

FEBRERO  
2023

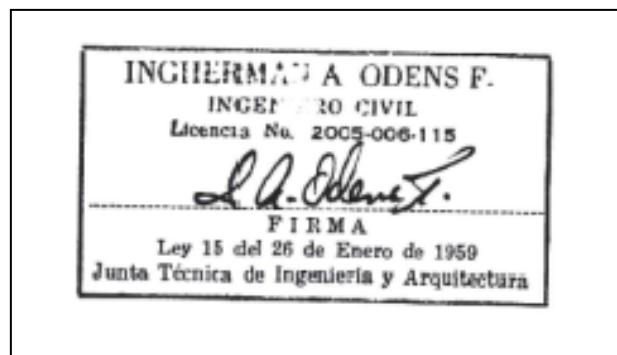
# PROYECTO CAMPO REAL



## ESTUDIO HIDROLOGICO Y SIMULACIÓN HIDRÁULICA DE QUEBRADA EL JOBO

PREPARADO POR:

ING. INGHERMAN ODENS



## Tabla de contenido

Índice de Ilustraciones.....	3
I. Ubicación del Proyecto .....	4
II. Descripción del Proyecto .....	5
III. Aspectos Climatológicos del área de la cuenca en estudio: .....	5
a. El Clima.....	5
b. Precipitación.....	6
c. Temperatura.....	7
d. Vientos .....	8
e. Humedad Relativa .....	8
IV. Estimación de Caudales.....	9
a. Descripción geomorfológica de la Cuenca Hidrográfica .....	9
i. Características de la Cuenca de la Quebrada El Jobo.....	9
b. Método de Análisis.....	13
i. Método Racional:.....	14
c. Suposiciones incluidas en fórmula Racional .....	14
i. Coeficiente de escorrentía .....	14
ii. Coeficiente de Rugosidad de Manning .....	15
iii. Intensidad de Lluvia .....	15
iv. Período de retorno 1:50 (Pr) .....	15
v. Tiempo de concentración (tc) .....	16
vi. Caudales esperados.....	16
V. Nivel de terracería.....	17
VI. Niveles de terracería seguros propuestos – Pr 1:50 años .....	18
VII. Resultados para condiciones de diseño con cajón propuesto.....	30
VIII. Conclusiones .....	45

## Índice de Ilustraciones

Ilustración 1 Ubicación del Proyecto.....	4
Ilustración 2 Mapa de clasificación climática según Köopen .....	6
Ilustración 3 Registro histórico de Lluvias de estación Las Lajas .....	7
Ilustración 4 Resumen histórico de temperaturas de estación Antón .....	7
Ilustración 5 Resumen histórico de vientos a 2 metros de estación Antón.....	8
Ilustración 6 Resumen histórico de humedad relativa de estación Antón .....	9
Ilustración 7 Tipo de compacidad según índice de Gravelius (Kc) .....	10
Ilustración 8 Formas de cuenca según índice de Gravelius (Kc) .....	10
Ilustración 9 Áreas de la cuenca según la elevación .....	11
Ilustración 10 Curva Hipsométrica .....	11
Ilustración 11 Tipo de cuenca según curva hipsométrica .....	12
Ilustración 12 Área de la cuenca de quebrada El Jobo.....	13

## I. Ubicación del Proyecto

El proyecto en estudio se encuentra ubicado en la provincia de Coclé, distrito de Penonomé, corregimiento El Coco, aproximadamente a 1 kilómetro de la vía Panamericana.

Con coordenadas: Longitud 80°20'12.48"O y Latitud 8°28'56.83"N.

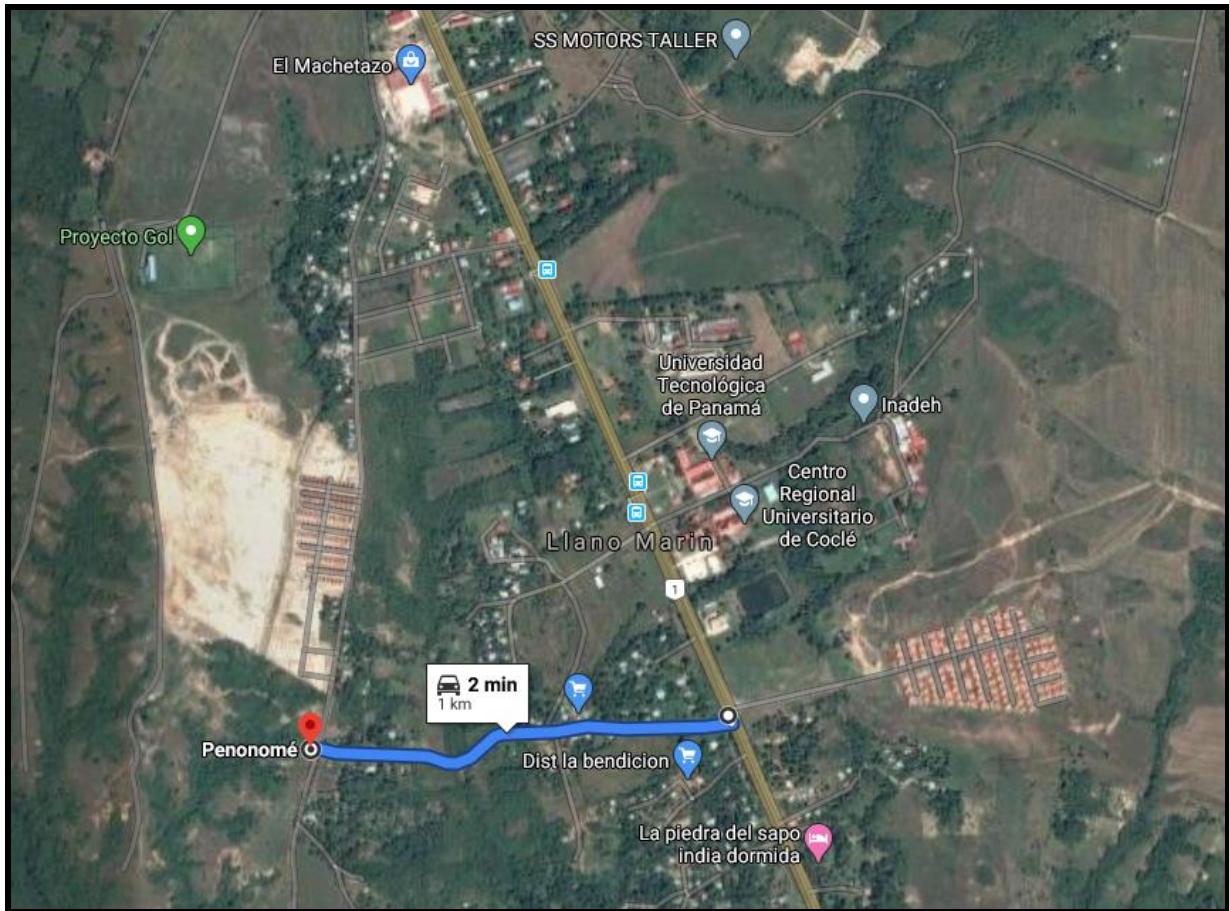


Ilustración 1 Ubicación del Proyecto

## **II. Descripción del Proyecto**

Es un proyecto de aproximadamente 119 lotes residenciales (entre 160 m<sup>2</sup> y 165 m<sup>2</sup>) y 2 lotes para uso comercial de 1200 m<sup>2</sup> aproximadamente. Contará con áreas verdes, tanque de reserva de agua, planta de tratamiento, calles asfaltadas, tendido eléctrico.

## **III. Aspectos Climatológicos del área de la cuenca en estudio:**

### **a. El Clima**

El clima presente en la zona del proyecto corresponde a un **clima tropical de sabana** de acuerdo a la clasificación de Köppen como se muestra en la ilustración 2<sup>1</sup>.

El clima tropical de sabana o tropical seco, es un subtipo de clima tropical que se produce cuando la estación seca de este clima se acentúa y predomina la mayor parte del año, siendo la estación húmeda muy corta, pero con lluvias torrenciales. Es un clima de transición entre el tropical húmedo y el clima desértico. Lluvia anual > 1000 mm. Varios meses con lluvia < 60 mm.

Temperatura media del mes más fresco > 18° C.

---

<sup>1</sup> [http://www.hidromet.com.pa/Mapas/Mapa\\_Clasificacion\\_Climatica\\_KOPPEN\\_2007\\_Panama.pdf](http://www.hidromet.com.pa/Mapas/Mapa_Clasificacion_Climatica_KOPPEN_2007_Panama.pdf)

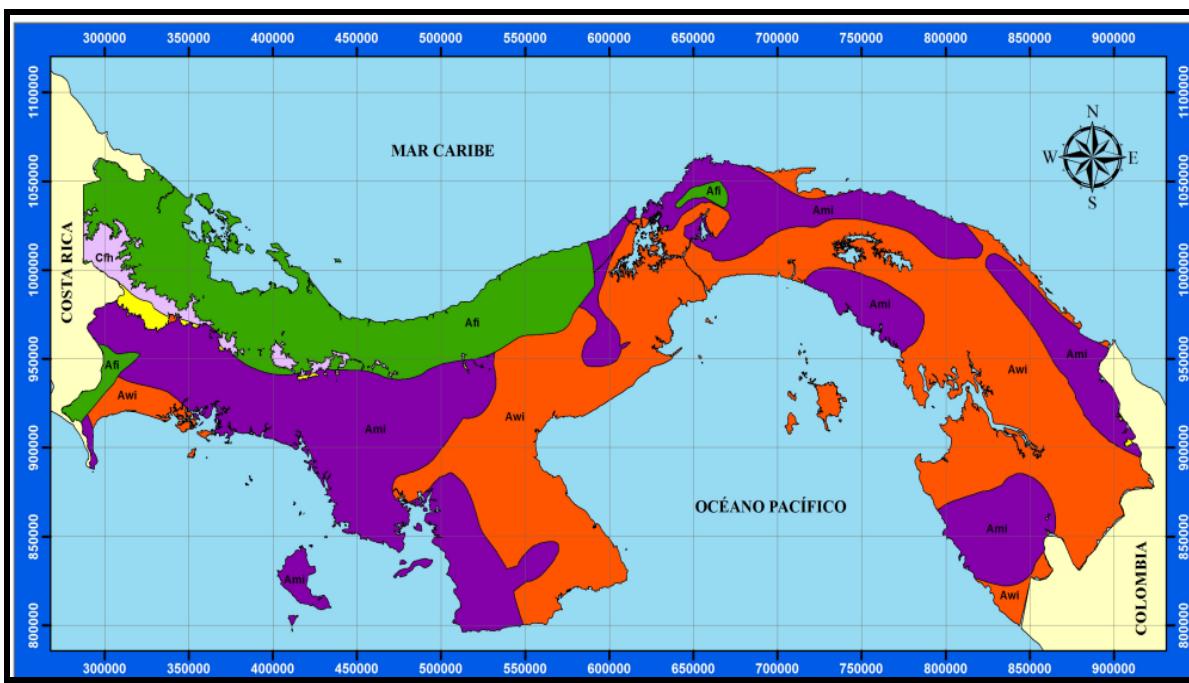


Ilustración 2 Mapa de clasificación climática según Köopen

## b. Precipitación

El mes con menor precipitación promedio es febrero con un registro de 1.7 mm y el más lluvioso es octubre, con un registro promedio de 306.5 mm, lo que representa una diferencia significativa de las lluvias registradas en el área de la cuenca, de acuerdo a la ilustración 3<sup>2</sup>, que indica la distribución mensual de lluvias, de la estación Las Lajas (134-021) ubicada a una latitud de 8° 28' 00" y a una longitud de -80° 22' 00"

<sup>2</sup> [http://www.hidromet.com.pa/clima\\_históricos.php?sensor=2](http://www.hidromet.com.pa/clima_históricos.php?sensor=2)

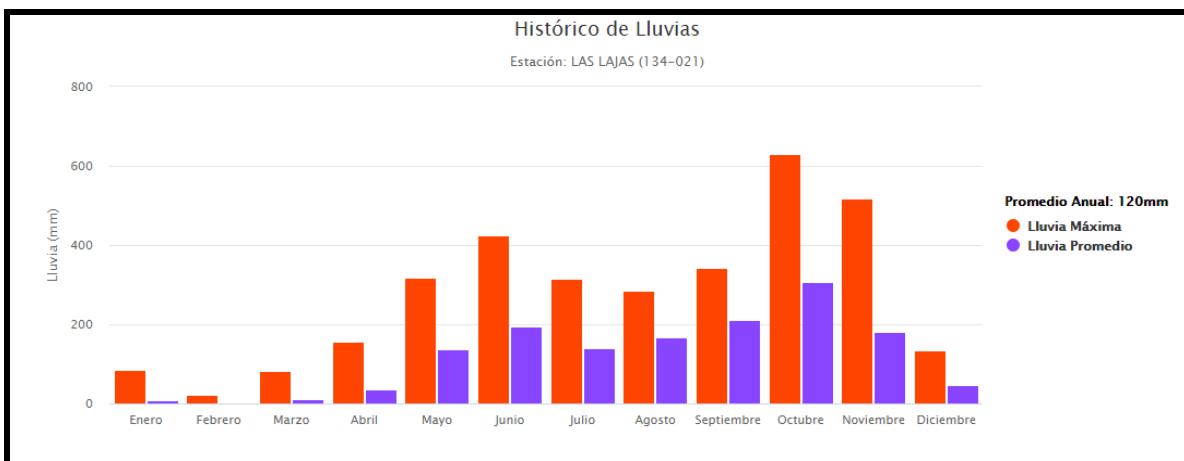


Ilustración 3 Registro histórico de Lluvias de estación Las Lajas

### c. Temperatura

La temperatura en el área de estudio, se caracteriza, por la poca variación estacional y mantiene una temperatura promedio entre los 29.1°C y los 27°C como se muestra en el gráfico 4<sup>3</sup> tomado de los datos históricos de ETESA.

