = capacidad de transporte de la subdivisión

n = coeficiente de rugosidad de Manning de la zona

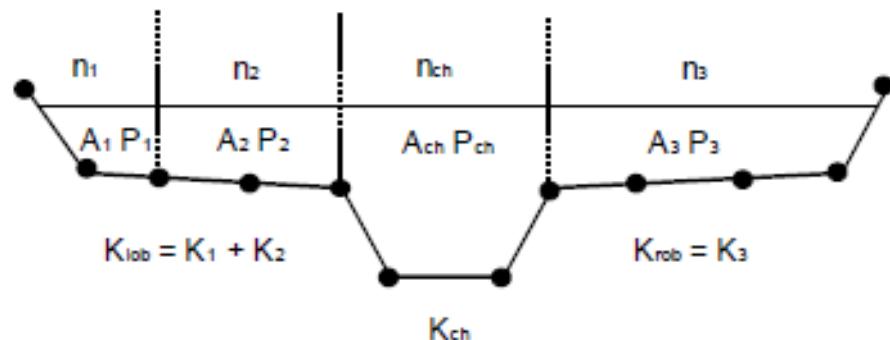
A = Área mojada de la zona

R = radio hidráulico de la zona (división de área mojada entre perímetro mojado)

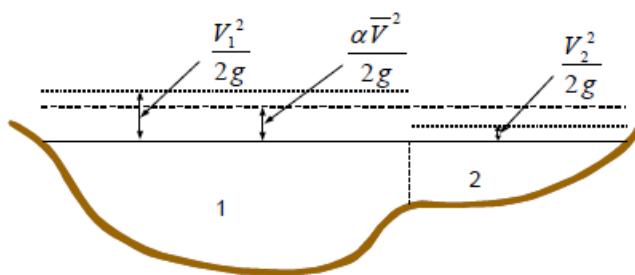


San Francisco, Calle 67, Edificio Blue Business Center, Piso 8, Ofic.8-2  
Telf.396-7703/04 Telefax:396-7702 / e-mail: inv.lostres@cwp Panama.net

La capacidad de transporte de los márgenes se obtiene sumando todos los incrementos de las mismas, mientras que la de la sección se obtiene de la suma de las tres partes de la misma: margen izquierdo, canal y margen derecho.



Al tratarse de un programa de modelización unidimensional cuyo resultado es una única lámina de agua, HEC-Ras sólo ofrece como resultado un valor de energía relacionada directamente con el caudal de circulación de flujo por la sección. Así, la energía en una sección cualquiera será obtenida según se muestra en el siguiente esquema (en el que no se ha producido inundación en margen izquierdo).



Para obtener el término cinético se necesita conocer el coeficiente alfa, el cual se calcula igualando el término cinético de la sección con la media ponderada de velocidades según los caudales:



San Francisco, Calle 67, Edificio Blue Business Center, Piso 8, Ofic.8-2  
Telf.396-7703/04 Telefax:396-7702 / e-mail: inv.lostres@cwp Panama.net



Dirección: Vía Ricardo J. Alfaro, El dorado P.H Plaza Aventura, Piso 5, Oficina 525  
Email: info@hmringenieros.com Teléfonos: 392-7177 / 7178

$$a \frac{V^2}{2g} = \frac{Q_1 \frac{V_1^2}{2g} + Q_2 \frac{V_2^2}{2g}}{Q_1 + Q_2}$$

Esta ecuación expresada en forma general queda como:

$$a = \frac{|Q_1 V_1^2 + Q_2 V_2^2 + \dots + Q_N V_N^2|}{Q \bar{V}^2}$$

Cuando la lámina de agua pasa por el calado crítico, el programa opta por computar mediante la ecuación del momento al producirse un Flujo Rápidamente Variado. Esta situación se da en los cambios de régimen, lo cual es habitual en los modelos de cauces naturales.

La ecuación del Momento procede de la segunda ley de Newton:

$$\sum F_x = m a$$

Que aplicada al movimiento de una porción de agua entre dos secciones en un instante de tiempo queda como:

$$P_2 - P_1 + W_x - F_f = Q \rho \Delta V_x$$

donde,

P = presión hidrostática en secciones 1 y 2 (kN)

Wx = fuerza debida al peso de la porción de agua en el sentido del flujo (kN)

Ff = fuerza de fricción por flujo desde sección 2 a sección 1 (kN)

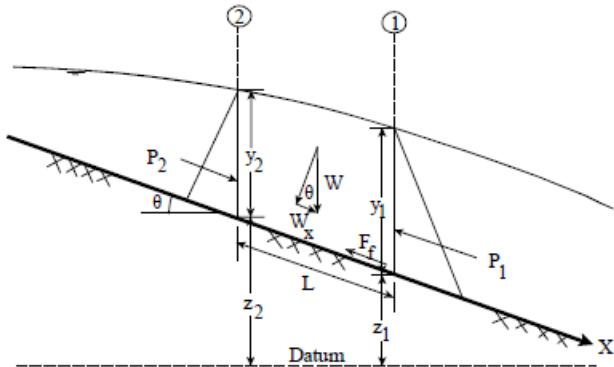
Q = caudal (m<sup>3</sup>/s)

ρ = densidad del agua (t/m<sup>3</sup>)

ΔVx = incremento de velocidad de secciones 2 a 1 en la dirección del flujo (m/s)



San Francisco, Calle 67, Edificio Blue Business Center, Piso 8, Ofic.8-2  
Telf.396-7703/04 Telefax:396-7702 / e-mail: inv.lostres@cwp Panama.net



Teniendo en cuenta que:

$$P = \gamma A \bar{Y} \cos \theta$$

$$W_x = \gamma \left( \frac{A_1 + A_2}{2} \right) L S_0$$

$$F_f = \gamma \left( \frac{A_1 + A_2}{2} \right) \bar{S}_f L$$

$$ma = \frac{\rho \gamma}{g} (\beta_1 V_1 - \beta_2 V_2)$$

La ecuación del Momento que HEC-Ras desarrolla en sus computaciones queda como:

$$\frac{\rho^2 \beta_2}{g A_2} + A_2 \bar{Y}_2 + \left( \frac{A_1 + A_2}{2} \right) L S_0 - \left( \frac{A_1 + A_2}{2} \right) L \bar{S}_f = \frac{\rho^2 \beta_1}{g A_1} + A_1 \bar{Y}_1$$

Para el caso concreto de cálculos de flujo en régimen mixto, y aplicándola a un tramo corto de cauce, la ecuación queda simplificada como:



San Francisco, Calle 67, Edificio Blue Business Center, Piso 8, Ofic.8-2  
Telf.396-7703/04 Telefax:396-7702 / e-mail: inv.lostres@cwp Panama.net

$$\frac{Q^2 \beta_1}{g A_1} + A_1 \bar{Y}_1 = \frac{Q^2 \beta_2}{g A_2} + A_2 \bar{Y}_2$$

con,

$Q$  = caudal en cada sección (m<sup>3</sup>/s)

$A$  = Área total de flujo (m<sup>2</sup>)

$Y$  = calado o tirante desde la superficie hasta el centroide del área (m)

$g$  = gravedad

Siendo ambos lados de la ecuación análogos, puede expresarse para cualquier sección de un canal como:

$$SF = \frac{Q^2 \beta}{g A} + A \bar{Y}$$

La primera parte de la ecuación corresponde al término dinámico (momento de flujo que pasa por el canal por unidad de tiempo), y la segunda corresponde al término estático (fuerza ejercida por la presión hidrostática). El resultado es lo que se conoce como Fuerza Específica, la cual aplicada a canales naturales se expresa como:

$$SF = \frac{Q^2 \beta}{g A_w} + A_t \bar{Y}$$

con,

$A_w$  = Área de flujo donde hay movimiento (m<sup>2</sup>)

$A_t$  = Área total de flujo incluidas las áreas infectivas. (m<sup>2</sup>)



San Francisco, Calle 67, Edificio Blue Business Center, Piso 8, Ofic.8-2  
Telf.396-7703/04 Telefax:396-7702 / e-mail: inv.lostres@cwp Panama.net

## 5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

1. Se pudieron generar las secciones transversales mediante la aplicación de la herramienta Civil 3d integrada al mosaico topográfico de Tommy Guardia (4242-I Arraiján), para exportar el levantamiento topográfico georeferenciado al modelo Hec-Ras, lo cual le da un aporte muy importante al estudio.
2. El modelo HEC-RAS simula adecuadamente el tránsito del caudal de diseño correspondiente al periodo de retorno de 100 años como lo indica el Ministerio de Obras Publica para obras principales.
3. Los resultados obtenidos en el tramo analizado de la quebrada Prudente indican que las secciones transversales cuentan con la capacidad para un evento con un caudal de y **88.59 m<sup>3</sup>/s** recurrencia de 1 en 100 años.
4. Teniendo como base los resultados del análisis del Cauce natural y con la incorporación de la estructura la misma se desplanta a un nivel superior al nivel de crecidas máximas(NAME) de 7.13 m sobre el nivel del mar, con un nivel de rasante de 10.45m sobre el nivel del mar.
5. Se dimensiona una estructura para el puente de 1.35 m de alto por ende se garantiza los 1.80 entre el nivel inferior de viga y el NAME
6. Se verificaron los niveles de rasante del proyecto la misma están dentro de los parámetros permitidos por el Ministerio de Obras Públicas.



San Francisco, Calle 67, Edificio Blue Business Center, Piso 8, Ofic.8-2  
Telf.396-7703/04 Telefax:396-7702 / e-mail: inv.lostres@cwp Panama.net

## 6. Recomendaciones

Tomar como referencia los niveles de superficie de agua en cada una de las secciones transversales del tramo simulado de la quebrada Prudente para establecer los niveles seguros dentro de la terracería del proyecto.

Se recomienda implementar señalizaciones en zonas cercanas a la quebrada, para no ingresar a la misma en el momento de registros de lluvia, sobre todo por los registros de lluvia que oscilan entre 4 y 8 m/s.

Implementar los SIG (Sistemas de Información Geográfica), en este tipo de estudios, ya que permite tener una mejor perspectiva espacial de los eventos. Al igual se verificó con mosaicos del Instituto Geográfico Nacional la hoja 4242 III Serie E762.

El modelo HEC-RAS simula adecuadamente el tránsito del caudal de diseño correspondiente al periodo de retorno de 100 años para la quebrada Prudente.

Se recomienda dar un mantenimiento continuo a los cursos de agua que bordean el proyecto, para así garantizar un buen funcionamiento de los mismos durante el periodo de vida de los mismos.

En caso de realizar cualquier adecuación al cauce en un futuro, realizar un análisis hidráulico que considere cualquier modificación en términos de aumento o disminución de la capacidad hidráulica de la quebrada Las Lajas y quebrada Prudente.

Se recomienda la protección de todos los taludes colindantes a las quebradas para garantizar la integridad de los taludes.

Se recomienda la remoción del vado existente para garantizar el flujo libre aguas debajo del puente proyectado.



## 7. BIBLIOGRAFÍA

Chow, V. T., D. R. Maidment y L. W. Mays, 1988.

Applied Hydrology. McGraw-Hill publishing co., New York.

Chow, V. T., 1994. Hidráulica de Canales Abiertos.

McGraw-Hill Interamericana, S.A.

González, Diego A., 2008, Análisis de Crecidas Máximas en Panamá,  
ETESA, Panamá.

USACE, 2008, HEC-RAS 4.0 River analysis system user's manual.  
Hydrologic Engineering Center, Davis, CA.

USACE, 2008, HEC-RAS 4.0 River Analysis System Hydraulic Reference Manual.  
Hydrologic Engineering Center, Davis, CA.

Empresa de Transmisión Eléctrica, S.A. Departamento de Hidrometeorología, Análisis  
Regional de Crecidas Máximas en Panamá, 2008.

Manual de Aprobación de Planos. Ministerio de Obras Públicas, 2002.