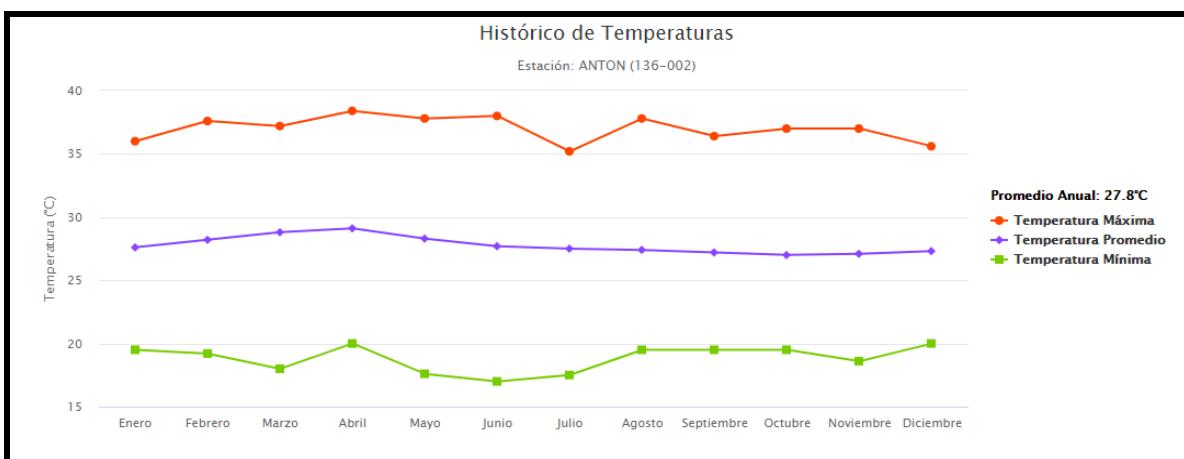


Ilustración 4 Resumen histórico de temperaturas de estación Antón

<sup>3</sup> [http://www.hidromet.com.pa/clima\\_históricos.php](http://www.hidromet.com.pa/clima_históricos.php)

## d. Vientos

Los registros más cercanos disponibles de la velocidad promedio del viento a 2 metros del área de estudio, corresponden a la estación de Antón (136-002). La información se detalla en la ilustración 5<sup>4</sup> en donde la velocidad promedio del viento a los 2 metros se encuentra entre los 2.8 m/seg (correspondiente al mes de marzo) y los 0.6 m/seg (correspondiente a los meses de septiembre y octubre).

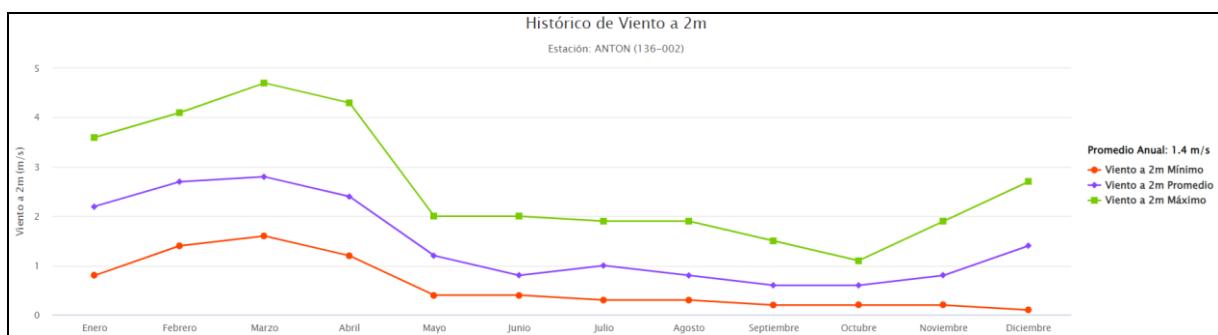


Ilustración 5 Resumen histórico de vientos a 2 metros de estación Antón

## e. Humedad Relativa

Los registros más cercanos disponibles de humedad relativa del área de estudio, corresponden a la estación de Antón (136-002). Los valores de humedad relativa, son elevados en la región. Con un promedio anual de 76.6 % y valores promedios máximos y mínimos de 84% y 65.5% respectivamente. El mes con mayor humedad relativa promedio es octubre.<sup>5</sup>

<sup>4</sup> [http://www.hidromet.com.pa/clima\\_históricos.php?sensor=7](http://www.hidromet.com.pa/clima_históricos.php?sensor=7)

<sup>5</sup> [http://www.hidromet.com.pa/clima\\_históricos.php?sensor=6](http://www.hidromet.com.pa/clima_históricos.php?sensor=6)

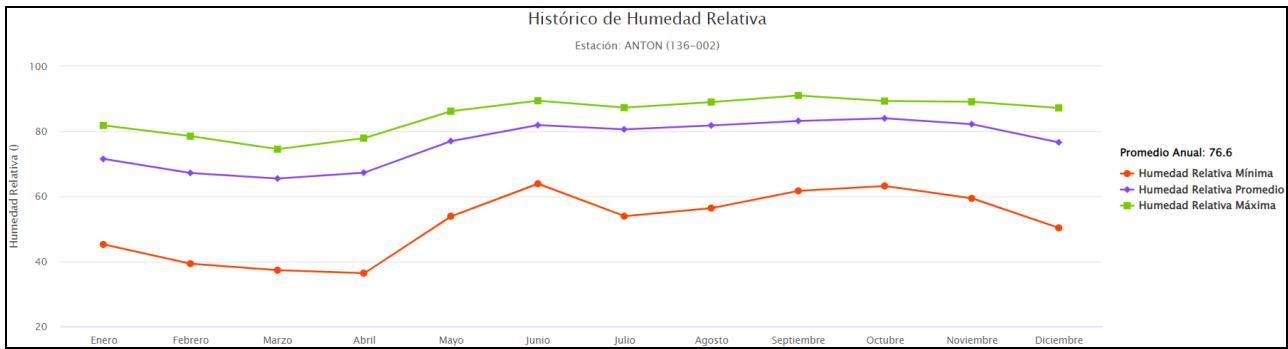


Ilustración 6 Resumen histórico de humedad relativa de estación Antón

## IV. Estimación de Caudales

### a. Descripción geomorfológica de la Cuenca Hidrográfica

#### i. Características de la Cuenca de la Quebrada El Jobo

La cuenca en estudio tiene un área de drenaje de (A) 136.19 hectáreas.

Una longitud de 2418.00 metros.

Elevación del punto más alto de la cuenca 80.00 metros.

Elevación del punto más bajo de la cuenca 55.80 metros.

Pendiente promedio 1% ó 0.01

Perímetro de la cuenca (P) 5.5789 km

Índice de compacidad o Gravelius

$$Kc = 0.28 \frac{P}{\sqrt{A}} = 0.28 \frac{5.5789 \text{ km}}{\sqrt{1.3619 \text{ km}^2}} = 1.3$$

De acuerdo al índice de Gravelius de 1.3 de la siguiente tabla se puede obtener la clase de compacidad.

Rango de Kc	Clases de compacidad
1-1.25	Redonda a oval redonda
1.25-1.50	De oval redonda a oval oblonga
1.50-1.75	De oval oblonga a rectangular oblonga

Ilustración 7 Tipo de compacidad según índice de Gravelius (Kc)

Para el caso en estudio, la clase de compacidad corresponde al tipo de Oval Redonda a Oval Oblonga.

Según el índice de  $K_p$  de la cuenca en estudio, la forma corresponde a la imagen indicada en la siguiente ilustración.

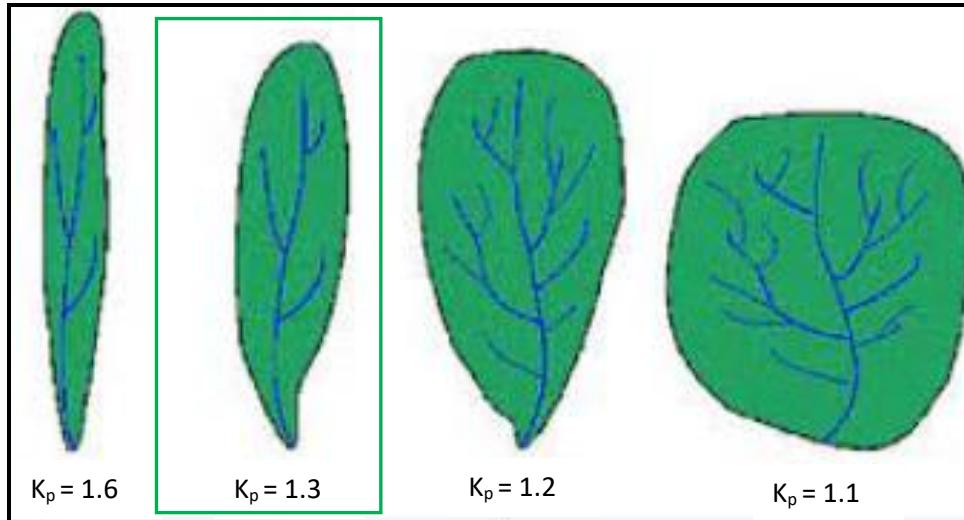


Ilustración 8 Formas de cuenca según índice de Gravelius (Kc)

El índice de Gravelius obtenido para la cuenca es de 1.3, la cual indica una forma de oval redonda a oval oblonga, debido a que su concentración de agua es lenta y la duración de escurrimiento hacia el cauce principal se dará en menor tiempo, debido a la longitud de los cauces secundarios.

La forma alargada de la cuenca y las pequeñas longitudes de los cauces están relacionadas con la pendiente del terreno. Por lo general este tipo de cuenca, en términos ambientales, tendrá bajas probabilidades de inundaciones.

Curva Hipsométrica: para la cuenca en estudio se tienen los siguientes valores.

ELEV (m)	AREA (ha <sup>2</sup> )	ACUMULADA (ha <sup>2</sup> )	% de AREA ACUMULADA
77.5	8.27	8.27	0.061
75	19.43	27.69	0.203
72.5	17.75	45.45	0.334
70	20.54	65.99	0.485
67.5	13.45	79.44	0.583
65	23.20	102.64	0.754
62.5	19.95	122.59	0.900
60	13.60	136.19	1.000
<b>TOTAL</b>	<b>136.19</b>		

Ilustración 9 Áreas de la cuenca según la elevación

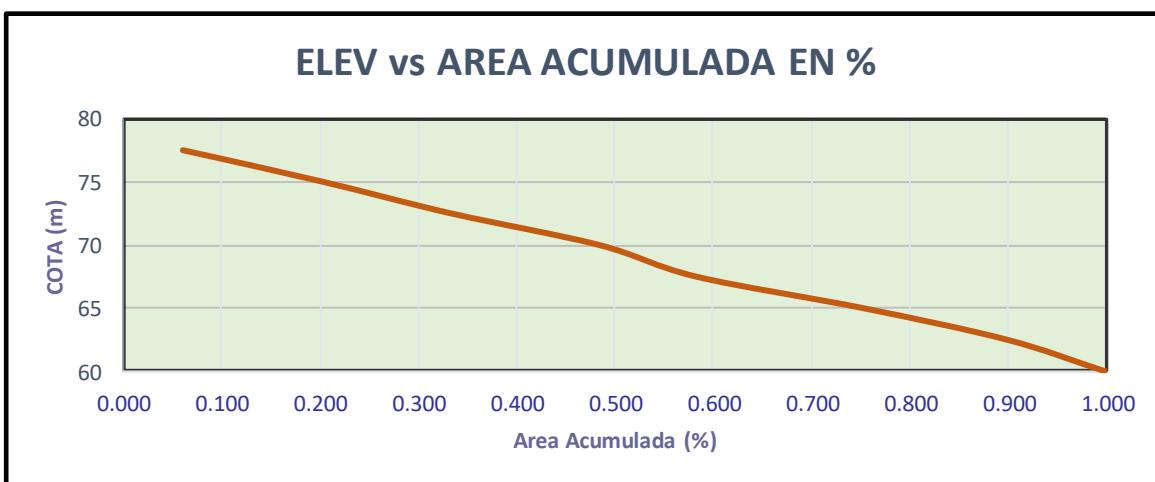


Ilustración 10 Curva Hipsométrica

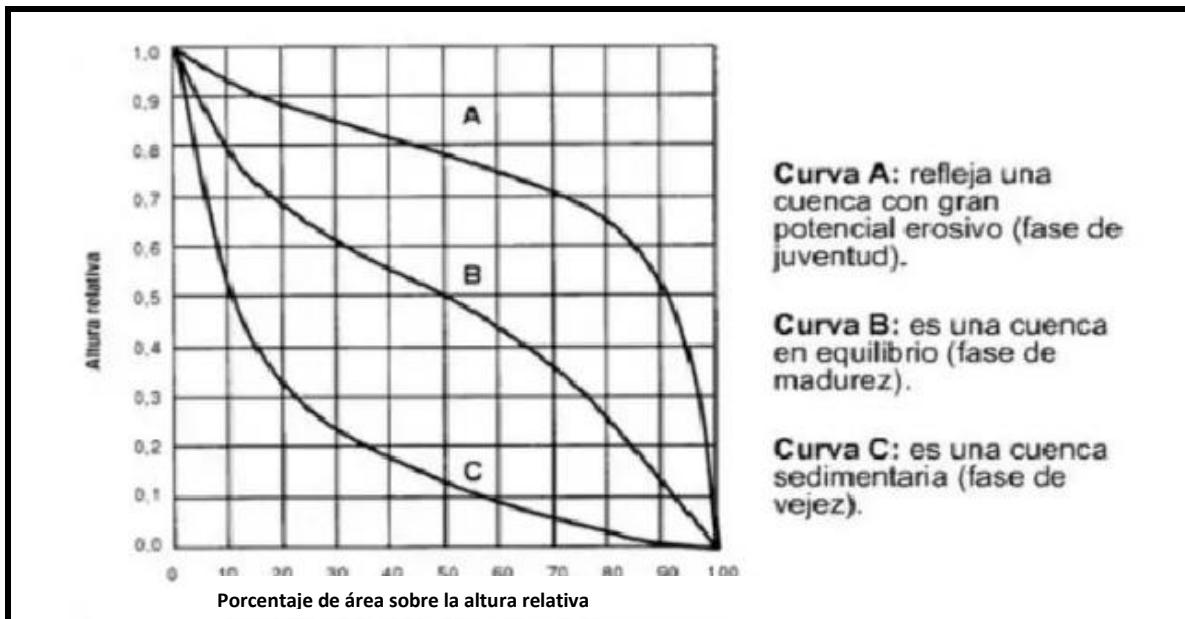


Ilustración 11 Tipo de cuenca según curva hipsométrica

Con la interpretación de la gráfica de los datos de la cuenca en estudio, se puede comprobar que la Quebrada El Jobo, que atraviesa el área donde se desarrollará el proyecto Campo Real, corresponde a la clasificación de curso de agua maduro y la cuenca se encuentra en una fase de madurez, según se puede observar en la ilustración 11.

Los cursos de agua maduros son estables y la sección transversal en cada tramo es capaz de transportar la carga de sedimento en todo su recorrido.

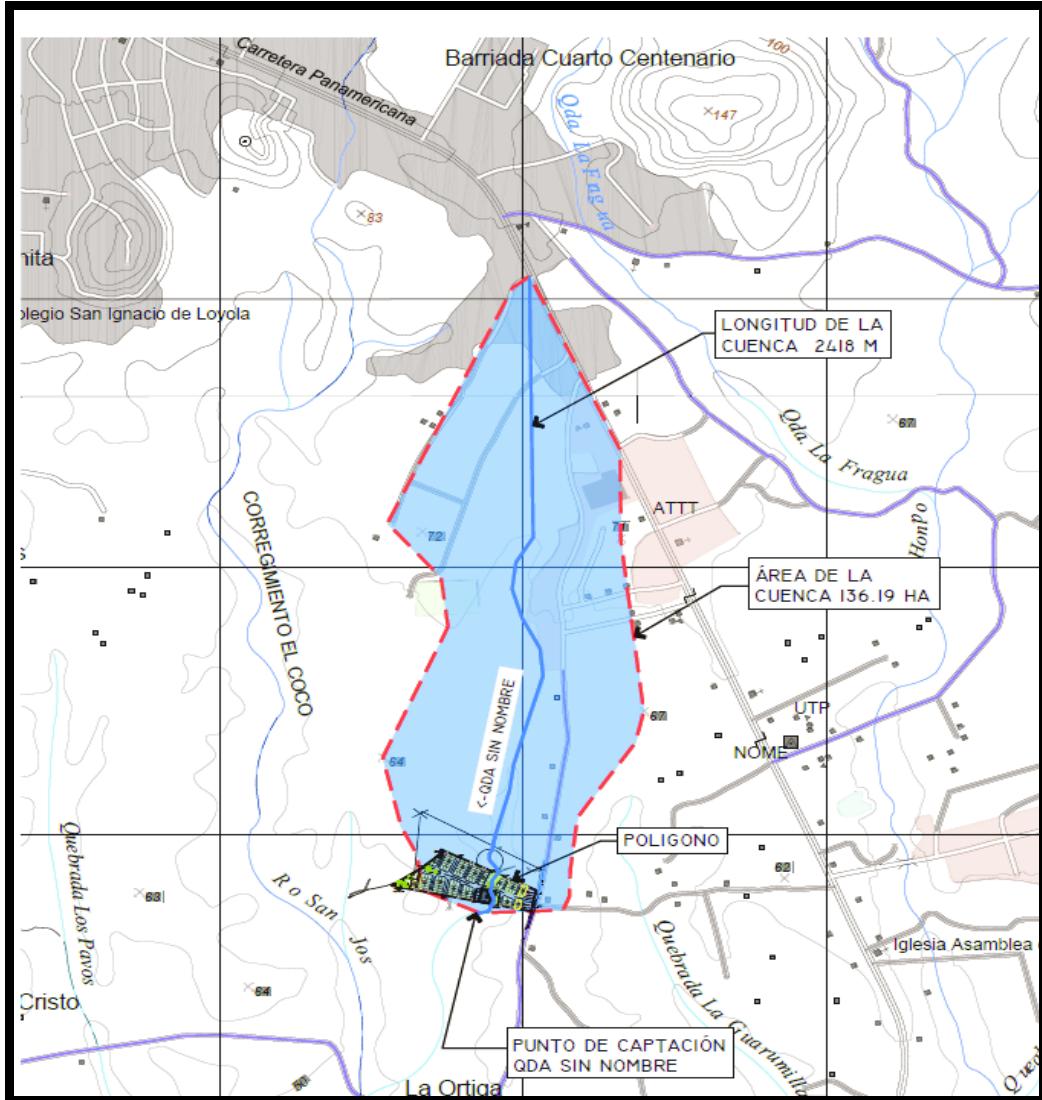


Ilustración 12 Área de la cuenca de quebrada El Jobo

### b. Método de Análisis

En vista a que el área de drenaje de la cuenca es menor de 250 Has utilizaremos para la estimación de los caudales, el método de Análisis Racional, que permite estimar la frecuencia de crecidas, que pueden ocurrir en un sitio determinado de un cauce.

### i. Método Racional:

Para esto utilizaremos el método racional, en el cual los aportes de agua superficial se determinan con la fórmula:

$$Q = C\bar{v}A/360$$

En donde:

$Q$  = caudal de aporte superficial en  $m^3/seg.$

$A$  = Área tributaria de cada tubería en Hectáreas.

$C$  = Porcentaje de escorrentía superficial (90% áreas urbanas deforestadas).

$\bar{v}$  = Intensidad de lluvias en  $mm/hr$ ,

### c. Suposiciones incluidas en fórmula Racional

- El porcentaje máximo de escurrimiento para una intensidad particular de una lluvia ocurre si la duración de la misma es igual o mayor que el tiempo de concentración.
- El porcentaje máximo de escurrimiento para una intensidad específica de lluvia con duración igual o mayor que el tiempo de concentración es directamente proporcional a la intensidad de la lluvia.
- La frecuencia de ocurrencia del escurrimiento máximo es la misma que la intensidad de la lluvia con la cual se calculó.
- El escurrimiento máximo por área unitaria disminuye conforme aumenta el área de drenaje y la intensidad de lluvia disminuye conforme aumenta su duración.
- El coeficiente de escorrentía, permanece constante en una cuenca, para todas las tormentas.

#### i. Coeficiente de escorrentía

Se define como el porcentaje de lluvia, que aparece como escurrimiento directo. Utilizaremos un coeficiente de escorrentía promedio de 0.95 para áreas urbanas deforestadas. (Según Manual de requisitos para Revisión de Planos del MOP).

## ii. Coeficiente de Rugosidad de Manning

Se define dependiendo del tipo de superficie en contacto con el agua, utilizaremos un coeficiente de 0.03 para el fondo (por tratarse de un cauce de tierra con vegetación normal, lodo con escombro o irregular a causa de erosión).

## iii. Intensidad de Lluvia

Utilizaremos las fórmulas de Intensidad – Duración – Frecuencia (IDF), recomendadas por el Ministerio de Obras Públicas (MOP), para la vertiente del Pacífico del país, las cuales fueron desarrolladas de la recopilación de datos de lluvia desde 1921 hasta 1972. De este estudio se generaron curvas (IDF), para períodos de retorno de 1:2, 1:5, 1:10, 1:20, 1:25, 1:30 y 1:50 años, las mismas continúan en uso (ver Gaceta Oficial No 24, 766).

$$i = K / (t_c + b)$$

En donde:

$i$  = Intensidad de lluvia en mm / h

$t_c$  = Tiempo de concentración en minutos

$K$  y  $b$  = Constantes (dependen del período de retorno)

## iv. Período de retorno 1:50 (Pr)

Se define como el intervalo de tiempo promedio, entre eventos que igualan o exceden una magnitud específica. Para período de retorno de 1:50 años, los valores de  $K$  y  $b$  son 370 y 33.

1:100 años, los valores de  $K$  y  $b$  son 370 y 28

Reemplazando los valores de las constantes en la ecuación se obtiene:

$$i = 370 / (T_c + 33) \text{ pulg / Hora (1:50 años)}$$

$$i = 370 / (T_c + 28) \text{ pulg / Hora (1:100 años)}$$

## v. Tiempo de concentración (tc)

Se define como el tiempo requerido, para que escurra el agua, desde el punto más distante de una cuenca, hasta el punto de control del flujo.

Existen varias fórmulas para calcular el tiempo de concentración, en este caso, utilizaremos la ecuación de Bransby-Williams<sup>6</sup>, en la cual el tiempo de concentración se expresa con la ecuación:

$$Tc = \frac{14.6L}{A^{0.1}S^{0.2}}$$

En donde:

Tc = Tiempo de concentración en minutos.

L = longitud de la trayectoria del flujo (km).

A = Área de la Cuenca en (Km<sup>2</sup>).

s = pendiente de la cuenca (m/m).

Reemplazando datos de la cuenca en estudio en la ecuación se obtiene:

$$Tc_{Qda\ El\ Jobo} = 14.6 (2.42) / [(1.3619)^{0.1} (0.01)^{0.2}] = 86.06 \text{ min}$$

## vi. Caudales esperados

Para un período de retorno de 1: 50 años

Se obtiene la intensidad de la lluvia:

$$I_{Qda\ El\ Jobo} = 370 / (33 + 86.06) = 3.11 \text{ pulg/hora} ==> (3.11) (25.4) = 78.93 \text{ mm/hr}$$

---

<sup>6</sup> [15] WANIELISTA, M., KERSTER, R., y EAGLIN, R. Hydrology, water quantity and quality control, 2nd Ed., Wiley, New York . 1977.

Para un período de retorno de 1: 100 años

Se obtiene la intensidad de la lluvia:

$$I_{Qda\ El\ Jobo} = 370 / (28 + 86.06) = 3.24 \text{ pulg/hora} \implies (3.24) (25.4) = \mathbf{82.30 \text{ mm/hr}}$$

Luego obtenemos el caudal para los valores obtenidos

1:50 años

$$Q_{Qda\ El\ Jobo} = (C \times I \times A) / 360 = (0.95 \times 78.93 \times 136.19) / 360 = \mathbf{28.37 \text{ m}^3/\text{s}}$$

1:100 años

$$Q_{Qda\ El\ Jobo} = (C \times I \times A) / 360 = (0.95 \times 82.30 \times 136.19) / 360 = \mathbf{29.58 \text{ m}^3/\text{s}}$$

Nota:

- Los caudales obtenidos, permitirán obtener los niveles de agua proyectados, con el propósito de que sirvan de referencia para establecer los niveles mínimos de Terracería de las áreas del proyecto que colindan con la quebrada.
- El nivel de terracería propuesto, será en base a  $Y / H \leq 0.80$  (AASHTO) o 1.50 m mínimo sobre el nivel de aguas máximas extraordinarias (NAME).

## V. Nivel de terracería

$Y/H \leq 0.80$  (AASHTO)

En donde:

$H$  = Altura máxima del agua en el canal proyectado

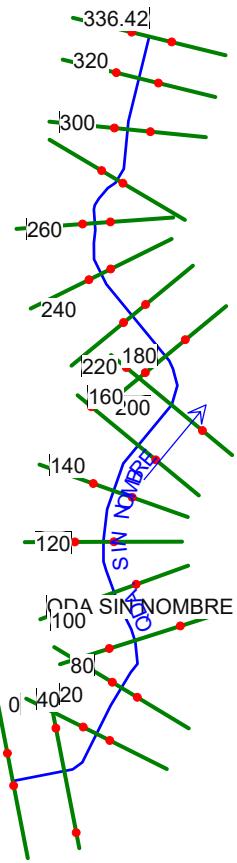
N.T. = Cota con diferencia de elevación mayor o igual a 1.50 m por encima del nivel de agua máxima esperada dado por: Elev. Fondo Existente +  $Y + 1.5$

NAME = Nivel de agua máxima esperado y está dada por: Elevación de fondo proyectado +  $Y_n$