San Francisco, Calle 67, Edificio Blue Business Center, Piso 8, Ofic.8-2  
Telf.396-7703/04 Telefax:396-7702 / e-mail: inv.lostres@cwp Panama.net



**ANEXO A  
TABLAS DE MANNING**



San Francisco, Calle 67, Edificio Blue Business Center, Piso 8, Ofic.8-2  
Telf.396-7703/04 Telefax:396-7702 / e-mail: inv.lostres@cwp Panama.net



Dirección: Vía Ricardo J. Alfaro, El dorado P.H Plaza Aventura, Piso 5, Oficina 525  
Email: info@hmringenieros.com Teléfonos: 392-7177 / 7178

**ANEXO B**  
**CÁLCULO DE LONGITUDES DE EXPANSIÓN Y CONTRACCIÓN**

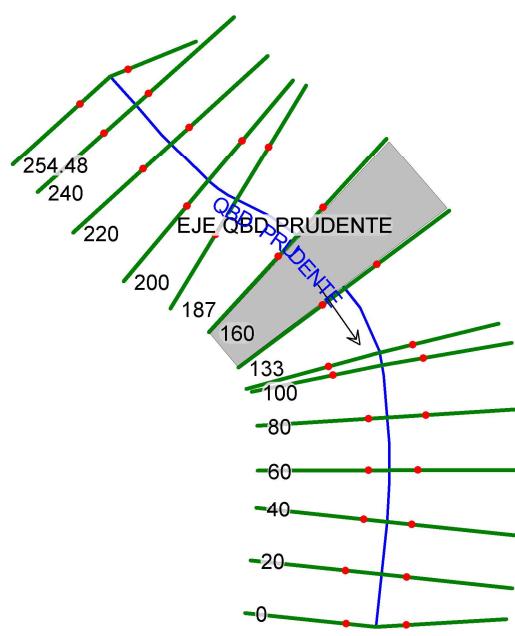


San Francisco, Calle 67, Edificio Blue Business Center, Piso 8, Ofic.8-2  
Telf.396-7703/04 Telefax:396-7702 / e-mail: [inv.lostres@cwp Panama.net](mailto:inv.lostres@cwp Panama.net)

**ANEXO C  
CÁLCULO HIDRÁULICO**



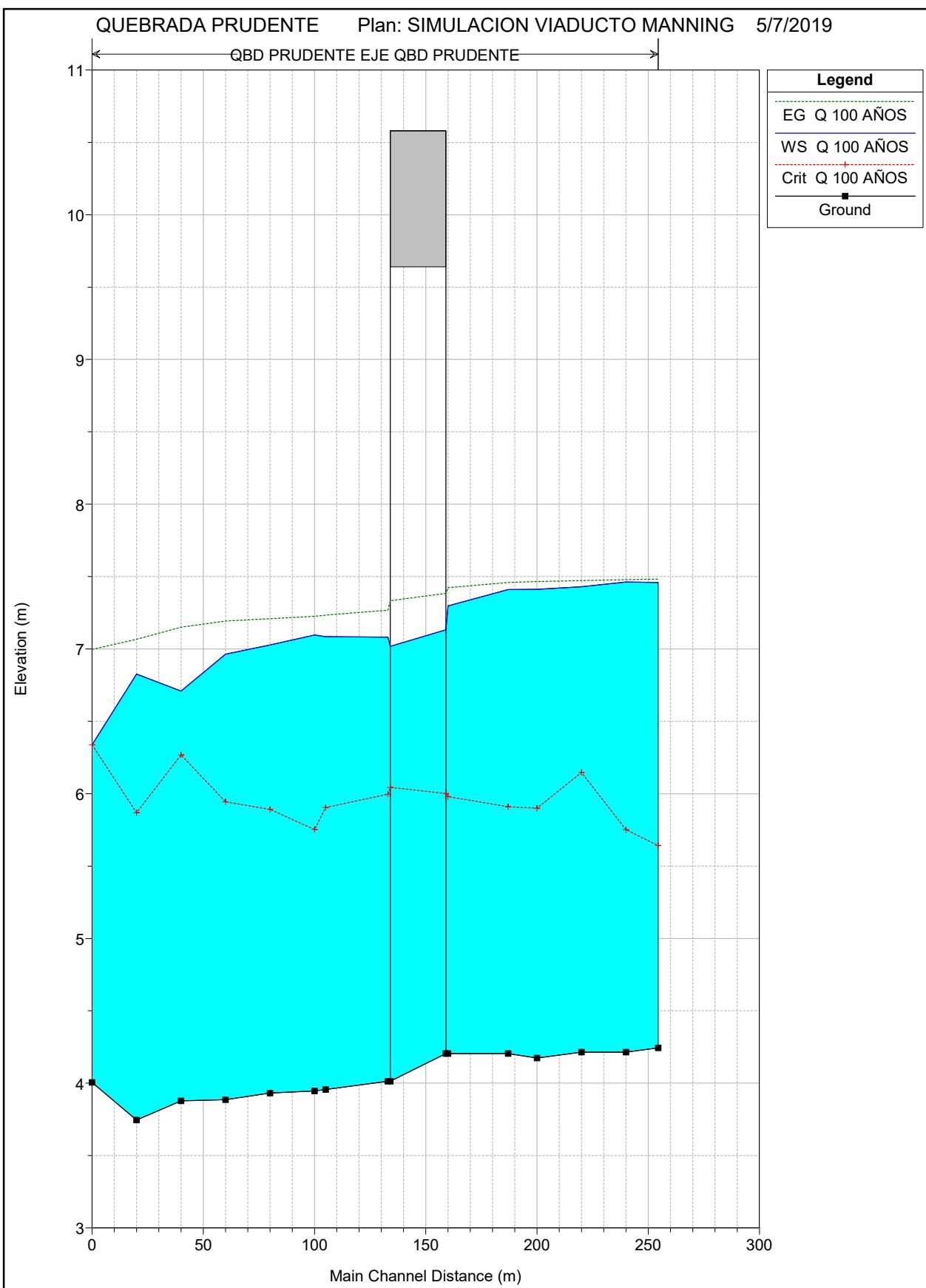
San Francisco, Calle 67, Edificio Blue Business Center, Piso 8, Ofic.8-2  
Telf.396-7703/04 Telefax:396-7702 / e-mail: [inv.lostres@cwp Panama.net](mailto:inv.lostres@cwp Panama.net)