## VI. Niveles de terracería seguros propuestos – Pr 1:50 años

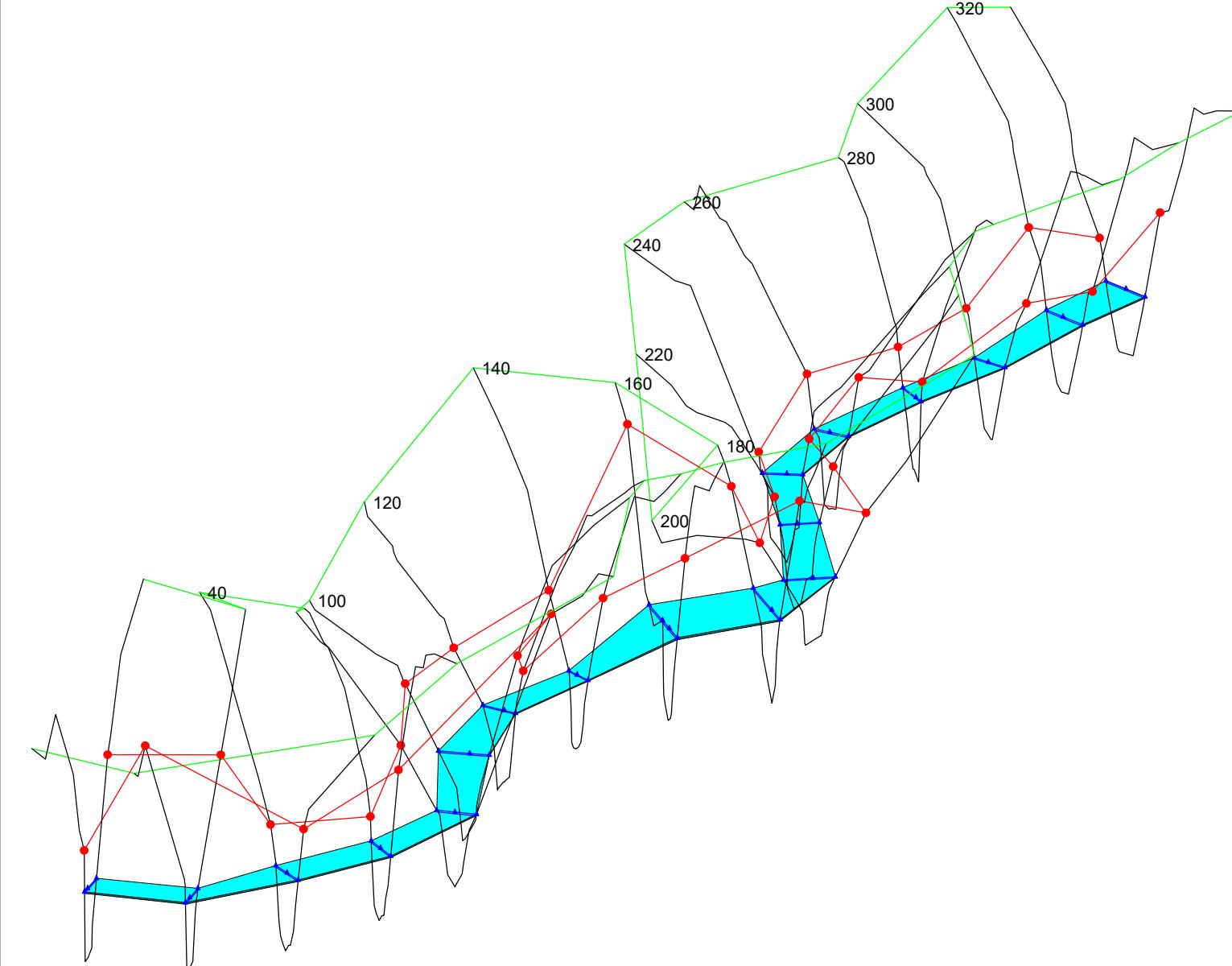
Curso	Estación	Velocidad (m/seg)	Q Total (m <sup>3</sup> /s)	Nivel de Fondo (m)	NAME (m)	Tirante de Agua (m)	Nivel Seguro de Terracería
Qda. El Jobo	OK+280	2.83	28.37	58.18	60.53	2.35	62.03
Qda. El Jobo	OK+260	3.44	28.37	57.96	60.15	2.19	61.65
Qda. El Jobo	OK+240	2.33	28.37	57.57	60.11	2.54	61.61
Qda. El Jobo	OK+220	2.57	28.37	57.53	59.96	2.43	61.46
Qda. El Jobo	OK+200	3.1	28.37	57.76	59.65	1.89	61.15
Qda. El Jobo	OK+180	1.46	28.37	57.17	59.82	2.65	61.32
Qda. El Jobo	OK+160	1.84	28.37	57.07	59.71	2.64	61.21
Qda. El Jobo	OK+140	3.62	28.37	56.91	59.05	2.14	60.55
Qda. El Jobo	OK+120	3.14	28.37	56.64	58.97	2.33	60.47
Qda. El Jobo	OK+100	2.63	28.37	56.42	58.93	2.51	60.43
Qda. El Jobo	OK+80	3.4	28.37	56.38	58.5	2.12	60.00
Qda. El Jobo	OK+60	2.59	28.37	56.21	58.29	2.08	59.79
Qda. El Jobo	OK+40	2.42	28.37	55.99	58.24	2.25	59.74
Qda. El Jobo	OK+20	3.16	28.37	55.89	57.9	2.01	59.40
Qda. El Jobo	OK+0	3.16	28.37	55.73	57.73	2.00	59.23

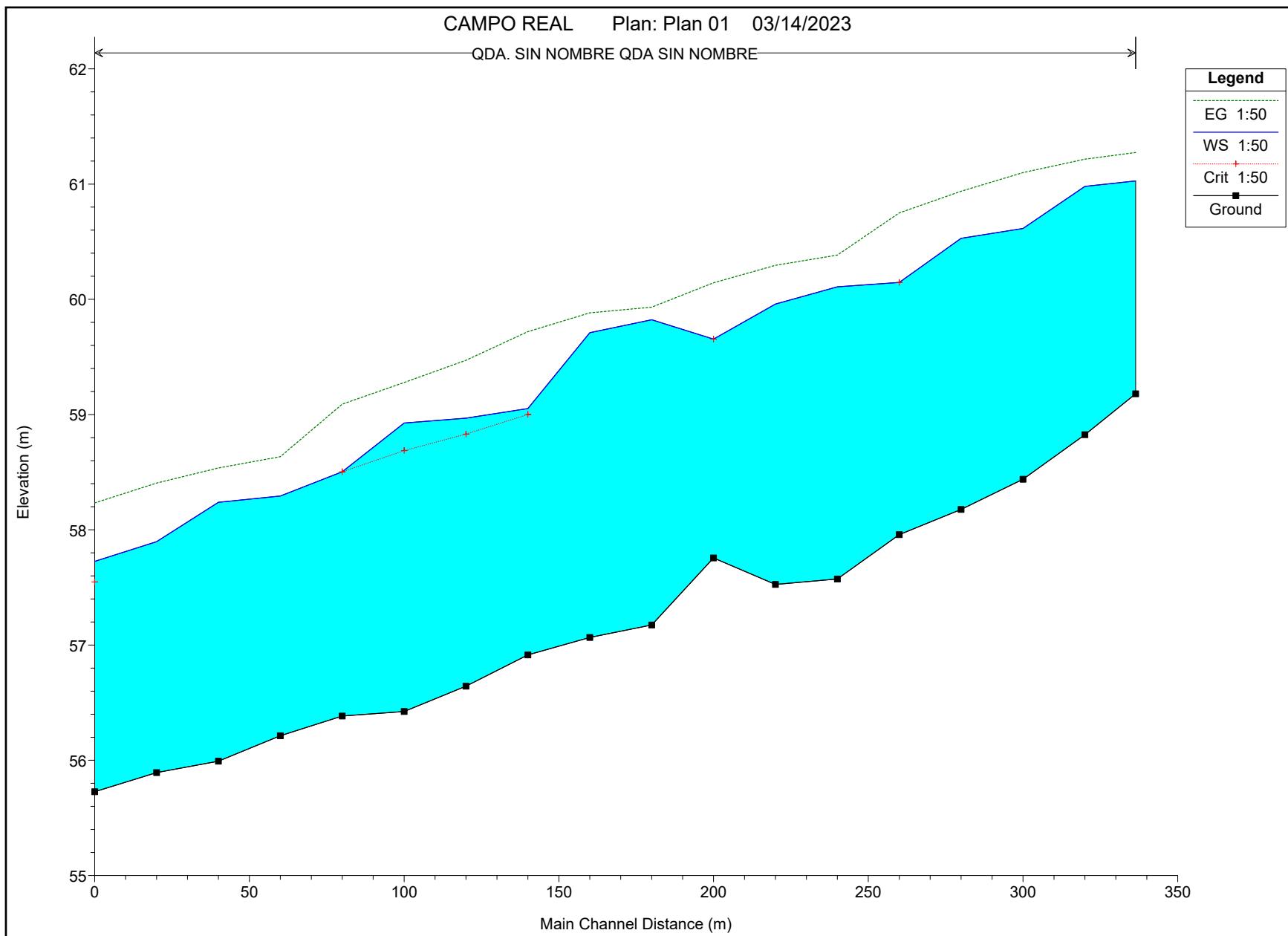
A continuación, se muestran datos obtenidos de la modelación del curso de agua por medio del HEC- RAS 6.0 de las condiciones iniciales del proyecto.

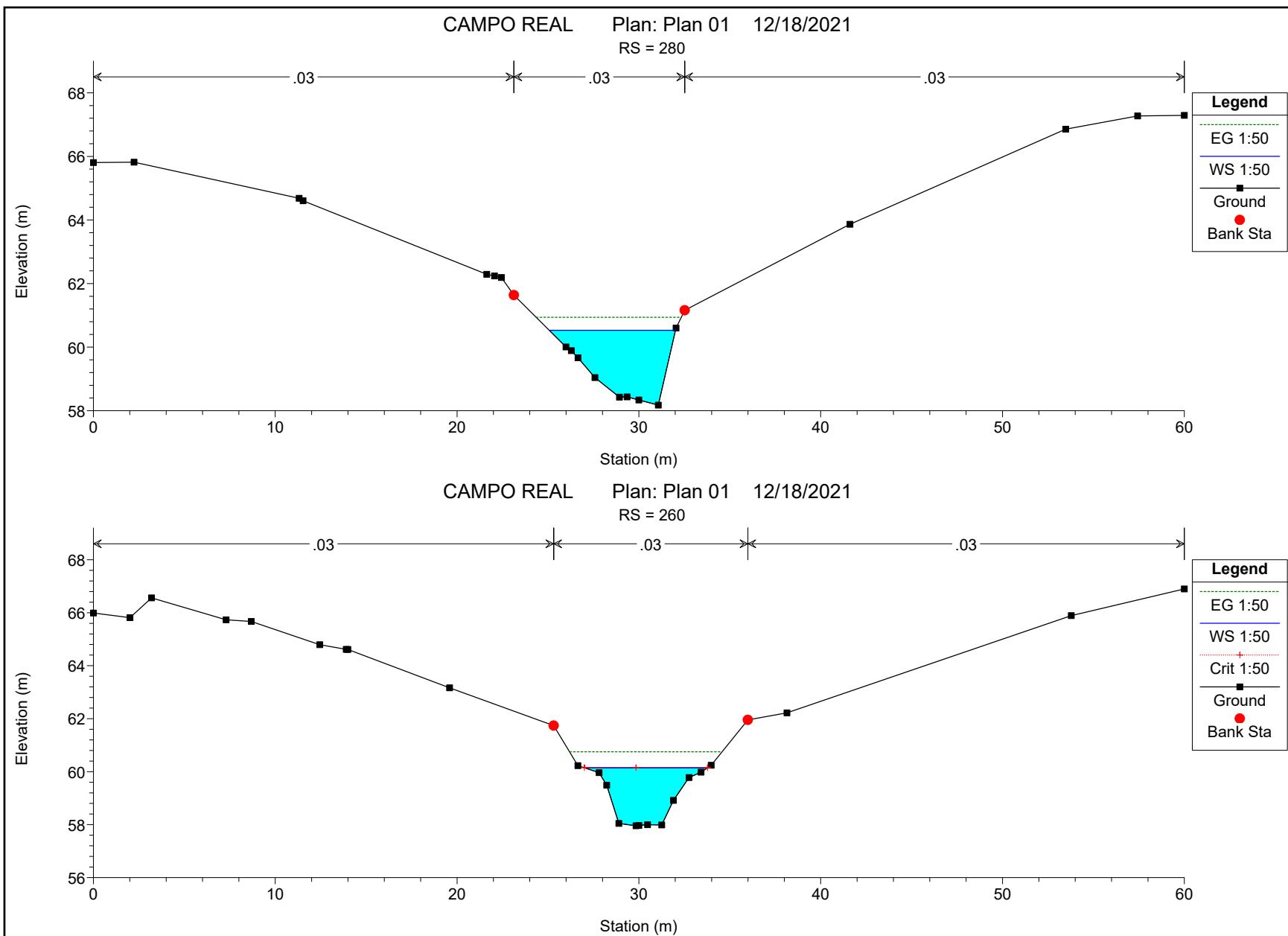


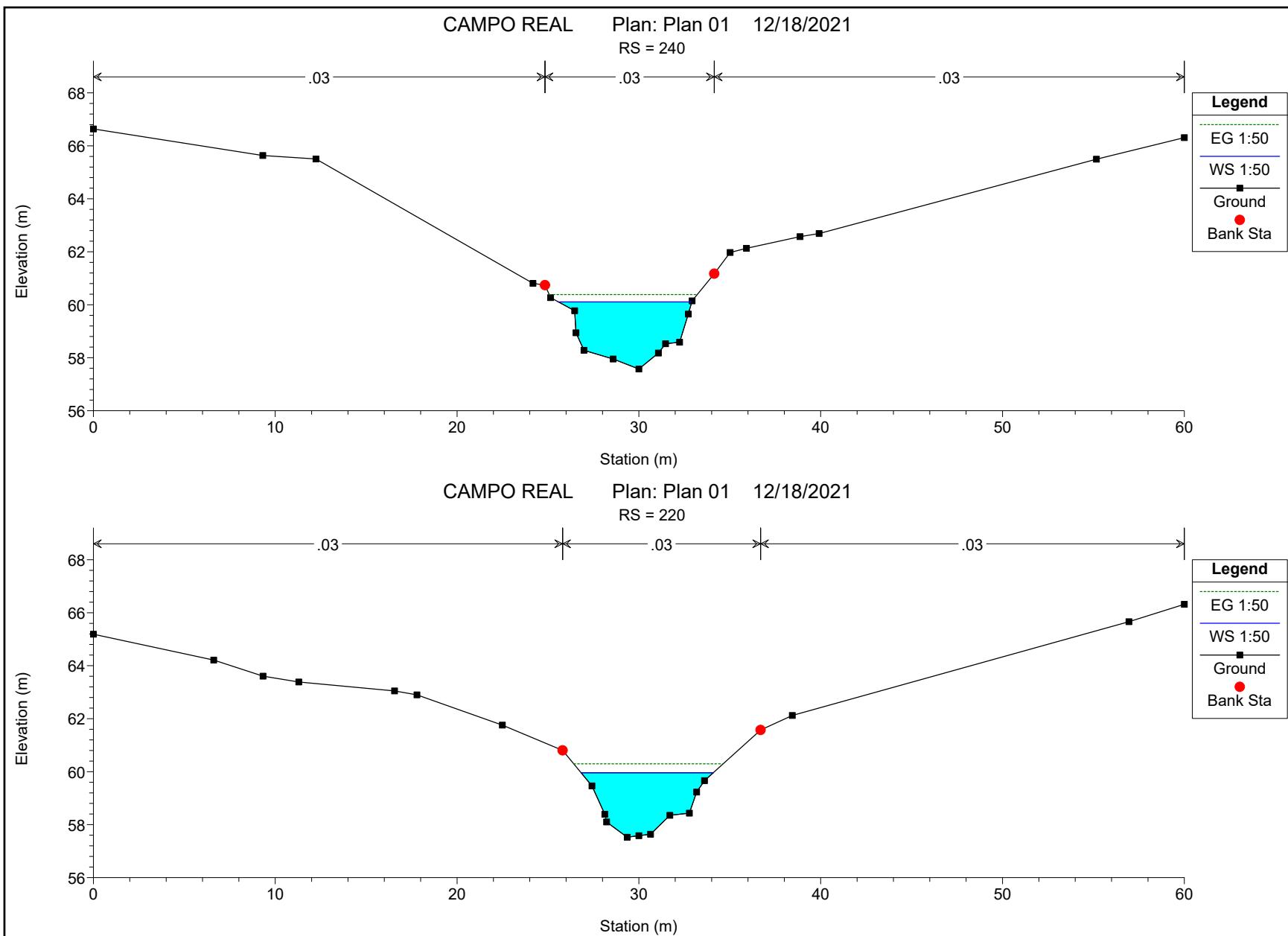
CAMPO REAL Plan: Plan 01 03/14/2023

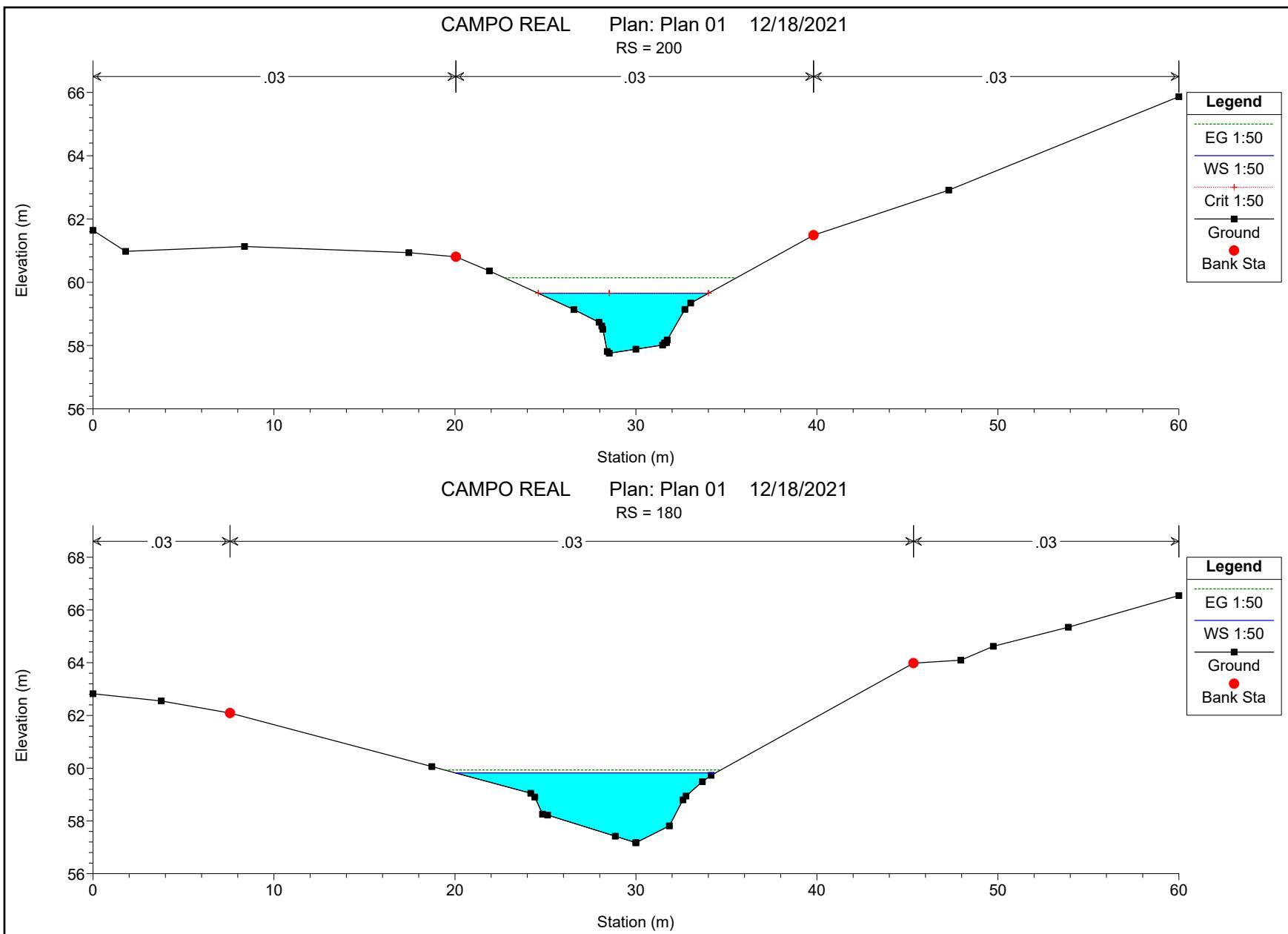
Legend
WS 1:50
WS 1:100
Ground
Bank Sta

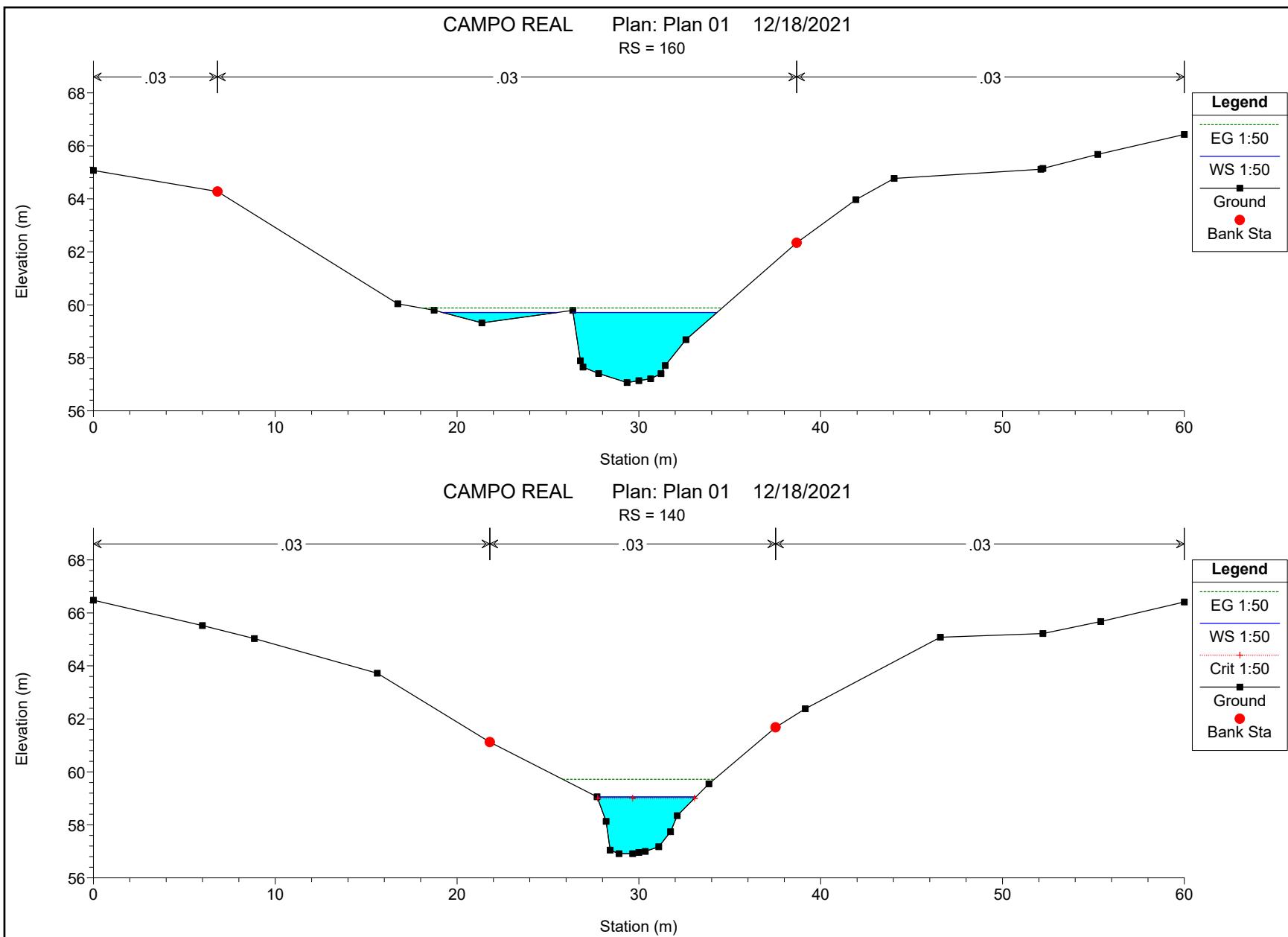


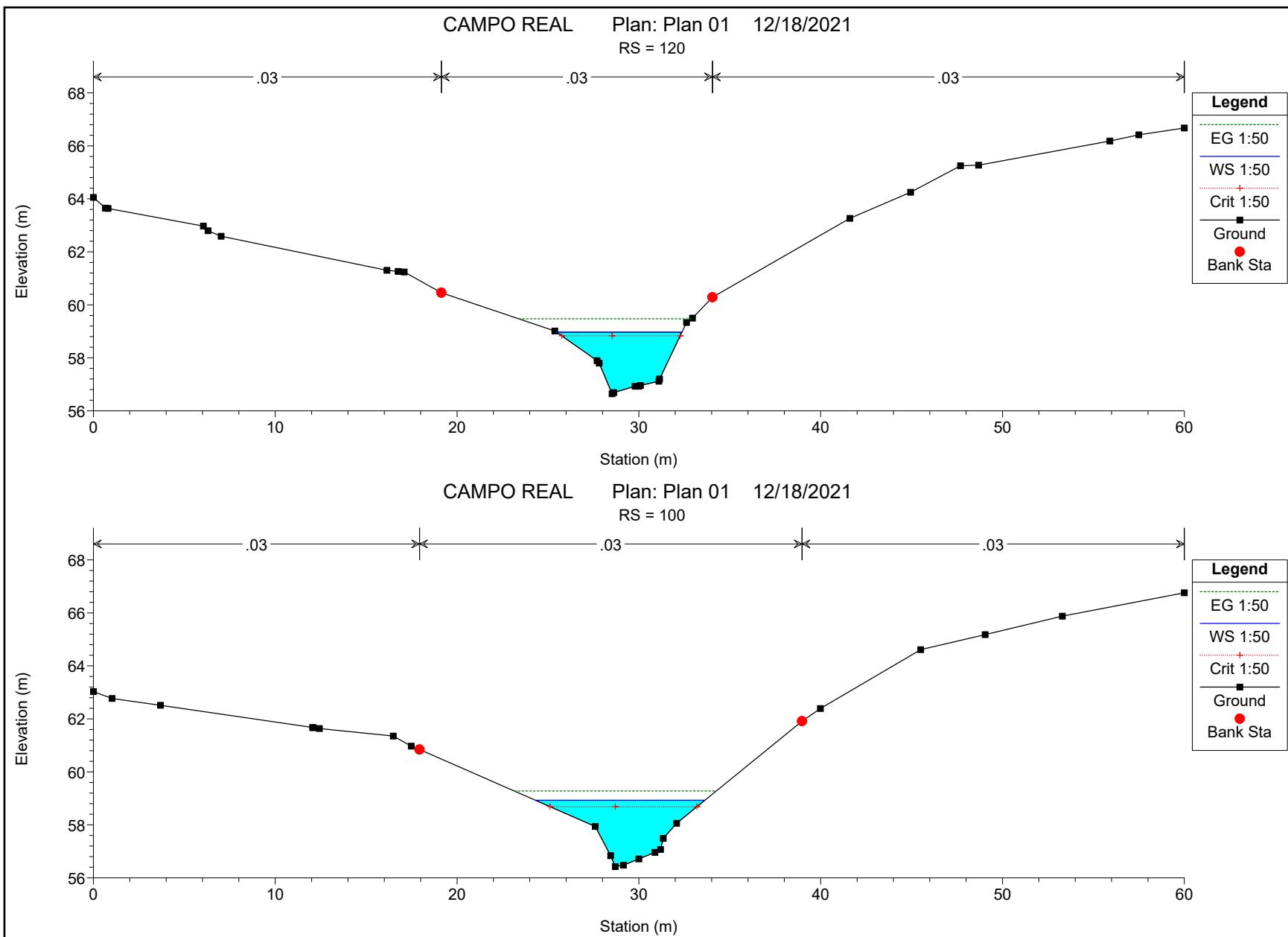