QUEBRADA PRUDENTE

Plan: SIMULACION VIADUCTO MANNING

5/7/2019

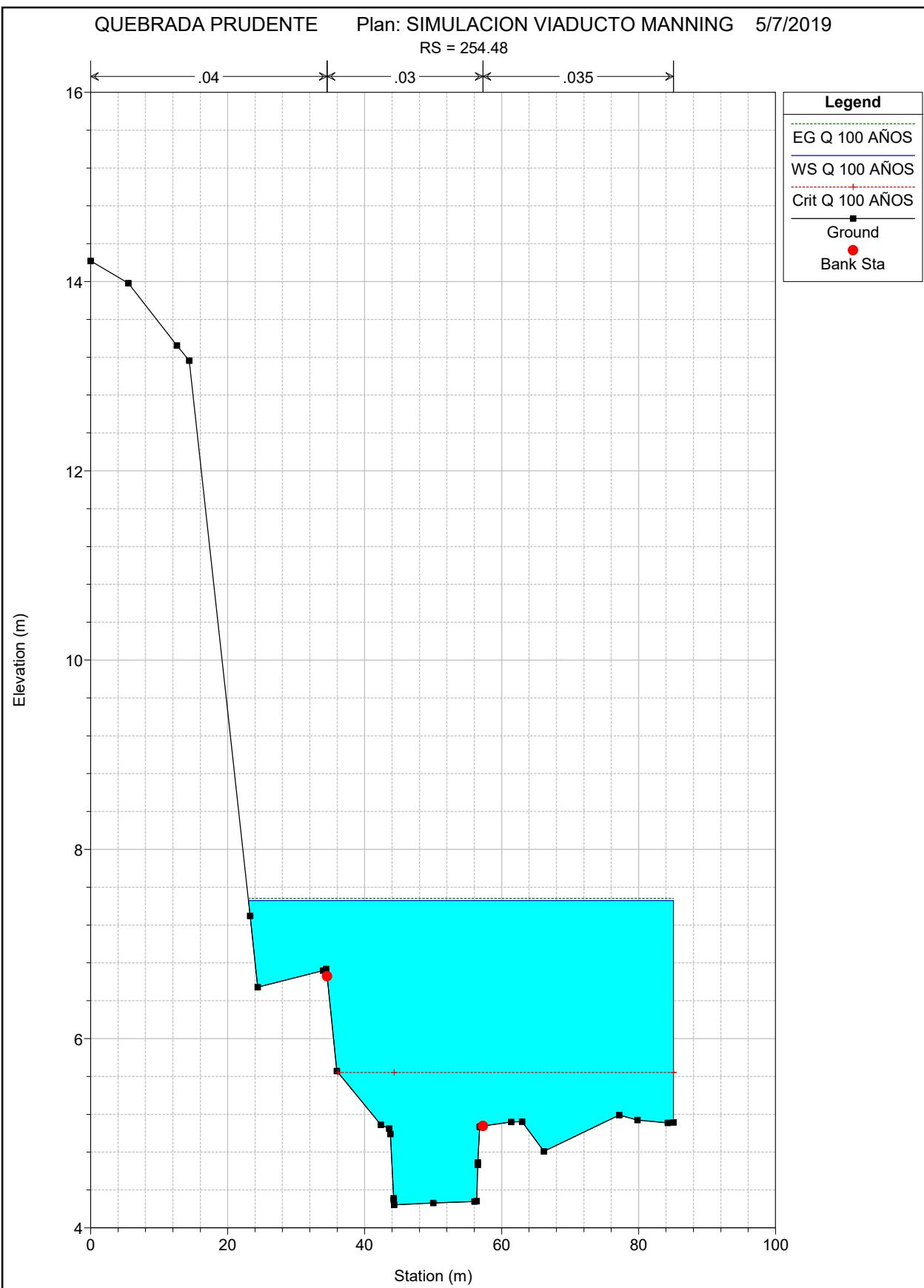


QUEBRADA PRUDENTE

Plan: SIMULACION VIADUCTO MANNING

5/7/2019

RS = 254.48

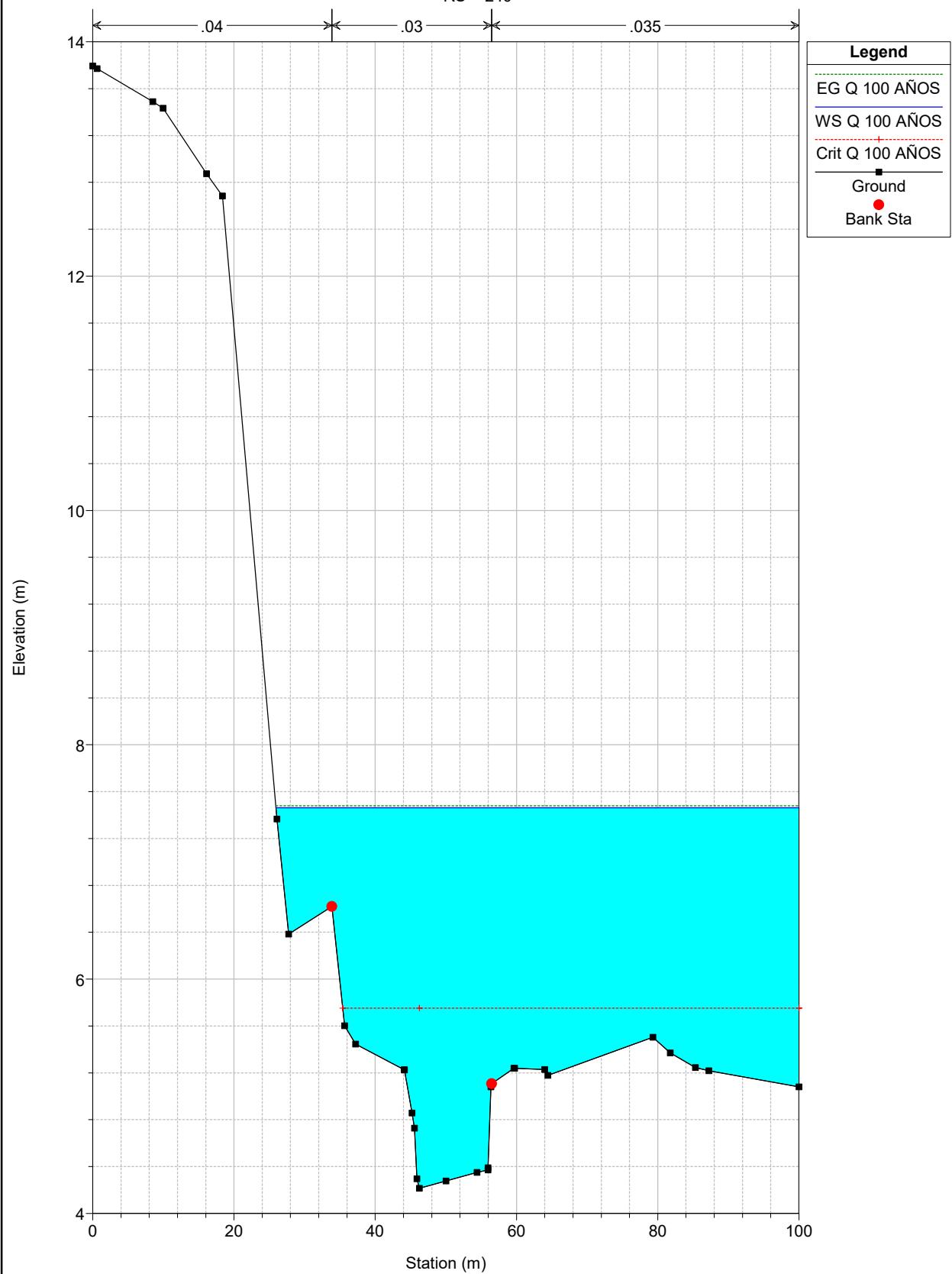


QUEBRADA PRUDENTE

Plan: SIMULACION VIADUCTO MANNING

5/7/2019

RS = 240

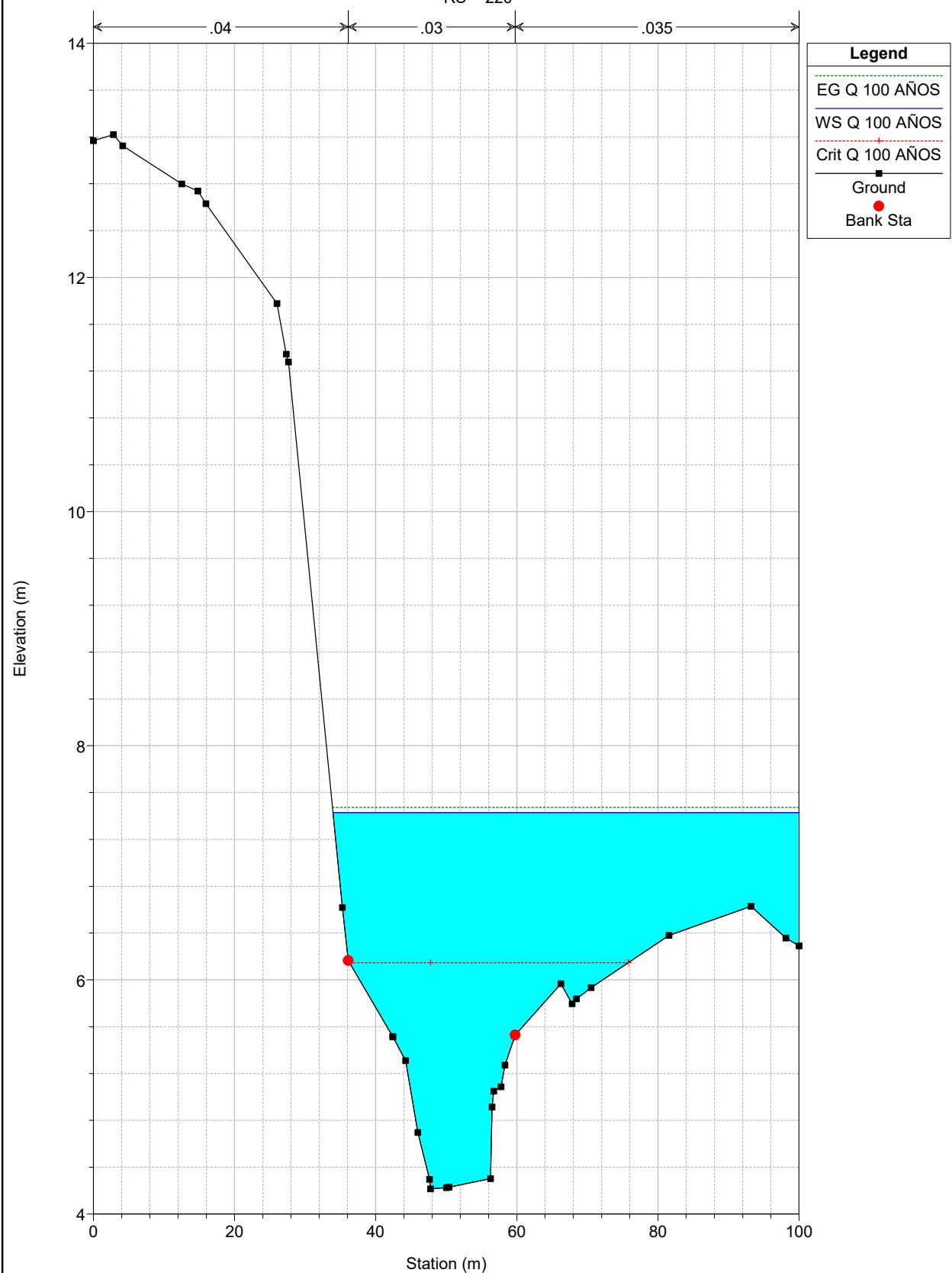


QUEBRADA PRUDENTE

Plan: SIMULACION VIADUCTO MANNING

5/7/2019

RS = 220

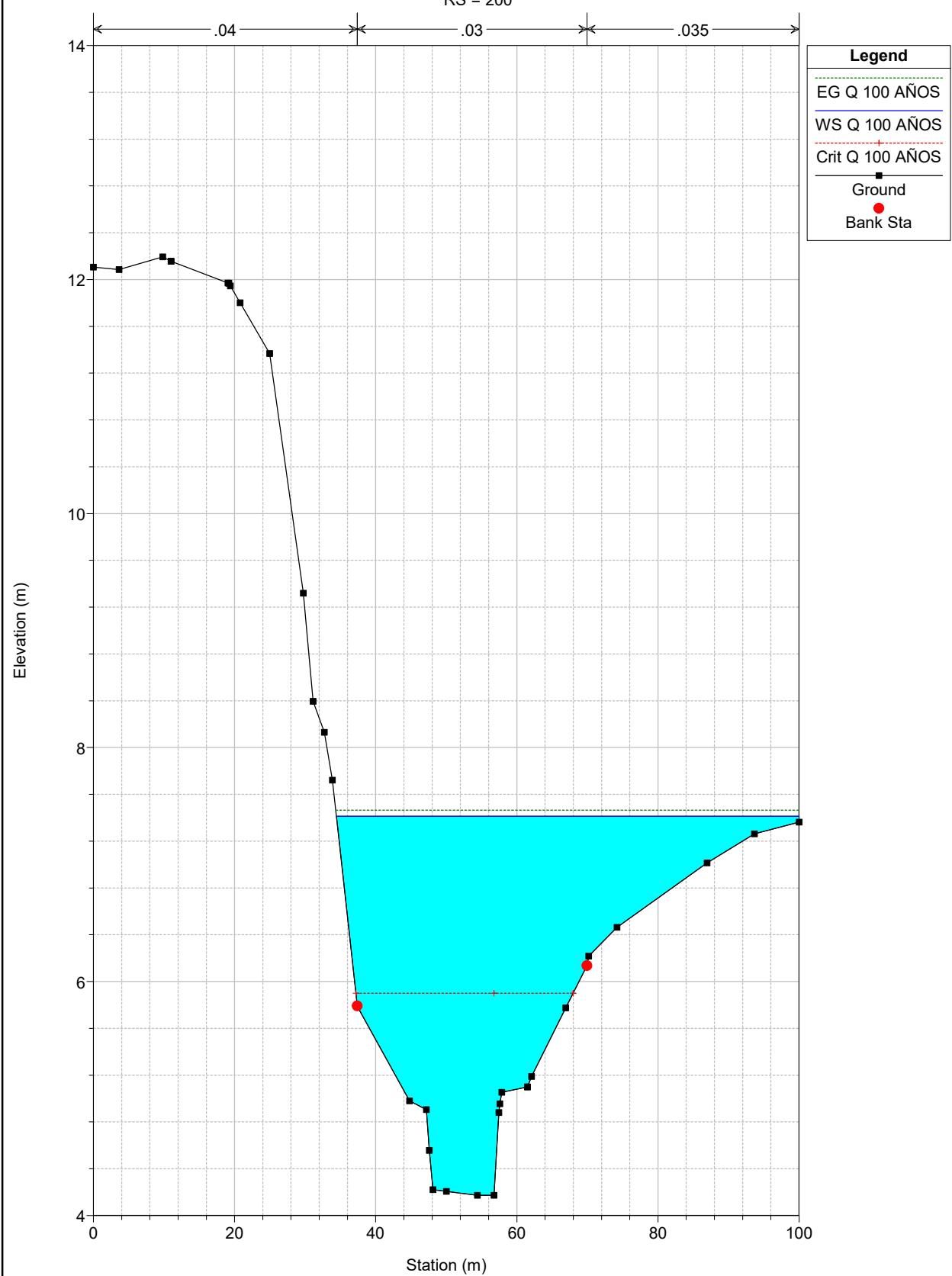


QUEBRADA PRUDENTE

Plan: SIMULACION VIADUCTO MANNING

5/7/2019

RS = 200

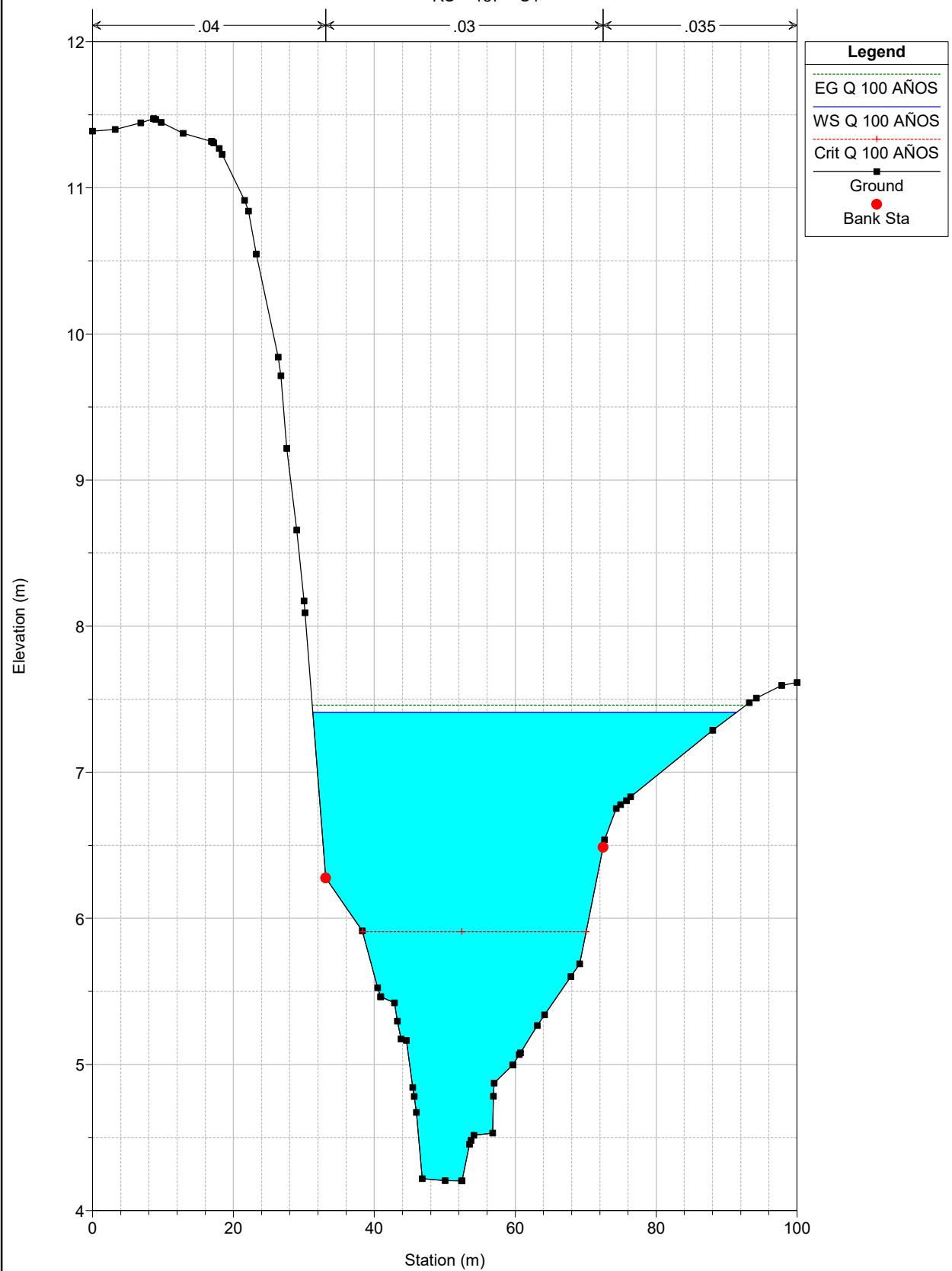


QUEBRADA PRUDENTE

Plan: SIMULACION VIADUCTO MANNING

5/7/2019

RS = 187 S4

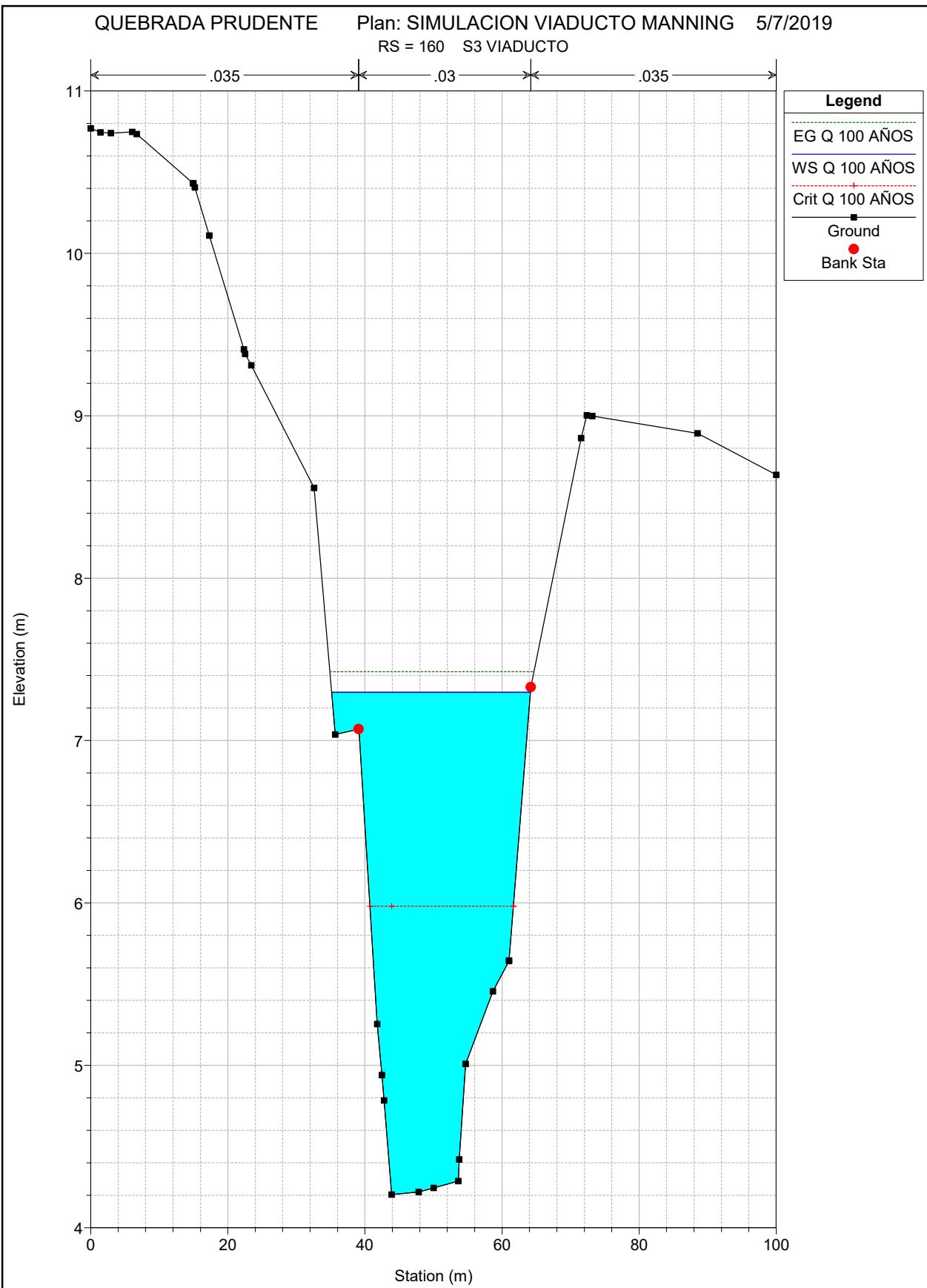


QUEBRADA PRUDENTE

Plan: SIMULACION VIADUCTO MANNING

5/7/2019

RS = 160 S3 VIADUCTO

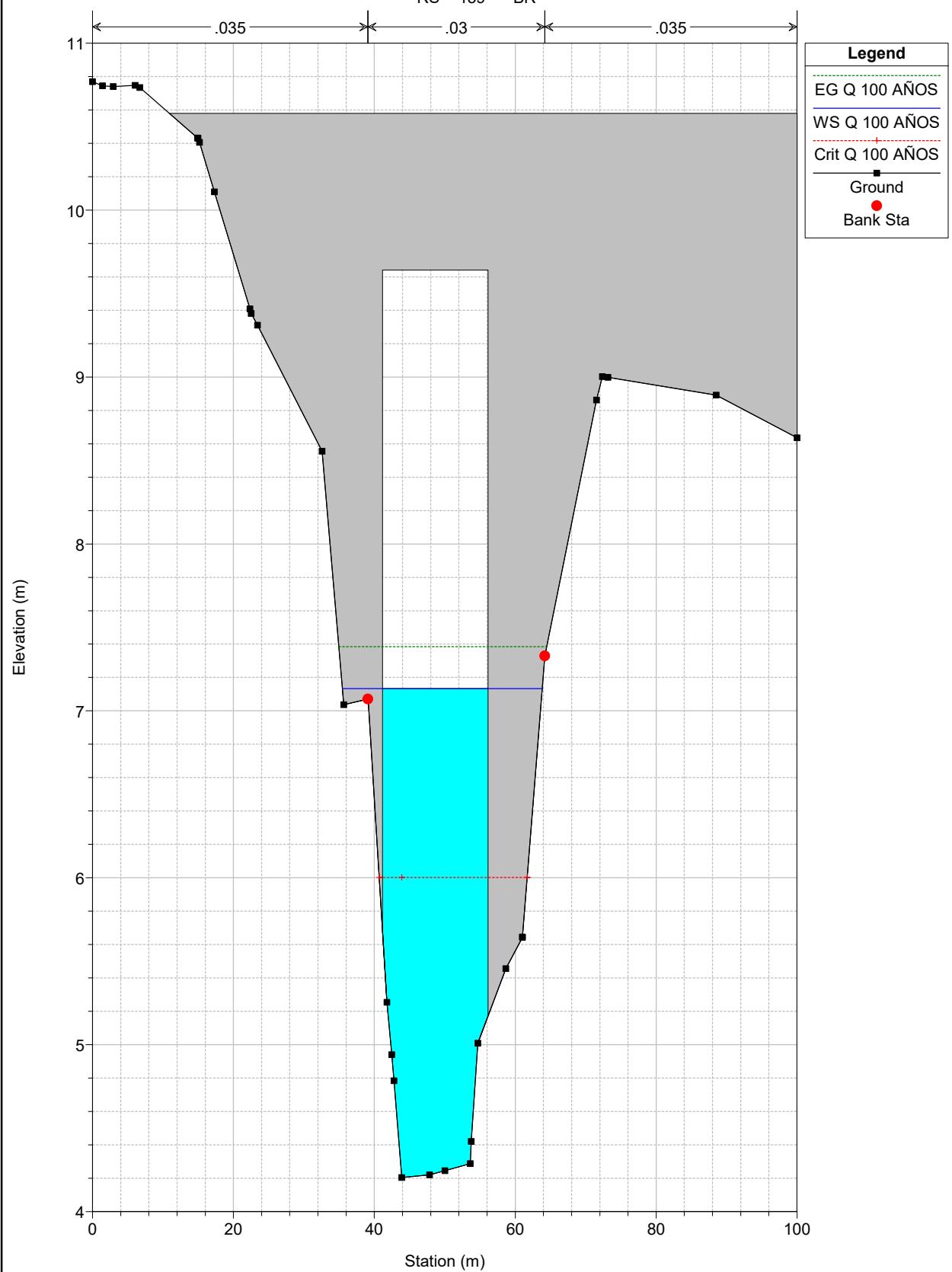


QUEBRADA PRUDENTE

Plan: SIMULACION VIADUCTO MANNING

5/7/2019

RS = 159      BR

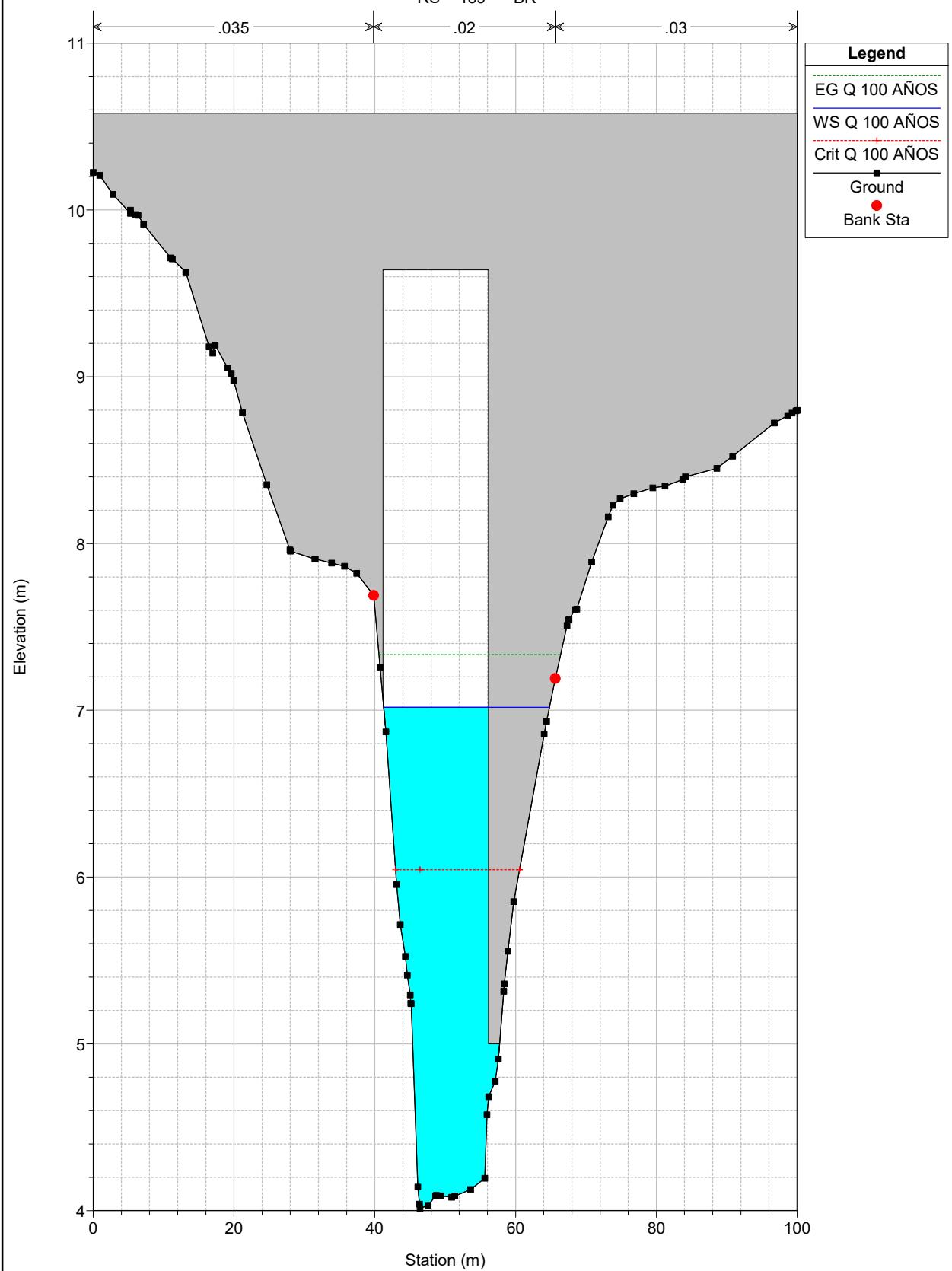


QUEBRADA PRUDENTE

Plan: SIMULACION VIADUCTO MANNING

5/7/2019

RS = 159 BR