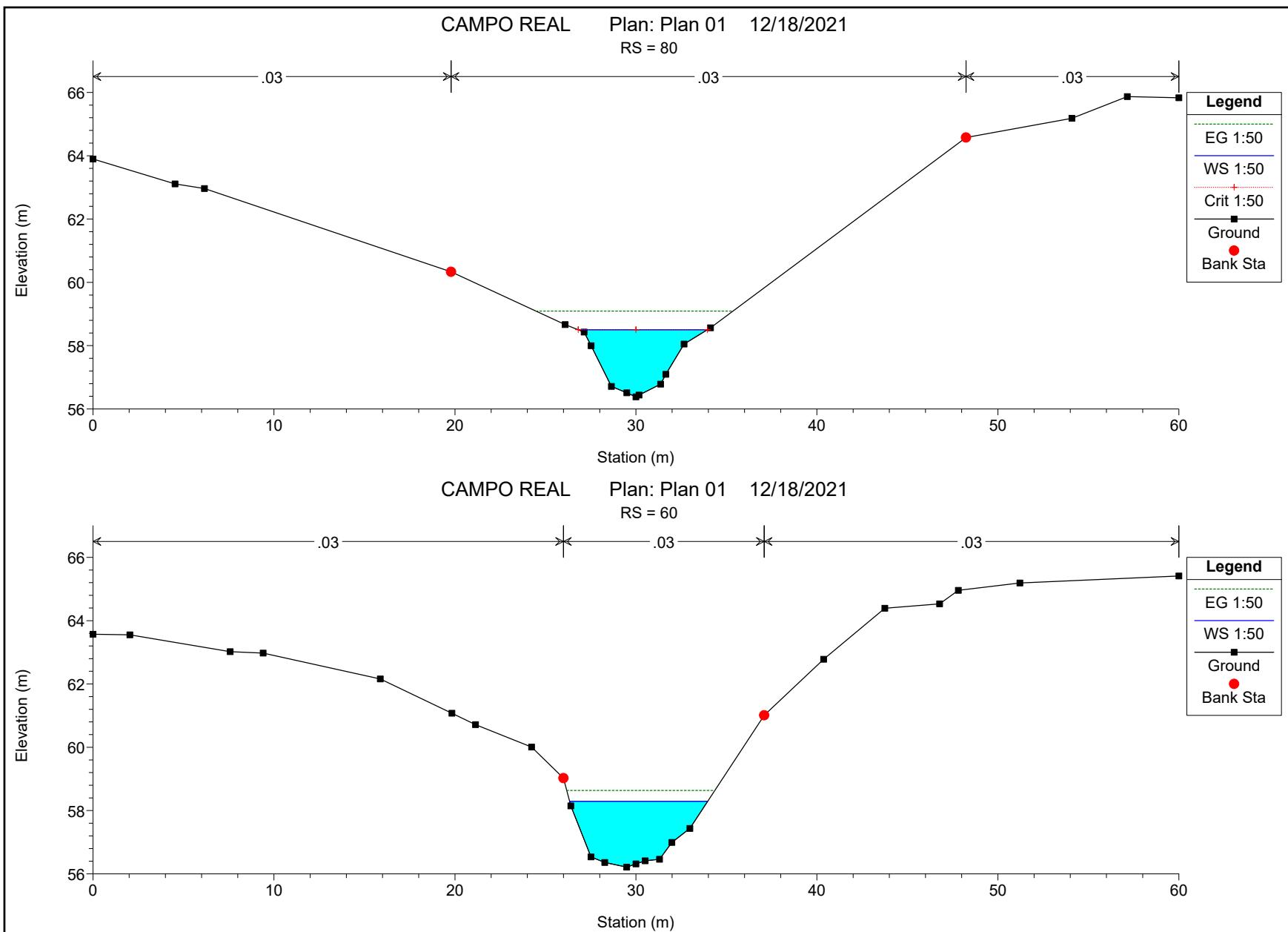


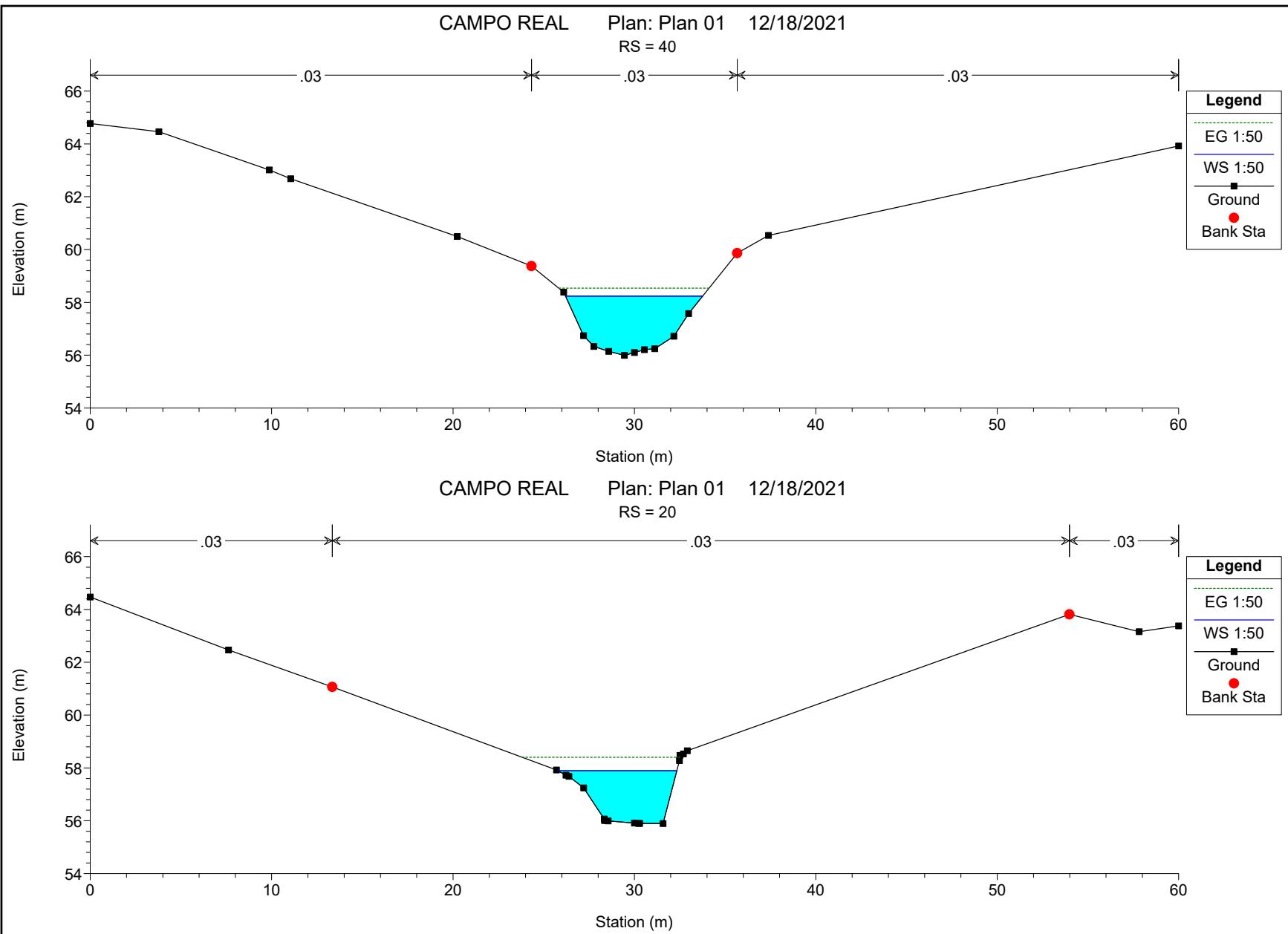


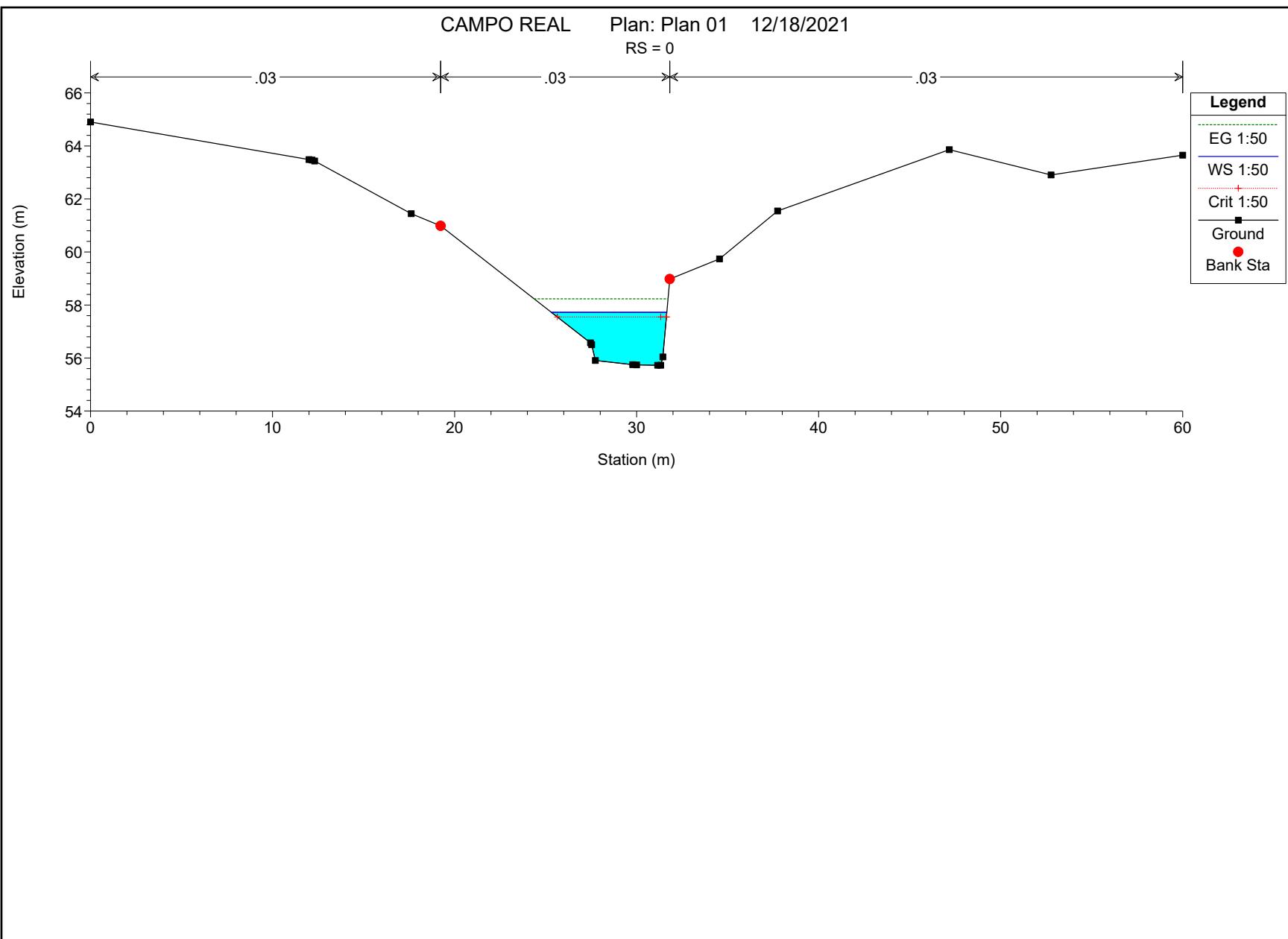




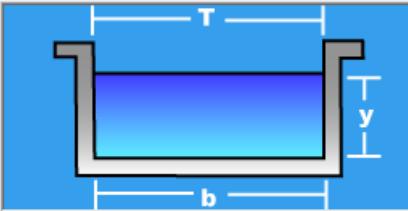


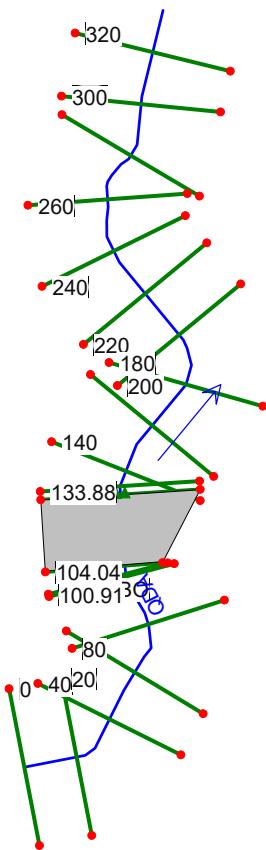






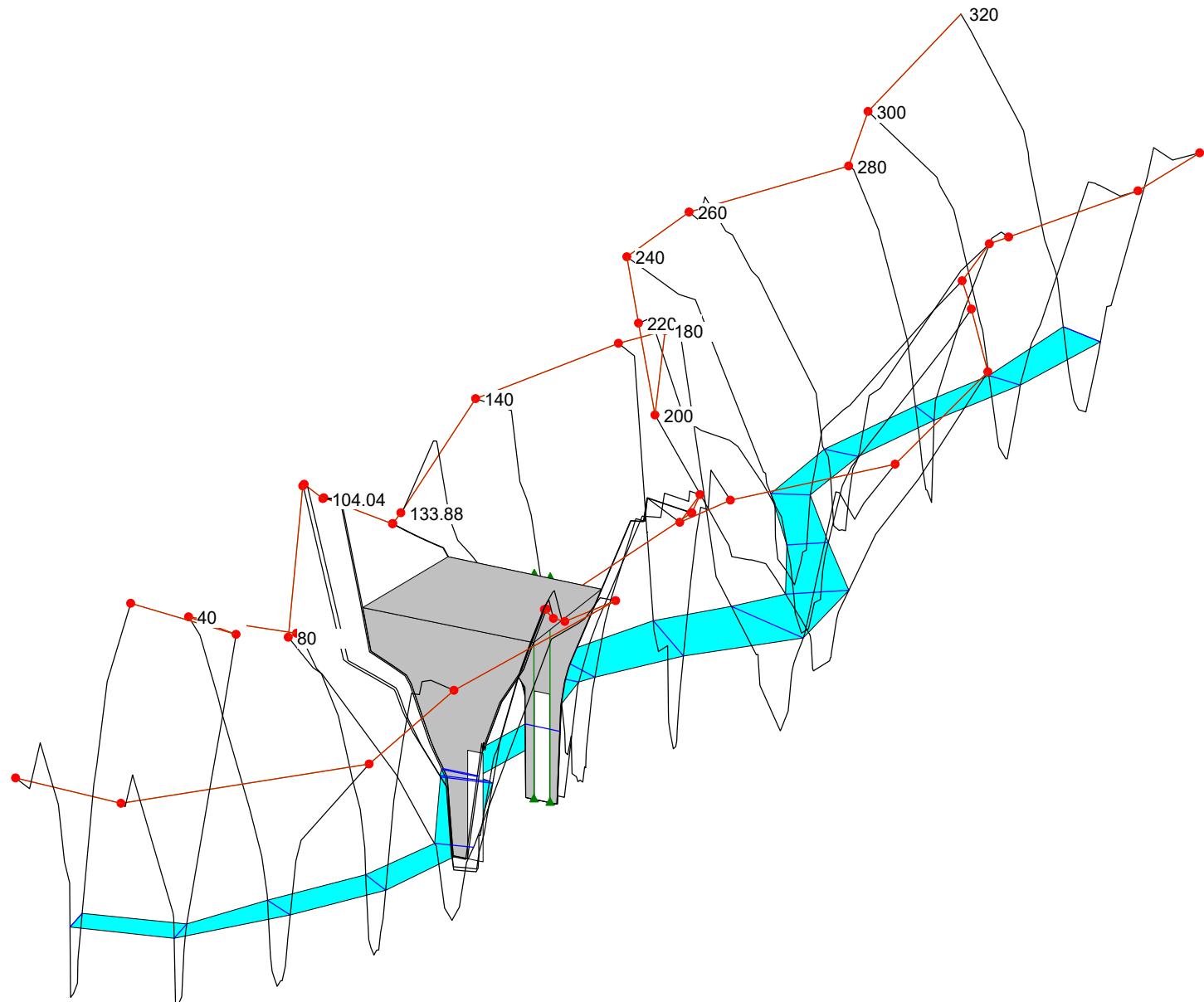
## VII. Resultados para condiciones de diseño con cajón propuesto.