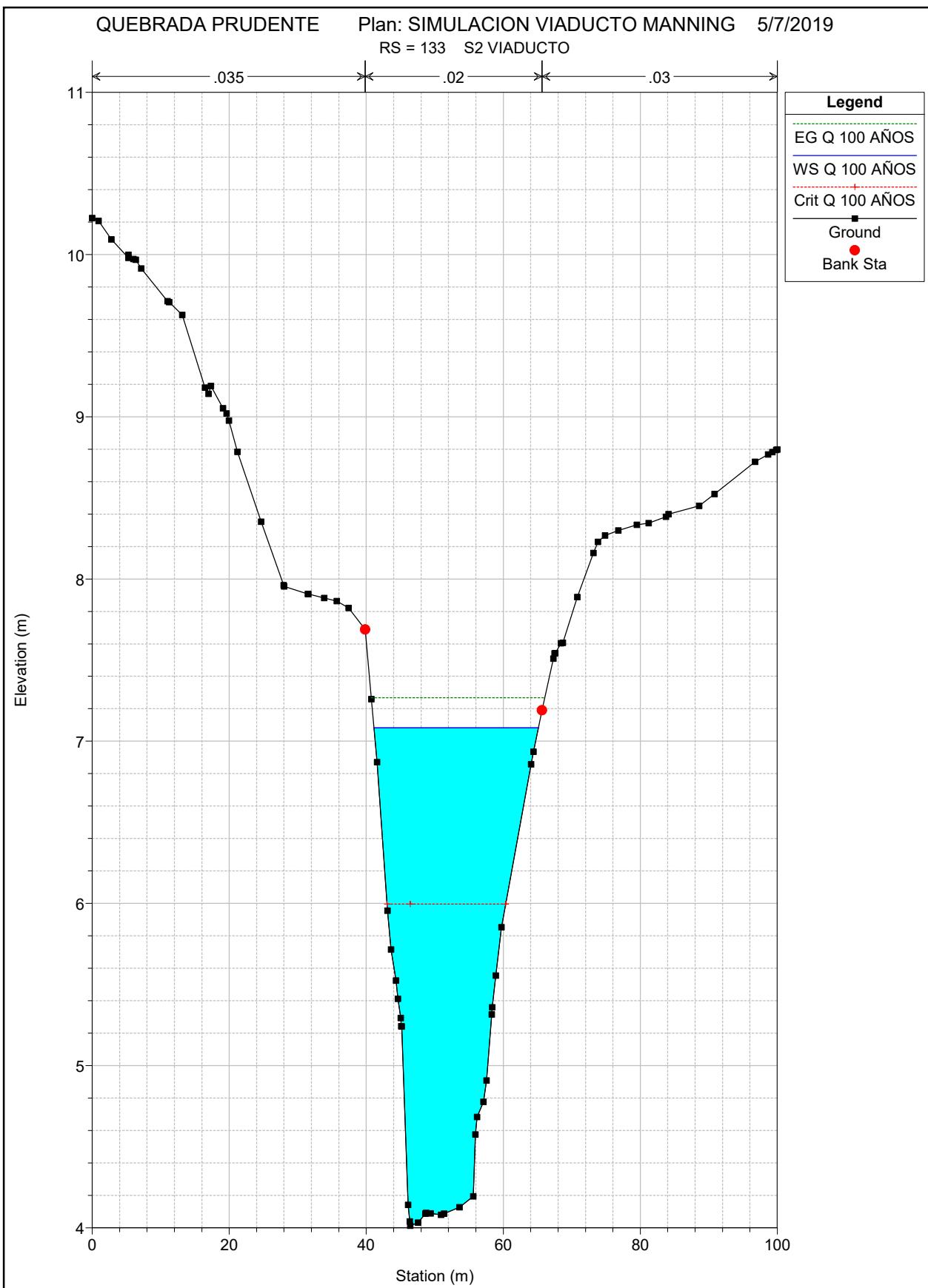


QUEBRADA PRUDENTE

Plan: SIMULACION VIADUCTO MANNING

5/7/2019

RS = 133 S2 VIADUCTO

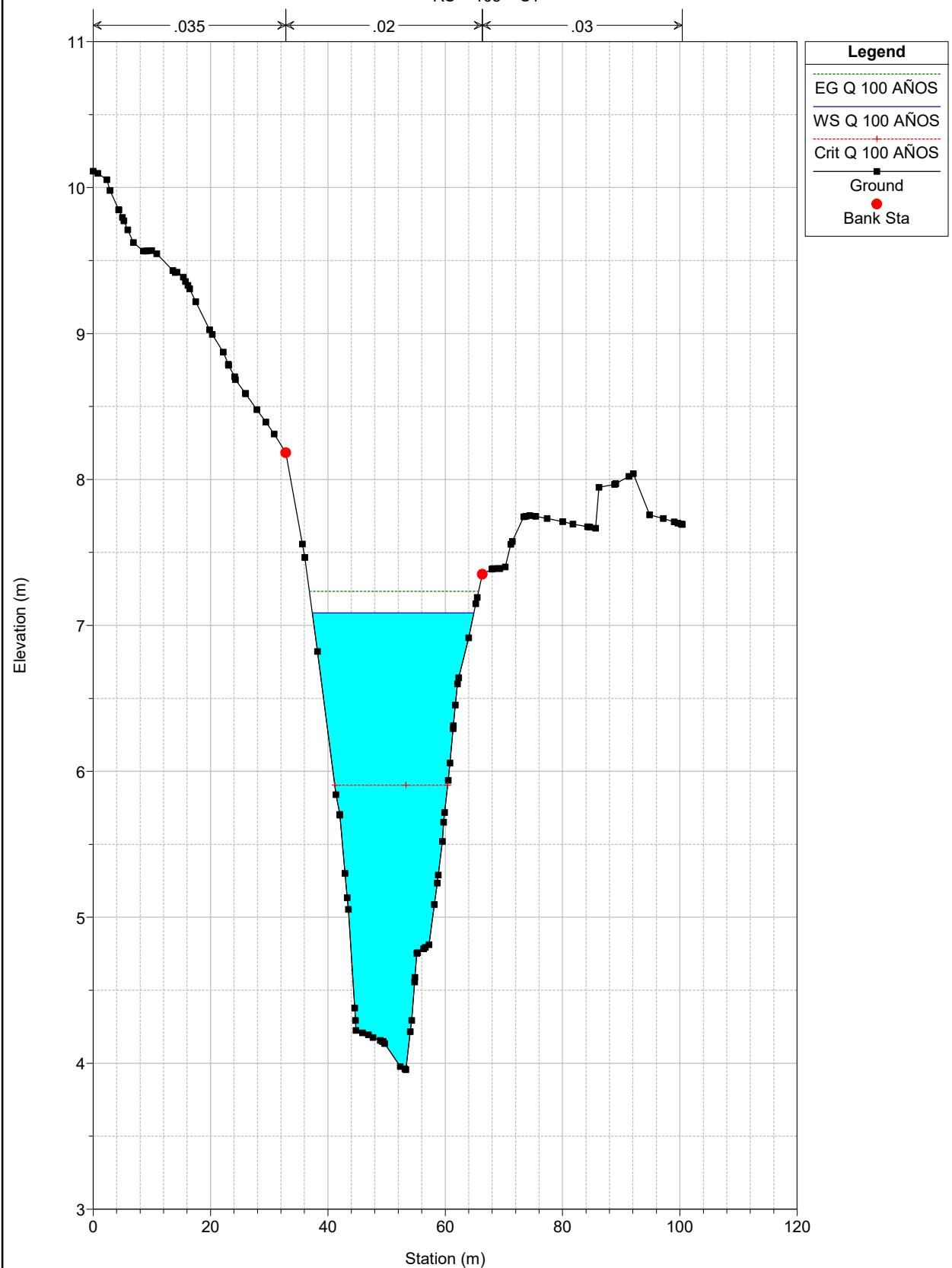


QUEBRADA PRUDENTE

Plan: SIMULACION VIADUCTO MANNING

5/7/2019

RS = 105 S1

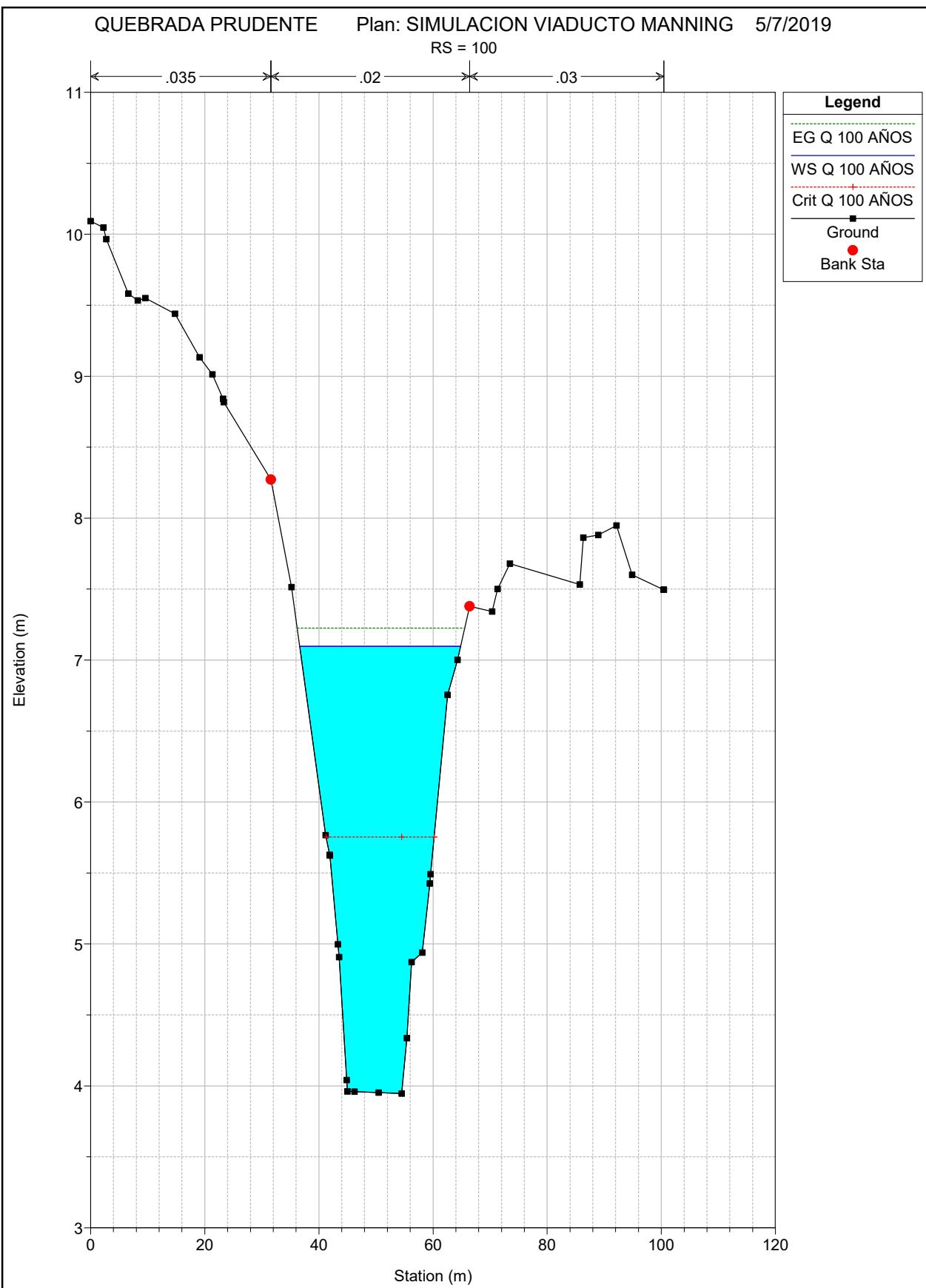


QUEBRADA PRUDENTE

Plan: SIMULACION VIADUCTO MANNING

5/7/2019

RS = 100

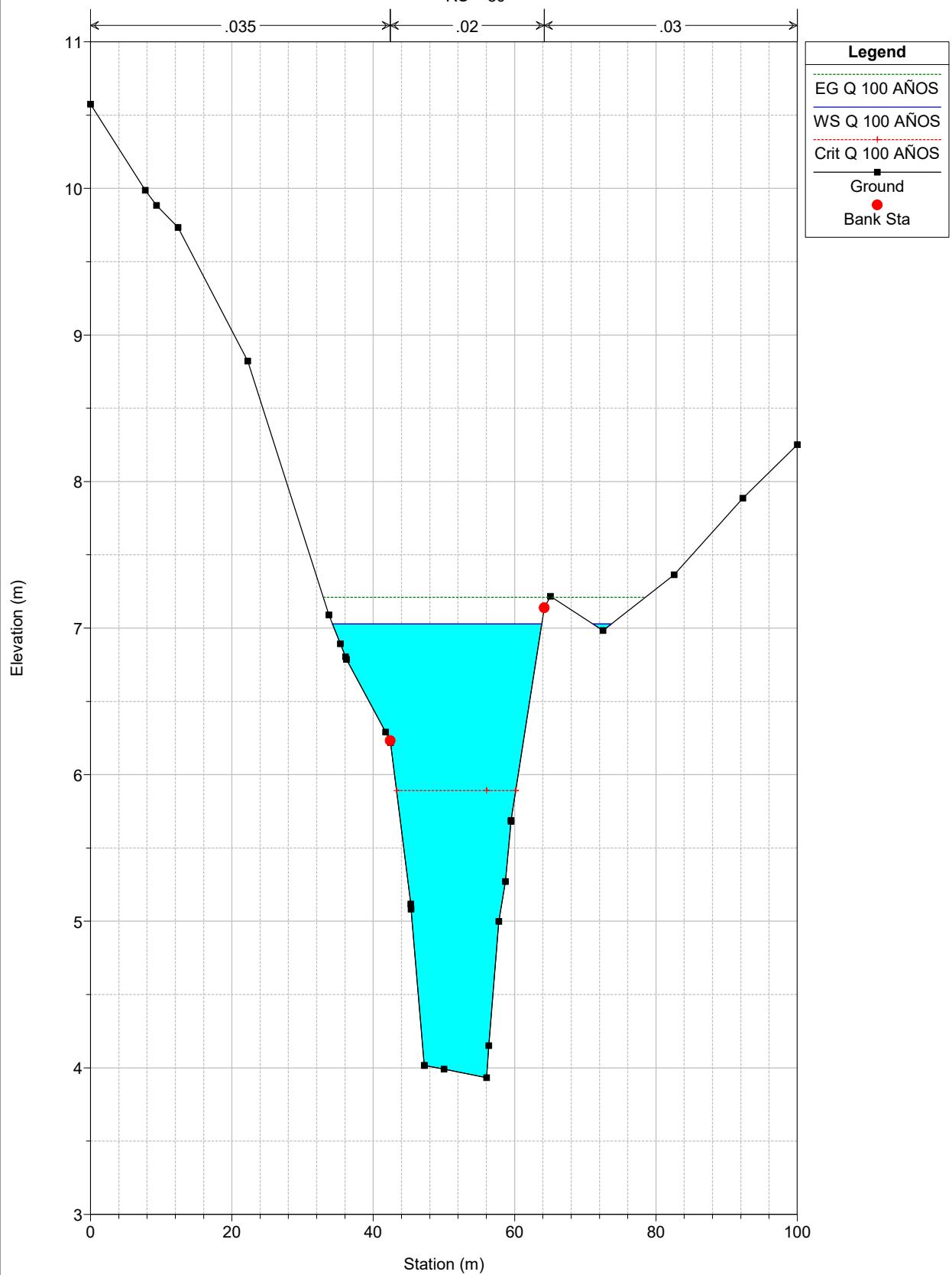


QUEBRADA PRUDENTE

Plan: SIMULACION VIADUCTO MANNING

5/7/2019

RS = 80

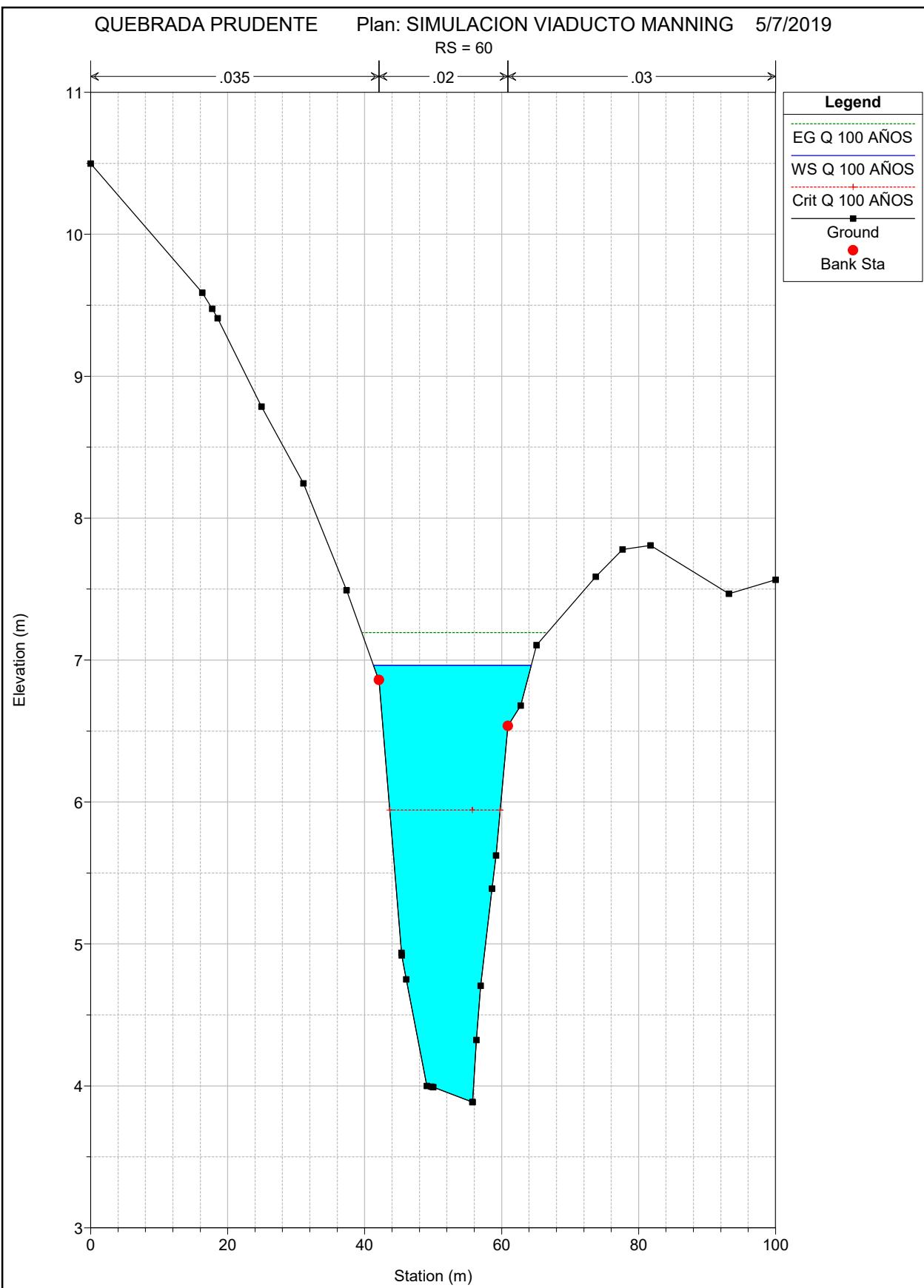