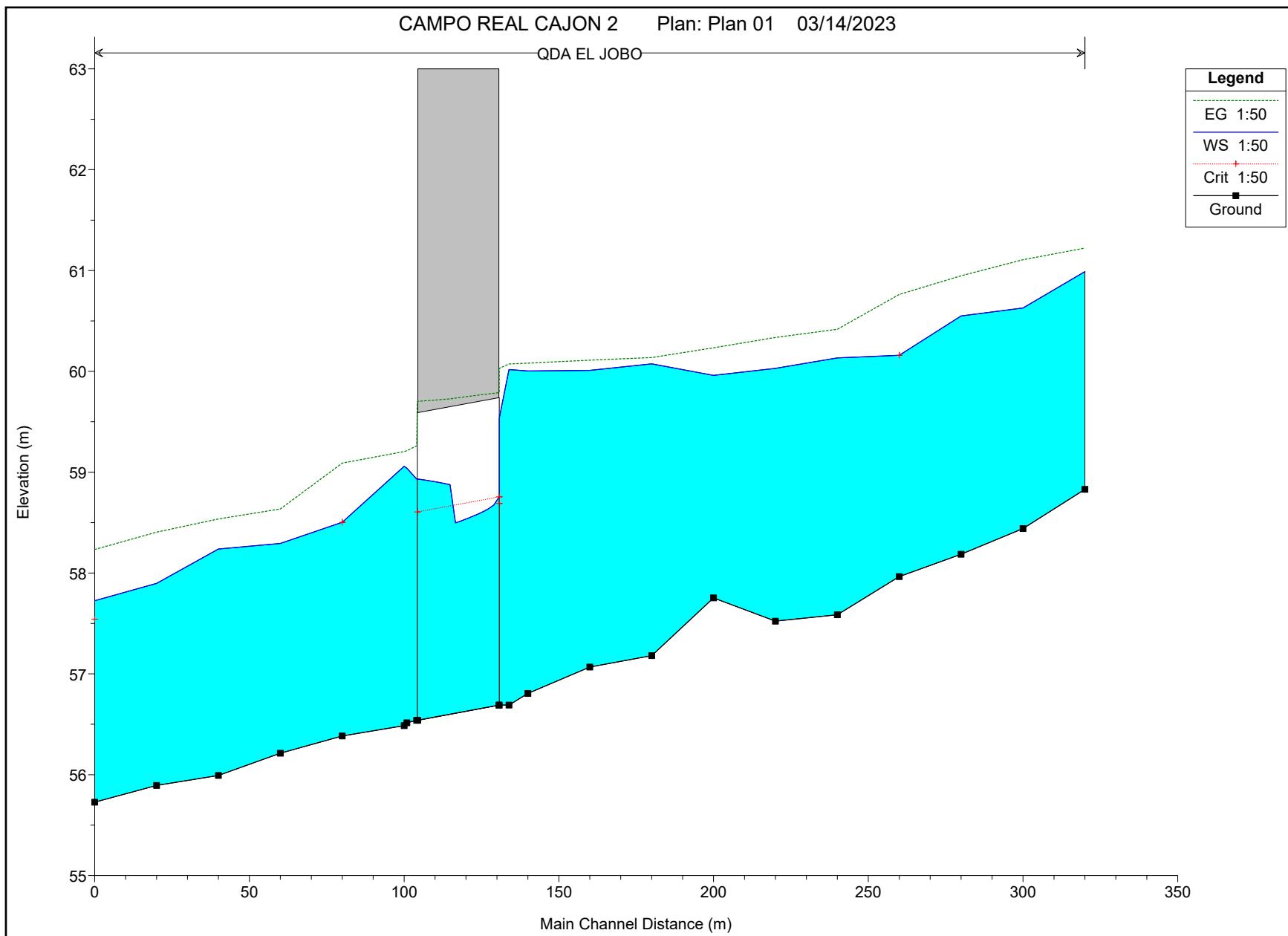
Lugar:	<b>Penonomé</b>	Proyecto:	<b>URB. CAMPO REAL</b>
Tramo:	<b>QDA EL JOBO</b>	Revestimiento:	<b>CONCRETO</b>
<b>Datos:</b>			
Caudal (Q):	<b>28.37</b> m <sup>3</sup> /s	Perímetro (p):	<b>7.7116</b> m
Ancho de solera (b):	<b>3.05</b> m	Radio hidráulico (R):	<b>0.9218</b> m
Talud (Z):	<b>0</b>	Velocidad (v):	<b>3.9908</b> m/s
Rugosidad (n):	<b>0.013</b>	Energía específica (E):	<b>3.1425</b> m-Kg/Kg
Pendiente (S):	<b>0.003</b> m/m	Tipo de flujo:	
		<b>Subcrítico</b>	
<b>Resultados:</b>			
Tirante normal (y):	<b>2.3308</b> m	Perímetro (p):	<b>7.7116</b> m
Área hidráulica (A):	<b>7.1089</b> m <sup>2</sup>	Radio hidráulico (R):	<b>0.9218</b> m
Espejo de agua (T):	<b>3.0500</b> m	Velocidad (v):	<b>3.9908</b> m/s
Número de Froude (F):	<b>0.8346</b>	Energía específica (E):	<b>3.1425</b> m-Kg/Kg
Tipo de flujo:			
<b>Subcrítico</b>			

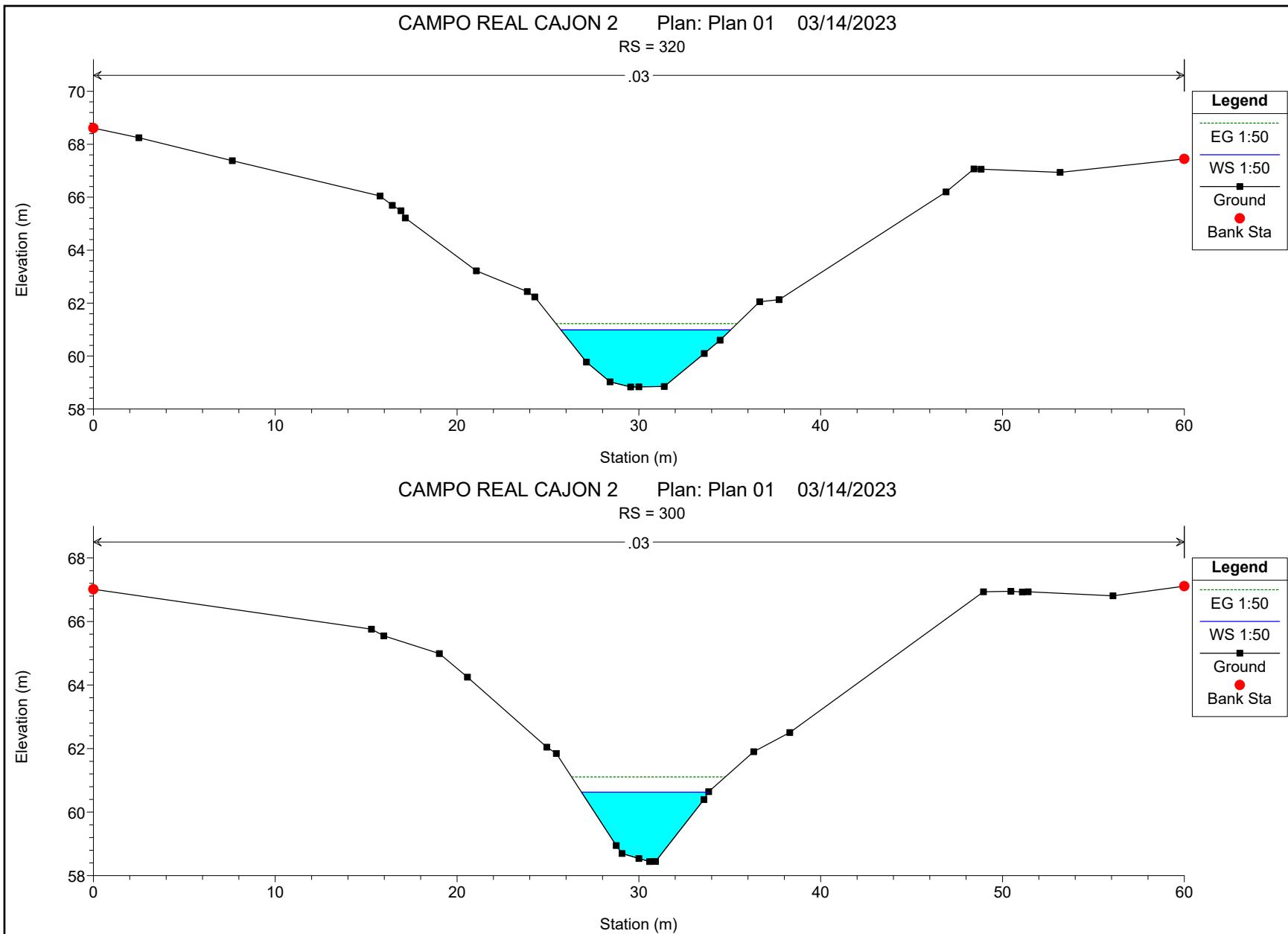


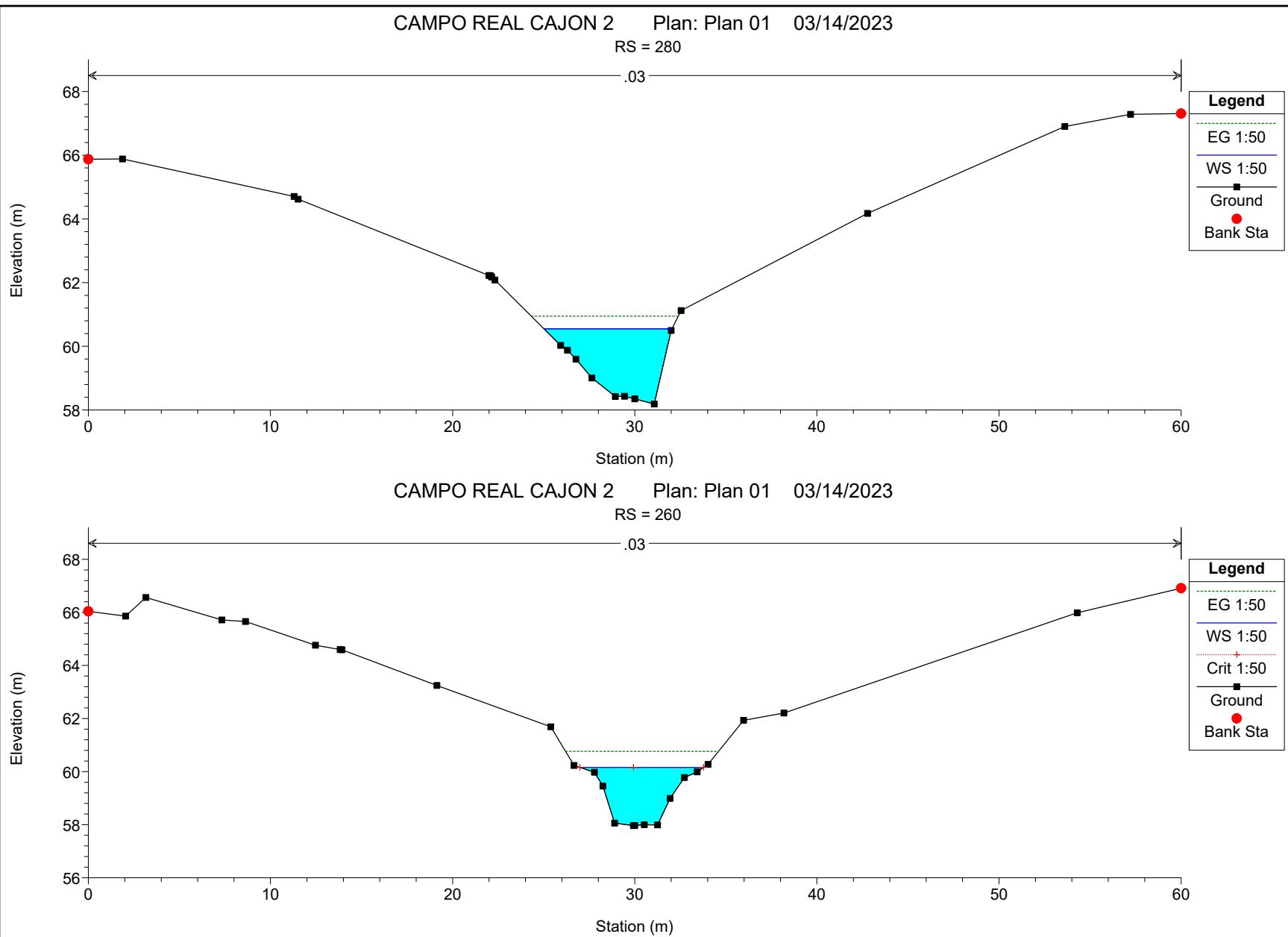
CAMPO REAL CAJON 2 Plan: Plan 01 03/14/2023