QUEBRADA PRUDENTE

Plan: SIMULACION VIADUCTO MANNING

5/7/2019

RS = 60

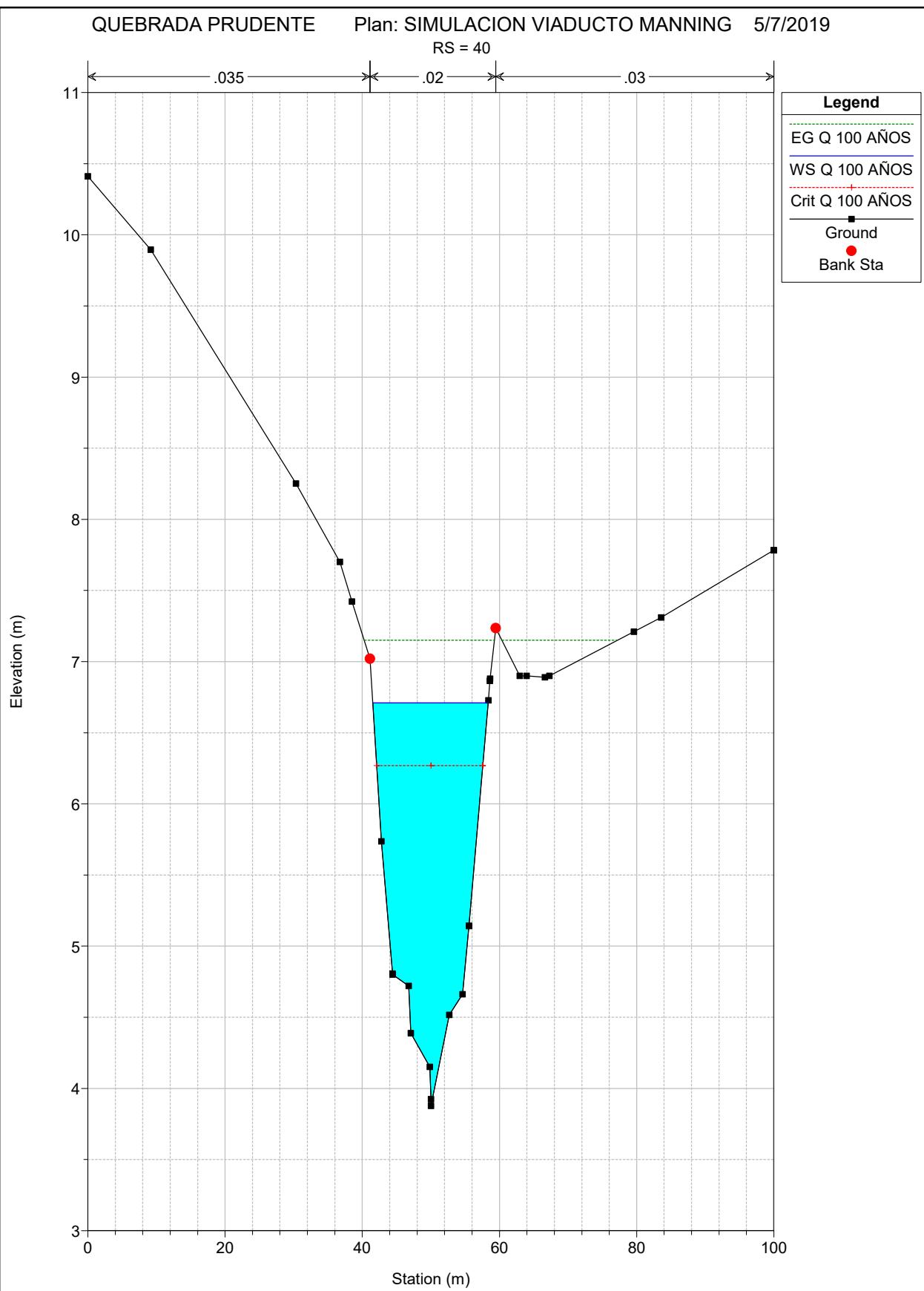


QUEBRADA PRUDENTE

Plan: SIMULACION VIADUCTO MANNING

5/7/2019

RS = 40

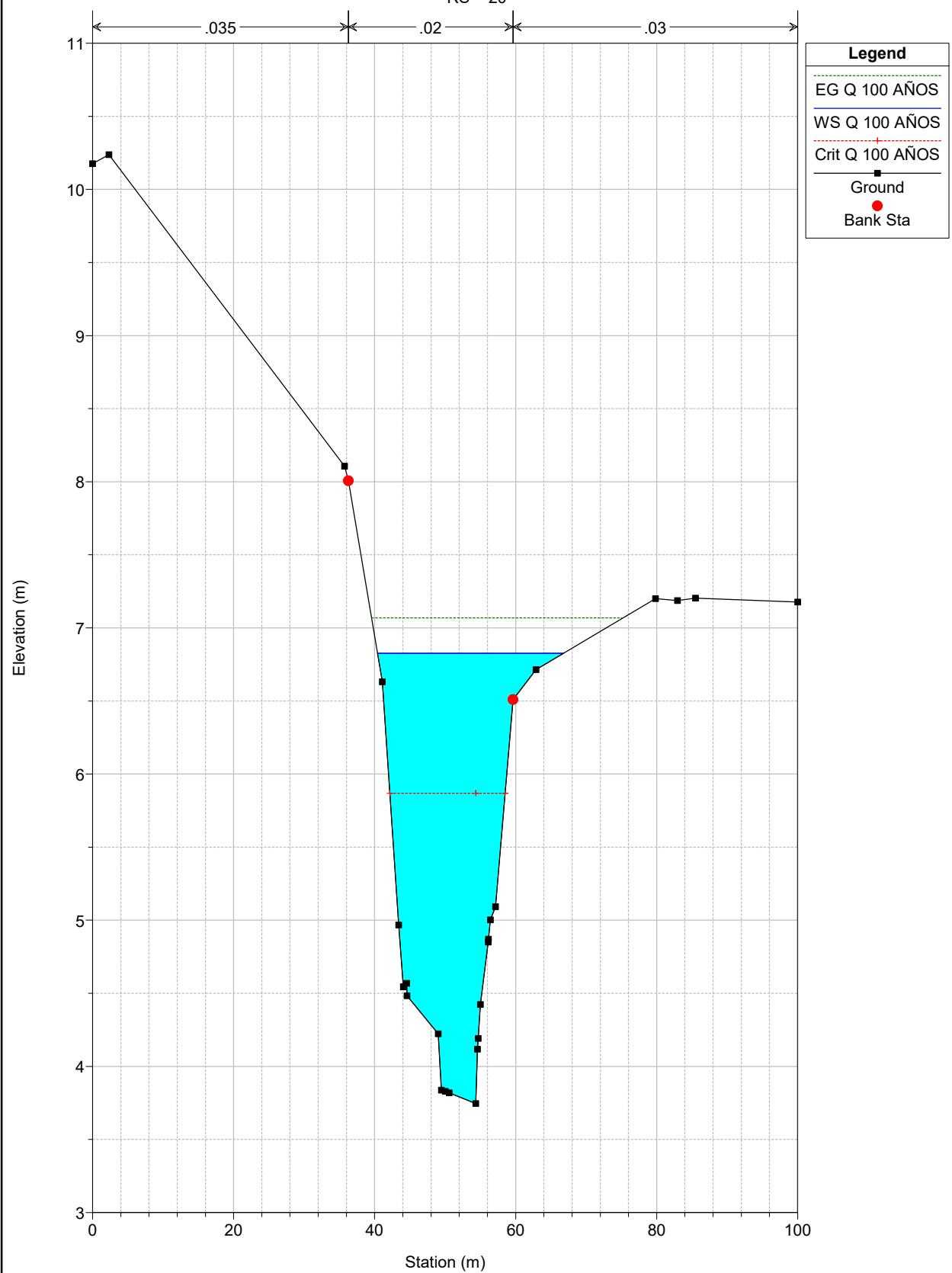


QUEBRADA PRUDENTE

Plan: SIMULACION VIADUCTO MANNING

5/7/2019

RS = 20

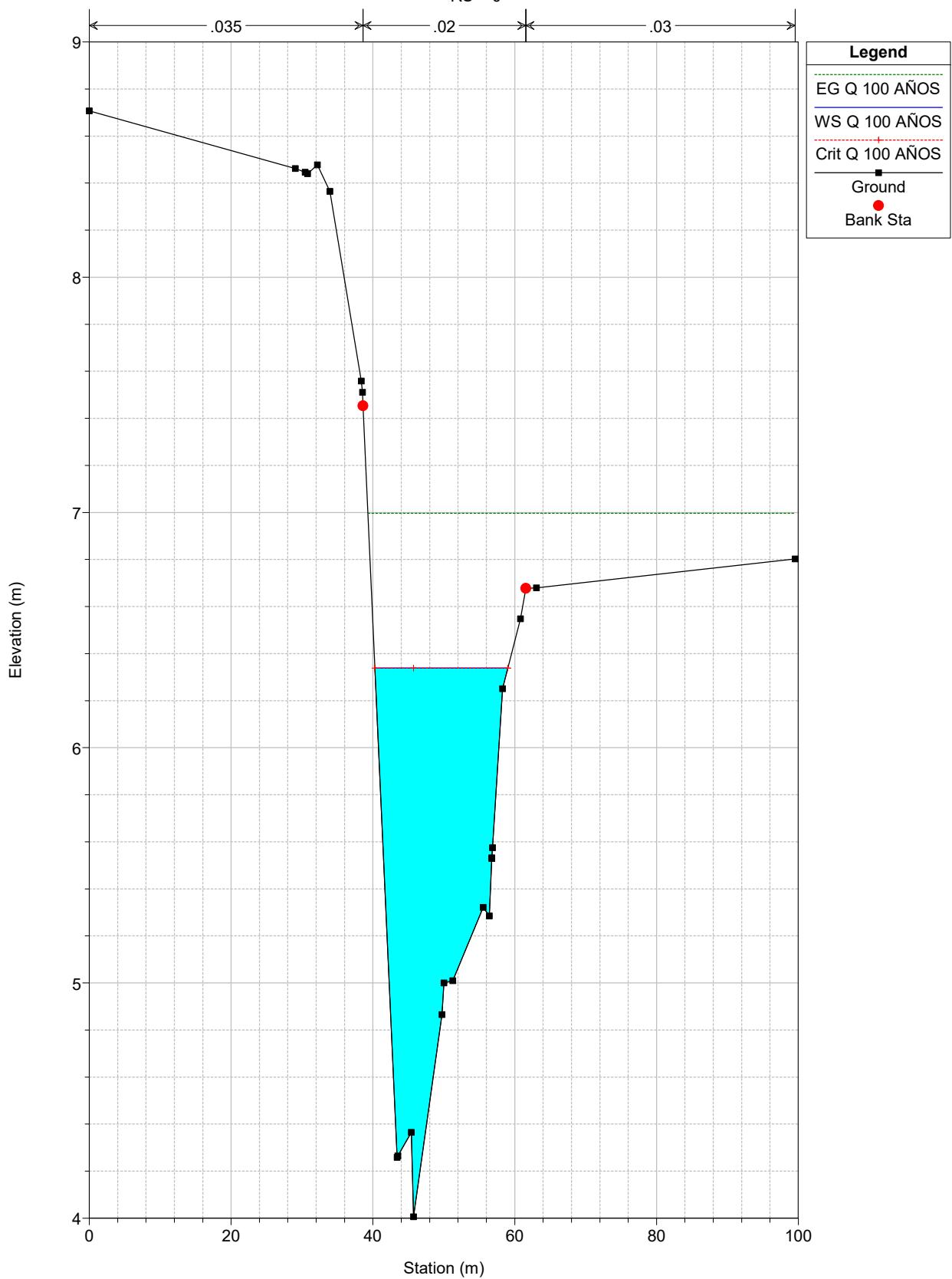


QUEBRADA PRUDENTE

Plan: SIMULACION VIADUCTO MANNING

5/7/2019

RS = 0



HEC-RAS Plan: SIM MANNING River: QBD PRUDENTE Reach: EJE QBD PRUDENTE Profile: Q 100 AÑOS

Reach	River Sta	Profile	Q Total (m3/s)	Min Ch El	W.S. Elev	Crit W.S.	E.G. Elev	E.G. Slope	Vel Chnl	Flow Area	Top Width	Froude # Chl
				(m)	(m)	(m)	(m)	(m/m)	(m/s)	(m2)	(m)	
EJE QBD PRUDENTE	254.48	Q 100 AÑOS	88.59	4.24	7.46	5.64	7.48	0.000150	0.76	136.83	62.07	0.15
EJE QBD PRUDENTE	240	Q 100 AÑOS	88.59	4.22	7.46	5.75	7.48	0.000118	0.66	160.72	74.05	0.13
EJE QBD PRUDENTE	220	Q 100 AÑOS	88.59	4.21	7.43	6.15	7.47	0.000309	1.04	108.53	66.05	0.21
EJE QBD PRUDENTE	200	Q 100 AÑOS	88.59	4.17	7.41	5.90	7.47	0.000323	1.06	96.04	65.56	0.22
EJE QBD PRUDENTE	187	Q 100 AÑOS	88.59	4.20	7.41	5.91	7.46	0.000318	1.00	94.85	60.15	0.21
EJE QBD PRUDENTE	160	Q 100 AÑOS	88.59	4.20	7.30	5.98	7.42	0.000832	1.58	56.78	29.01	0.34
EJE QBD PRUDENTE	159	Bridge										
EJE QBD PRUDENTE	133	Q 100 AÑOS	88.59	4.01	7.08	6.00	7.27	0.000660	1.91	46.35	24.01	0.44
EJE QBD PRUDENTE	105	Q 100 AÑOS	88.59	3.96	7.08	5.91	7.23	0.000530	1.71	51.86	27.54	0.40
EJE QBD PRUDENTE	100	Q 100 AÑOS	88.59	3.95	7.10	5.75	7.22	0.000433	1.59	55.68	28.19	0.36
EJE QBD PRUDENTE	80	Q 100 AÑOS	88.59	3.93	7.03	5.89	7.21	0.000562	1.90	49.41	32.25	0.41
EJE QBD PRUDENTE	60	Q 100 AÑOS	88.59	3.89	6.96	5.94	7.19	0.000685	2.12	42.50	23.06	0.46
EJE QBD PRUDENTE	40	Q 100 AÑOS	88.59	3.88	6.71	6.27	7.15	0.001787	2.94	30.09	16.81	0.70
EJE QBD PRUDENTE	20	Q 100 AÑOS	88.59	3.75	6.83	5.87	7.07	0.000783	2.18	41.51	26.41	0.48
EJE QBD PRUDENTE	0	Q 100 AÑOS	88.59	4.01	6.34	6.34	7.00	0.003888	3.59	24.66	18.75	1.00

Plan: SIM MANNING QBD PRUDENTE EJE QBD PRUDENTE RS: 254.48 Profile: Q 100 AÑOS

E.G. Elev (m)	7.48	Element	Left OB	Channel	Right OB
Vel Head (m)	0.02	Wt. n-Val.	0.040	0.030	0.035
W.S. Elev (m)	7.46	Reach Len. (m)	14.47	14.48	12.21
Crit W.S. (m)	5.64	Flow Area (m2)	8.96	61.01	66.86
E.G. Slope (m/m)	0.000150	Area (m2)	8.96	61.01	66.86
Q Total (m3/s)	88.59	Flow (m3/s)	2.29	46.51	39.80
Top Width (m)	62.07	Top Width (m)	11.48	22.76	27.83
Vel Total (m/s)	0.65	Avg. Vel. (m/s)	0.26	0.76	0.60
Max Chl Dpth (m)	3.22	Hydr. Depth (m)	0.78	2.68	2.40
Conv. Total (m3/s)	7224.7	Conv. (m3/s)	186.5	3792.8	3245.4
Length Wtd. (m)	13.35	Wetted Per. (m)	11.79	23.95	30.20
Min Ch El (m)	4.24	Shear (N/m2)	1.12	3.76	3.26
Alpha	1.11	Stream Power (N/m s)	4074.65	0.00	0.00
Frctn Loss (m)	0.00	Cum Volume (1000 m3)	0.36	13.02	3.32
C & E Loss (m)	0.00	Cum SA (1000 m2)	0.58	5.96	2.76

Plan: SIM MANNING QBD PRUDENTE EJE QBD PRUDENTE RS: 240 Profile: Q 100 AÑOS

E.G. Elev (m)	7.48	Element	Left OB	Channel	Right OB
Vel Head (m)	0.02	Wt. n-Val.	0.040	0.030	0.035
W.S. Elev (m)	7.46	Reach Len. (m)	20.20	20.00	19.97
Crit W.S. (m)	5.75	Flow Area (m2)	6.84	58.03	95.84
E.G. Slope (m/m)	0.000018	Area (m2)	6.84	58.03	95.84
Q Total (m3/s)	88.59	Flow (m3/s)	1.65	38.28	48.66
Top Width (m)	74.05	Top Width (m)	7.90	22.64	43.50
Vel Total (m/s)	0.55	Avg. Vel. (m/s)	0.24	0.66	0.51
Max Chl Dpth (m)	3.25	Hydr. Depth (m)	0.87	2.56	2.20
Conv. Total (m3/s)	8144.9	Conv. (m3/s)	151.6	3519.5	4473.8
Length Wtd. (m)	19.99	Wetted Per. (m)	8.21	23.64	45.90
Min Ch El (m)	4.22	Shear (N/m2)	0.97	2.85	2.42
Alpha	1.09	Stream Power (N/m s)	4787.79	0.00	0.00
Frctn Loss (m)	0.00	Cum Volume (1000 m3)	0.24	12.16	2.33
C & E Loss (m)	0.00	Cum SA (1000 m2)	0.44	5.63	2.33

Plan: SIM MANNING QBD PRUDENTE EJE QBD PRUDENTE RS: 220 Profile: Q 100 AÑOS

E.G. Elev (m)	7.47	Element	Left OB	Channel	Right OB
Vel Head (m)	0.04	Wt. n-Val.	0.040	0.030	0.035
W.S. Elev (m)	7.43	Reach Len. (m)	22.01	20.00	18.98
Crit W.S. (m)	6.15	Flow Area (m2)	1.40	58.07	49.07
E.G. Slope (m/m)	0.000309	Area (m2)	1.40	58.07	49.07
Q Total (m3/s)	88.59	Flow (m3/s)	0.42	60.59	27.59
Top Width (m)	66.05	Top Width (m)	2.16	23.67	40.23
Vel Total (m/s)	0.82	Avg. Vel. (m/s)	0.30	1.04	0.56
Max Chl Dpth (m)	3.22	Hydr. Depth (m)	0.65	2.45	1.22
Conv. Total (m3/s)	5040.8	Conv. (m3/s)	23.7	3447.3	1569.8
Length Wtd. (m)	19.83	Wetted Per. (m)	2.50	24.43	41.42
Min Ch El (m)	4.21	Shear (N/m2)	1.69	7.20	3.59
Alpha	1.27	Stream Power (N/m s)	4787.79	0.00	0.00
Frctn Loss (m)	0.01	Cum Volume (1000 m3)	0.16	11.00	0.88
C & E Loss (m)	0.00	Cum SA (1000 m2)	0.34	5.17	1.49

Plan: SIM MANNING QBD PRUDENTE EJE QBD PRUDENTE RS: 200 Profile: Q 100 AÑOS

E.G. Elev (m)	7.47	Element	Left OB	Channel	Right OB
Vel Head (m)	0.05	Wt. n-Val.	0.040	0.030	0.035
W.S. Elev (m)	7.41	Reach Len. (m)	15.26	13.00	11.17
Crit W.S. (m)	5.90	Flow Area (m2)	2.38	78.00	15.66
E.G. Slope (m/m)	0.000323	Area (m2)	2.38	78.00	15.66
Q Total (m3/s)	88.59	Flow (m3/s)	0.85	82.54	5.20
Top Width (m)	65.56	Top Width (m)	2.94	32.55	30.07
Vel Total (m/s)	0.92	Avg. Vel. (m/s)	0.36	1.06	0.33
Max Chl Dpth (m)	3.24	Hydr. Depth (m)	0.81	2.40	0.52
Conv. Total (m3/s)	4929.5	Conv. (m3/s)	47.3	4593.1	289.1
Length Wtd. (m)	12.94	Wetted Per. (m)	3.35	33.22	30.16
Min Ch El (m)	4.17	Shear (N/m2)	2.25	7.44	1.64
Alpha	1.24	Stream Power (N/m s)	4787.79	0.00	0.00
Frctn Loss (m)	0.00	Cum Volume (1000 m3)	0.12	9.64	0.27
C & E Loss (m)	0.00	Cum SA (1000 m2)	0.29	4.60	0.82

Plan: SIM MANNING QBD PRUDENTE EJE QBD PRUDENTE RS: 187 Profile: Q 100 AÑOS

E.G. Elev (m)	7.46	Element	Left OB	Channel	Right OB
Vel Head (m)	0.05	Wt. n-Val.	0.040	0.030	0.035
W.S. Elev (m)	7.41	Reach Len. (m)	25.42	27.00	29.80
Crit W.S. (m)	5.91	Flow Area (m2)	1.05	86.78	7.03
E.G. Slope (m/m)	0.000318	Area (m2)	1.05	86.78	7.03
Q Total (m3/s)	88.59	Flow (m3/s)	0.29	86.46	1.85
Top Width (m)	60.15	Top Width (m)	1.84	39.35	18.96
Vel Total (m/s)	0.93	Avg. Vel. (m/s)	0.27	1.00	0.26
Max Chl Dpth (m)	3.21	Hydr. Depth (m)	0.57	2.21	0.37
Conv. Total (m3/s)	4968.3	Conv. (m3/s)	16.1	4848.6	103.6
Length Wtd. (m)	27.02	Wetted Per. (m)	2.17	39.98	18.99
Min Ch El (m)	4.20	Shear (N/m2)	1.51	6.77	1.15
Alpha	1.11	Stream Power (N/m s)	4787.79	0.00	0.00
Frctn Loss (m)	0.01	Cum Volume (1000 m3)	0.09	8.57	0.14
C & E Loss (m)	0.02	Cum SA (1000 m2)	0.25	4.14	0.55

Plan: SIM MANNING QBD PRUDENTE EJE QBD PRUDENTE RS: 160 Profile: Q 100 AÑOS

E.G. Elev (m)	7.42	Element	Left OB	Channel	Right OB
Vel Head (m)	0.13	Wt. n-Val.	0.035	0.030	
W.S. Elev (m)	7.30	Reach Len. (m)	1.00	1.00	1.00
Crit W.S. (m)	5.98	Flow Area (m2)	0.90	55.88	
E.G. Slope (m/m)	0.000832	Area (m2)	0.90	55.88	
Q Total (m3/s)	88.59	Flow (m3/s)	0.28	88.31	
Top Width (m)	29.01	Top Width (m)	3.97	25.05	
Vel Total (m/s)	1.56	Avg. Vel. (m/s)	0.30	1.58	
Max Chl Dpth (m)	3.09	Hydr. Depth (m)	0.23	2.23	
Conv. Total (m3/s)	3070.7	Conv. (m3/s)	9.5	3061.1	
Length Wtd. (m)	1.00	Wetted Per. (m)	4.03	26.52	
Min Ch El (m)	4.20	Shear (N/m2)	1.83	17.20	
Alpha	1.02	Stream Power (N/m s)	4787.79	0.00	0.00
Frctn Loss (m)	0.00	Cum Volume (1000 m3)	0.07	6.64	0.04
C & E Loss (m)	0.04	Cum SA (1000 m2)	0.18	3.27	0.27

Plan: SIM MANNING QBD PRUDENTE EJE QBD PRUDENTE RS: 159 BR U Profile: Q 100 AÑOS

E.G. Elev (m)	7.38	Element	Left OB	Channel	Right OB
Vel Head (m)	0.25	Wt. n-Val.		0.030	
W.S. Elev (m)	7.13	Reach Len. (m)	25.00	25.00	25.00
Crit W.S. (m)	6.00	Flow Area (m2)		39.83	
E.G. Slope (m/m)	0.001274	Area (m2)		39.83	
Q Total (m3/s)	88.59	Flow (m3/s)		88.59	
Top Width (m)	14.97	Top Width (m)		14.97	
Vel Total (m/s)	2.22	Avg. Vel. (m/s)		2.22	
Max Chl Dpth (m)	2.93	Hydr. Depth (m)		2.66	
Conv. Total (m3/s)	2481.6	Conv. (m3/s)		2481.6	
Length Wtd. (m)	25.00	Wetted Per. (m)		15.58	
Min Ch El (m)	4.20	Shear (N/m2)		31.94	
Alpha	1.00	Stream Power (N/m s)	4787.79	0.00	0.00
Frctn Loss (m)	0.03	Cum Volume (1000 m3)	0.07	6.59	0.04
C & E Loss (m)	0.02	Cum SA (1000 m2)	0.17	3.25	0.27

Plan: SIM MANNING QBD PRUDENTE EJE QBD PRUDENTE RS: 159 BR D Profile: Q 100 AÑOS

E.G. Elev (m)	7.33	Element	Left OB	Channel	Right OB
Vel Head (m)	0.32	Wt. n-Val.		0.020	
W.S. Elev (m)	7.02	Reach Len. (m)	1.00	1.00	1.00
Crit W.S. (m)	6.04	Flow Area (m2)		35.58	
E.G. Slope (m/m)	0.001247	Area (m2)		35.58	
Q Total (m3/s)	88.59	Flow (m3/s)		88.59	
Top Width (m)	14.88	Top Width (m)		14.88	
Vel Total (m/s)	2.49	Avg. Vel. (m/s)		2.49	
Max Chl Dpth (m)	3.01	Hydr. Depth (m)		2.39	
Conv. Total (m3/s)	2508.2	Conv. (m3/s)		2508.2	
Length Wtd. (m)	1.00	Wetted Per. (m)		21.26	
Min Ch El (m)	4.01	Shear (N/m2)		20.48	
Alpha	1.00	Stream Power (N/m s)	4787.79	0.00	0.00
Frctn Loss (m)	0.00	Cum Volume (1000 m3)	0.07	5.65	0.04
C & E Loss (m)	0.06	Cum SA (1000 m2)	0.17	2.87	0.27

Plan: SIM MANNING QBD PRUDENTE EJE QBD PRUDENTE RS: 133 Profile: Q 100 AÑOS

E.G. Elev (m)	7.27	Element	Left OB	Channel	Right OB
Vel Head (m)	0.19	Wt. n-Val.		0.020	
W.S. Elev (m)	7.08	Reach Len. (m)	24.95	28.00	32.17
Crit W.S. (m)	6.00	Flow Area (m2)		46.35	
E.G. Slope (m/m)	0.000660	Area (m2)		46.35	
Q Total (m3/s)	88.59	Flow (m3/s)		88.59	
Top Width (m)	24.01	Top Width (m)		24.01	
Vel Total (m/s)	1.91	Avg. Vel. (m/s)		1.91	
Max Chl Dpth (m)	3.07	Hydr. Depth (m)		1.93	
Conv. Total (m3/s)	3448.4	Conv. (m3/s)		3448.4	
Length Wtd. (m)	28.00	Wetted Per. (m)		25.54	
Min Ch El (m)	4.01	Shear (N/m2)		11.75	
Alpha	1.00	Stream Power (N/m s)	4787.79	0.00	0.00
Frctn Loss (m)	0.02	Cum Volume (1000 m3)	0.07	5.61	0.04
C & E Loss (m)	0.02	Cum SA (1000 m2)	0.17	2.86	0.27

Plan: SIM MANNING QBD PRUDENTE EJE QBD PRUDENTE RS: 105 Profile: Q 100 AÑOS

E.G. Elev (m)	7.23	Element	Left OB	Channel	Right OB
Vel Head (m)	0.15	Wt. n-Val.		0.020	
W.S. Elev (m)	7.08	Reach Len. (m)	4.46	5.00	5.75
Crit W.S. (m)	5.91	Flow Area (m2)		51.86	
E.G. Slope (m/m)	0.000530	Area (m2)		51.86	
Q Total (m3/s)	88.59	Flow (m3/s)		88.59	
Top Width (m)	27.54	Top Width (m)		27.54	
Vel Total (m/s)	1.71	Avg. Vel. (m/s)		1.71	
Max Chl Dpth (m)	3.13	Hydr. Depth (m)		1.88	
Conv. Total (m3/s)	3848.7	Conv. (m3/s)		3848.7	
Length Wtd. (m)	5.00	Wetted Per. (m)		28.67	
Min Ch El (m)	3.96	Shear (N/m2)		9.40	
Alpha	1.00	Stream Power (N/m s)	4806.66	0.00	0.00
Frctn Loss (m)	0.00	Cum Volume (1000 m3)	0.07	4.23	0.04
C & E Loss (m)	0.01	Cum SA (1000 m2)	0.17	2.13	0.27

Plan: SIM MANNING QBD PRUDENTE EJE QBD PRUDENTE RS: 100 Profile: Q 100 AÑOS

E.G. Elev (m)	7.22	Element	Left OB	Channel	Right OB
Vel Head (m)	0.13	Wt. n-Val.		0.020	
W.S. Elev (m)	7.10	Reach Len. (m)	18.88	20.00	21.03
Crit W.S. (m)	5.75	Flow Area (m2)		55.68	
E.G. Slope (m/m)	0.000433	Area (m2)		55.68	
Q Total (m3/s)	88.59	Flow (m3/s)		88.59	
Top Width (m)	28.19	Top Width (m)		28.19	
Vel Total (m/s)	1.59	Avg. Vel. (m/s)		1.59	
Max Chl Dpth (m)	3.15	Hydr. Depth (m)		1.97	
Conv. Total (m3/s)	4256.1	Conv. (m3/s)		4256.1	
Length Wtd. (m)	19.99	Wetted Per. (m)		29.46	
Min Ch El (m)	3.95	Shear (N/m2)		8.03	
Alpha	1.00	Stream Power (N/m s)	4810.00	0.00	0.00
Frctn Loss (m)	0.01	Cum Volume (1000 m3)	0.07	3.97	0.04
C & E Loss (m)	0.01	Cum SA (1000 m2)	0.17	1.99	0.27

Plan: SIM MANNING QBD PRUDENTE EJE QBD PRUDENTE RS: 80 Profile: Q 100 AÑOS

E.G. Elev (m)	7.21	Element	Left OB	Channel	Right OB
Vel Head (m)	0.18	Wt. n-Val.	0.035	0.020	0.030
W.S. Elev (m)	7.03	Reach Len. (m)	19.54	20.00	20.88
Crit W.S. (m)	5.89	Flow Area (m2)	3.46	45.89	0.06
E.G. Slope (m/m)	0.000562	Area (m2)	3.46	45.89	0.06
Q Total (m3/s)	88.59	Flow (m3/s)	1.31	87.27	0.00
Top Width (m)	32.25	Top Width (m)	8.18	21.43	2.64
Vel Total (m/s)	1.79	Avg. Vel. (m/s)	0.38	1.90	0.06
Max Chl Dpth (m)	3.10	Hydr. Depth (m)	0.42	2.14	0.02
Conv. Total (m3/s)	3737.4	Conv. (m3/s)	55.4	3681.8	0.2
Length Wtd. (m)	20.00	Wetted Per. (m)	8.22	22.58	2.64
Min Ch El (m)	3.93	Shear (N/m2)	2.32	11.20	0.12
Alpha	1.11	Stream Power (N/m s)	4787.79	0.00	0.00
Frctn Loss (m)	0.01	Cum Volume (1000 m3)	0.03	2.95	0.04
C & E Loss (m)	0.00	Cum SA (1000 m2)	0.10	1.50	0.24

Plan: SIM MANNING QBD PRUDENTE EJE QBD PRUDENTE RS: 60 Profile: Q 100 AÑOS

E.G. Elev (m)	7.19	Element	Left OB	Channel	Right OB
Vel Head (m)	0.23	Wt. n-Val.	0.035	0.020	0.030
W.S. Elev (m)	6.96	Reach Len. (m)	19.50	20.00	21.18
Crit W.S. (m)	5.94	Flow Area (m2)	0.05	41.57	0.89
E.G. Slope (m/m)	0.000685	Area (m2)	0.05	41.57	0.89
Q Total (m3/s)	88.59	Flow (m3/s)	0.00	88.27	0.31
Top Width (m)	23.06	Top Width (m)	0.83	18.79	3.43
Vel Total (m/s)	2.08	Avg. Vel. (m/s)	0.11	2.12	0.35
Max Chl Dpth (m)	3.08	Hydr. Depth (m)	0.06	2.21	0.26
Conv. Total (m3/s)	3385.8	Conv. (m3/s)	0.2	3373.5	12.0
Length Wtd. (m)	20.00	Wetted Per. (m)	0.84	20.10	3.46
Min Ch El (m)	3.89	Shear (N/m2)	0.37	13.88	1.73
Alpha	1.03	Stream Power (N/m s)	4787.79	0.00	0.00
Frctn Loss (m)	0.02	Cum Volume (1000 m3)	0.00	2.08	0.03
C & E Loss (m)	0.02	Cum SA (1000 m2)	0.01	1.10	0.18

Plan: SIM MANNING QBD PRUDENTE EJE QBD PRUDENTE RS: 40 Profile: Q 100 AÑOS

E.G. Elev (m)	7.15	Element	Left OB	Channel	Right OB
Vel Head (m)	0.44	Wt. n-Val.		0.020	
W.S. Elev (m)	6.71	Reach Len. (m)	20.01	20.00	20.30
Crit W.S. (m)	6.27	Flow Area (m2)		30.09	
E.G. Slope (m/m)	0.001787	Area (m2)		30.09	
Q Total (m3/s)	88.59	Flow (m3/s)		88.59	
Top Width (m)	16.81	Top Width (m)		16.81	
Vel Total (m/s)	2.94	Avg. Vel. (m/s)		2.94	
Max Chl Dpth (m)	2.83	Hydr. Depth (m)		1.79	
Conv. Total (m3/s)	2095.8	Conv. (m3/s)		2095.8	
Length Wtd. (m)	20.00	Wetted Per. (m)		18.30	
Min Ch El (m)	3.88	Shear (N/m2)		28.81	
Alpha	1.00	Stream Power (N/m s)	4787.79	0.00	0.00
Frctn Loss (m)	0.02	Cum Volume (1000 m3)		1.36	0.02
C & E Loss (m)	0.06	Cum SA (1000 m2)		0.74	0.14

Plan: SIM MANNING QBD PRUDENTE EJE QBD PRUDENTE RS: 20 Profile: Q 100 AÑOS

E.G. Elev (m)	7.07	Element	Left OB	Channel	Right OB
Vel Head (m)	0.24	Wt. n-Val.		0.020	0.030
W.S. Elev (m)	6.83	Reach Len. (m)	20.01	20.00	18.90
Crit W.S. (m)	5.87	Flow Area (m2)		40.59	0.92
E.G. Slope (m/m)	0.000783	Area (m2)		40.59	0.92
Q Total (m3/s)	88.59	Flow (m3/s)		88.37	0.22
Top Width (m)	26.41	Top Width (m)		19.22	7.19
Vel Total (m/s)	2.13	Avg. Vel. (m/s)		2.18	0.24
Max Chl Dpth (m)	3.08	Hydr. Depth (m)		2.11	0.13
Conv. Total (m3/s)	3166.8	Conv. (m3/s)		3158.9	7.9
Length Wtd. (m)	20.00	Wetted Per. (m)		20.90	7.20
Min Ch El (m)	3.75	Shear (N/m2)		14.90	0.99
Alpha	1.04	Stream Power (N/m s)	4787.79	0.00	0.00
Frctn Loss (m)	0.03	Cum Volume (1000 m3)		0.65	0.01
C & E Loss (m)	0.04	Cum SA (1000 m2)		0.38	0.07

Plan: SIM MANNING QBD PRUDENTE EJE QBD PRUDENTE RS: 0 Profile: Q 100 AÑOS

E.G. Elev (m)	7.00	Element	Left OB	Channel	Right OB
Vel Head (m)	0.66	Wt. n-Val.		0.020	
W.S. Elev (m)	6.34	Reach Len. (m)			
Crit W.S. (m)	6.34	Flow Area (m2)		24.66	
E.G. Slope (m/m)	0.003888	Area (m2)		24.66	
Q Total (m3/s)	88.59	Flow (m3/s)		88.59	
Top Width (m)	18.75	Top Width (m)		18.75	
Vel Total (m/s)	3.59	Avg. Vel. (m/s)		3.59	
Max Chl Dpth (m)	2.33	Hydr. Depth (m)		1.32	
Conv. Total (m3/s)	1420.7	Conv. (m3/s)		1420.7	
Length Wtd. (m)		Wetted Per. (m)		19.93	
Min Ch El (m)	4.01	Shear (N/m2)		47.17	
Alpha	1.00	Stream Power (N/m s)	4767.05	0.00	0.00
Frctn Loss (m)		Cum Volume (1000 m3)			
C & E Loss (m)		Cum SA (1000 m2)			