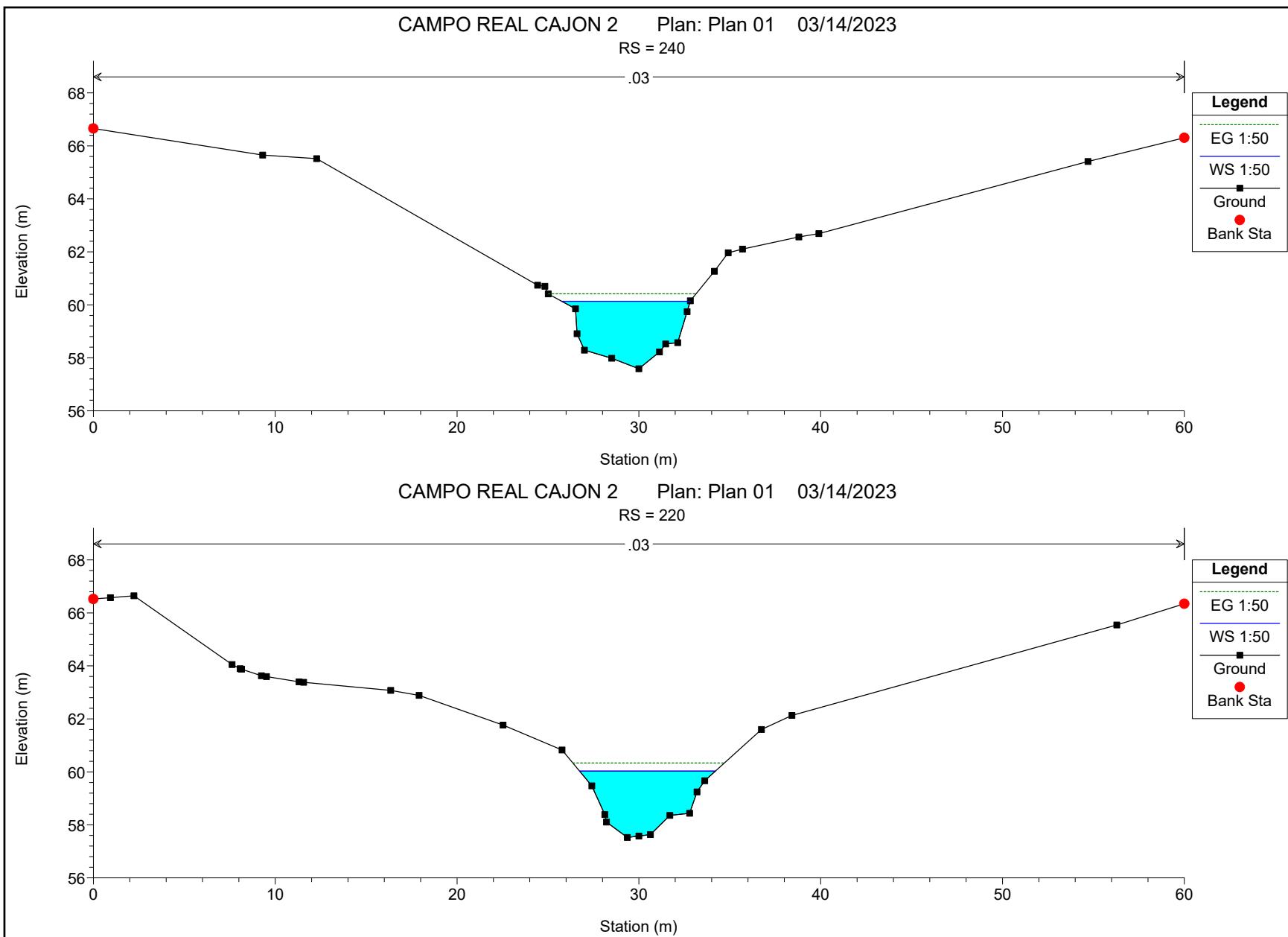
Legend
WS 1:50
Ground
Bank Sta
Ineff

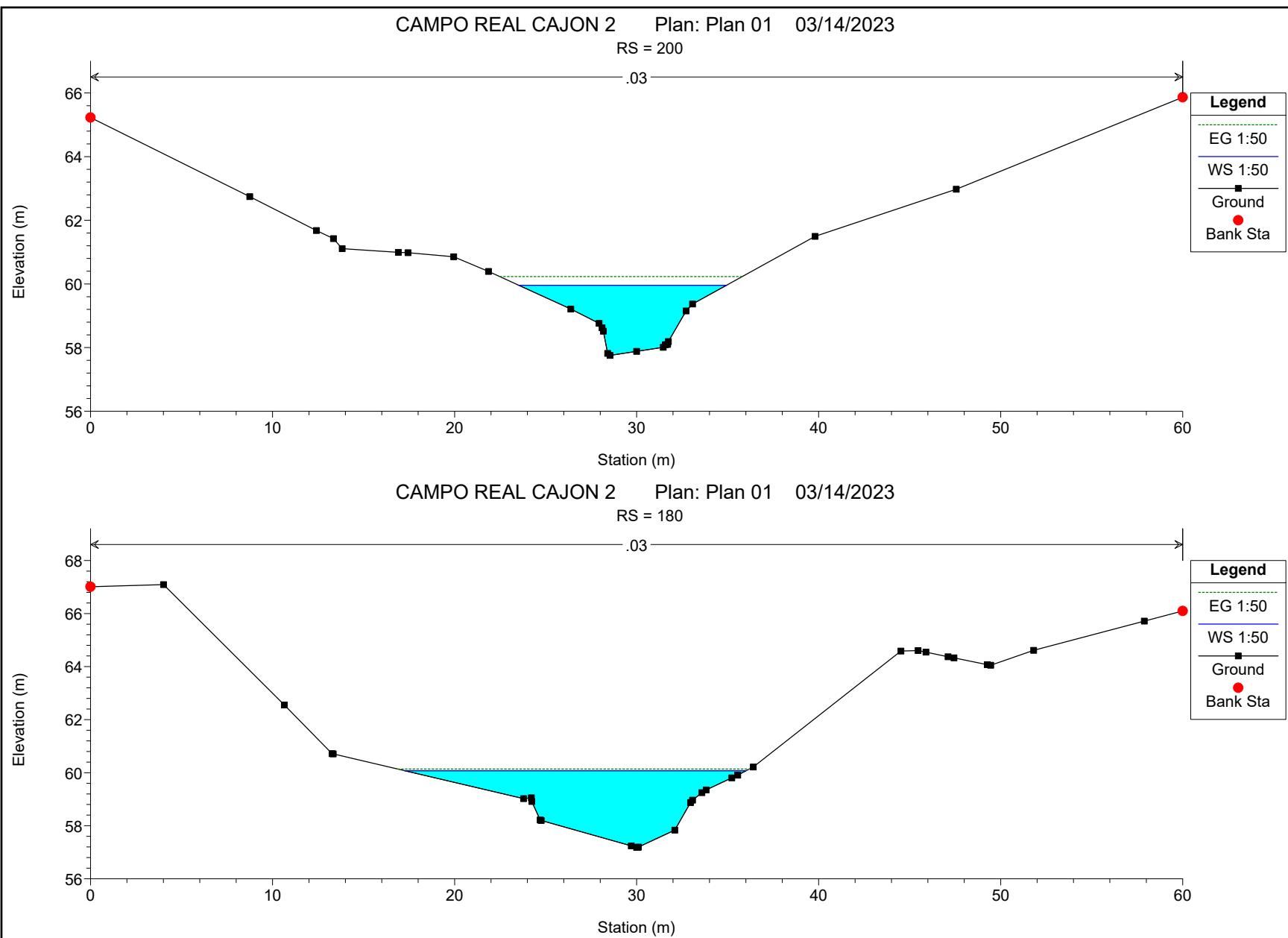


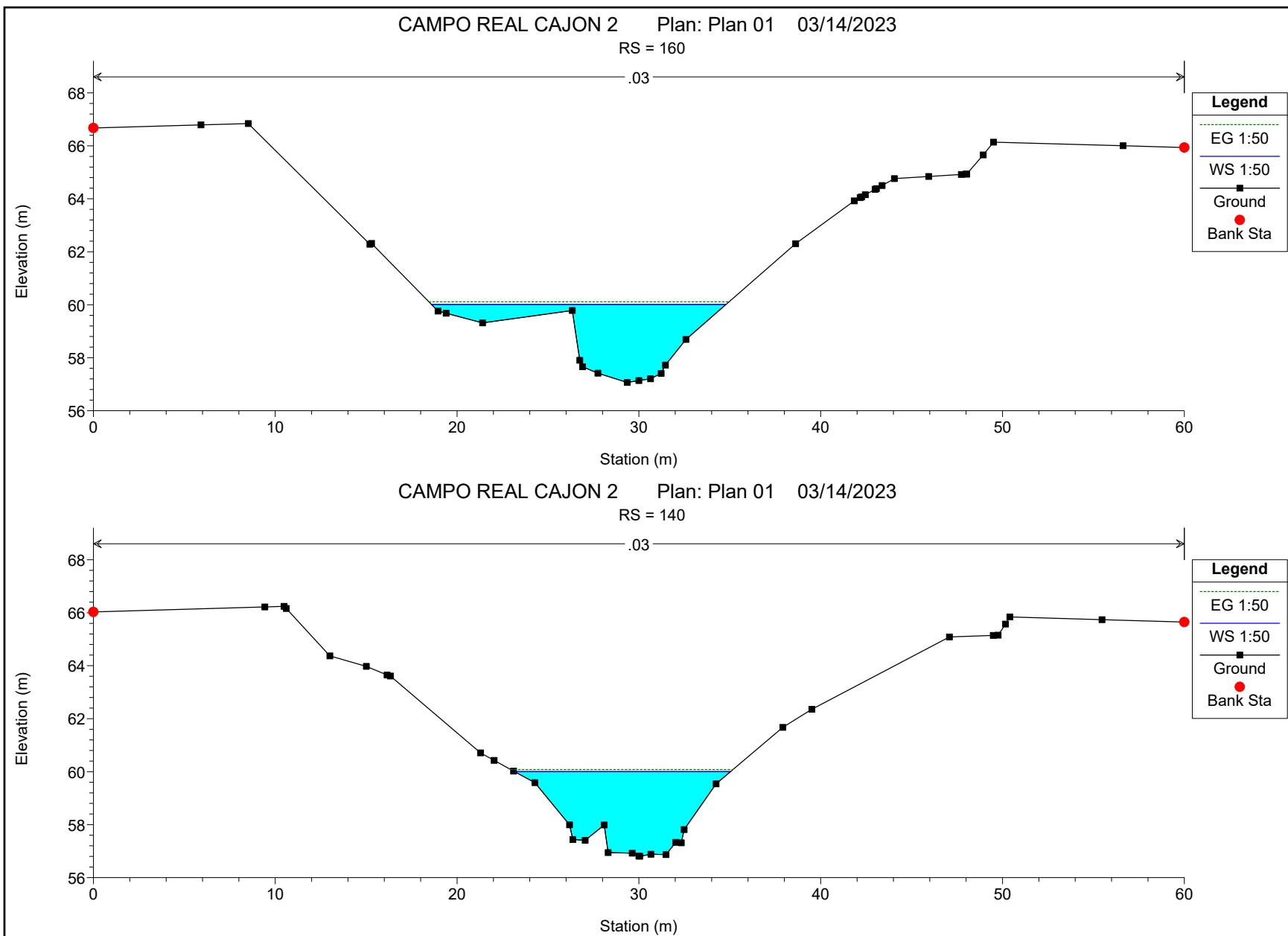


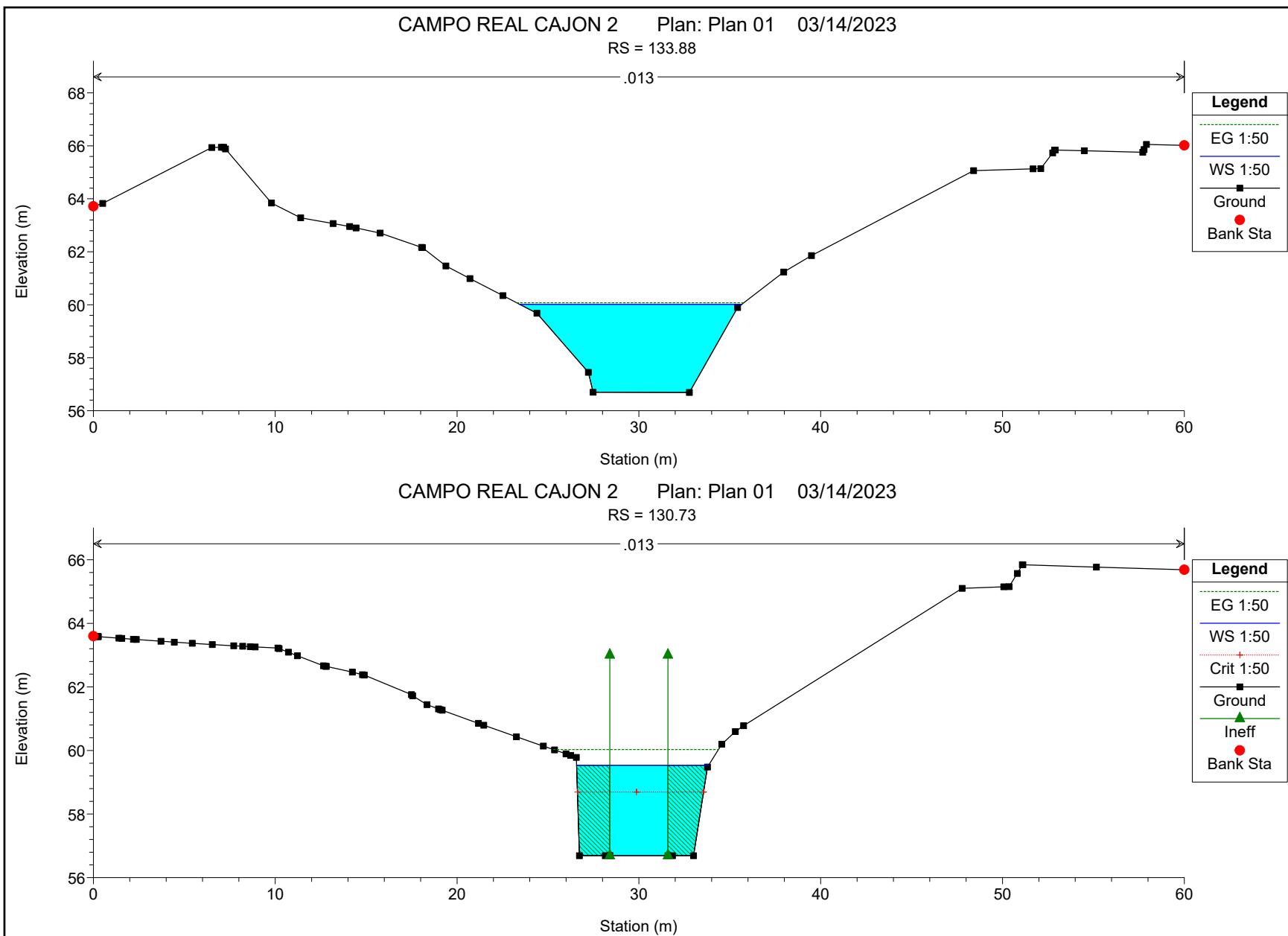


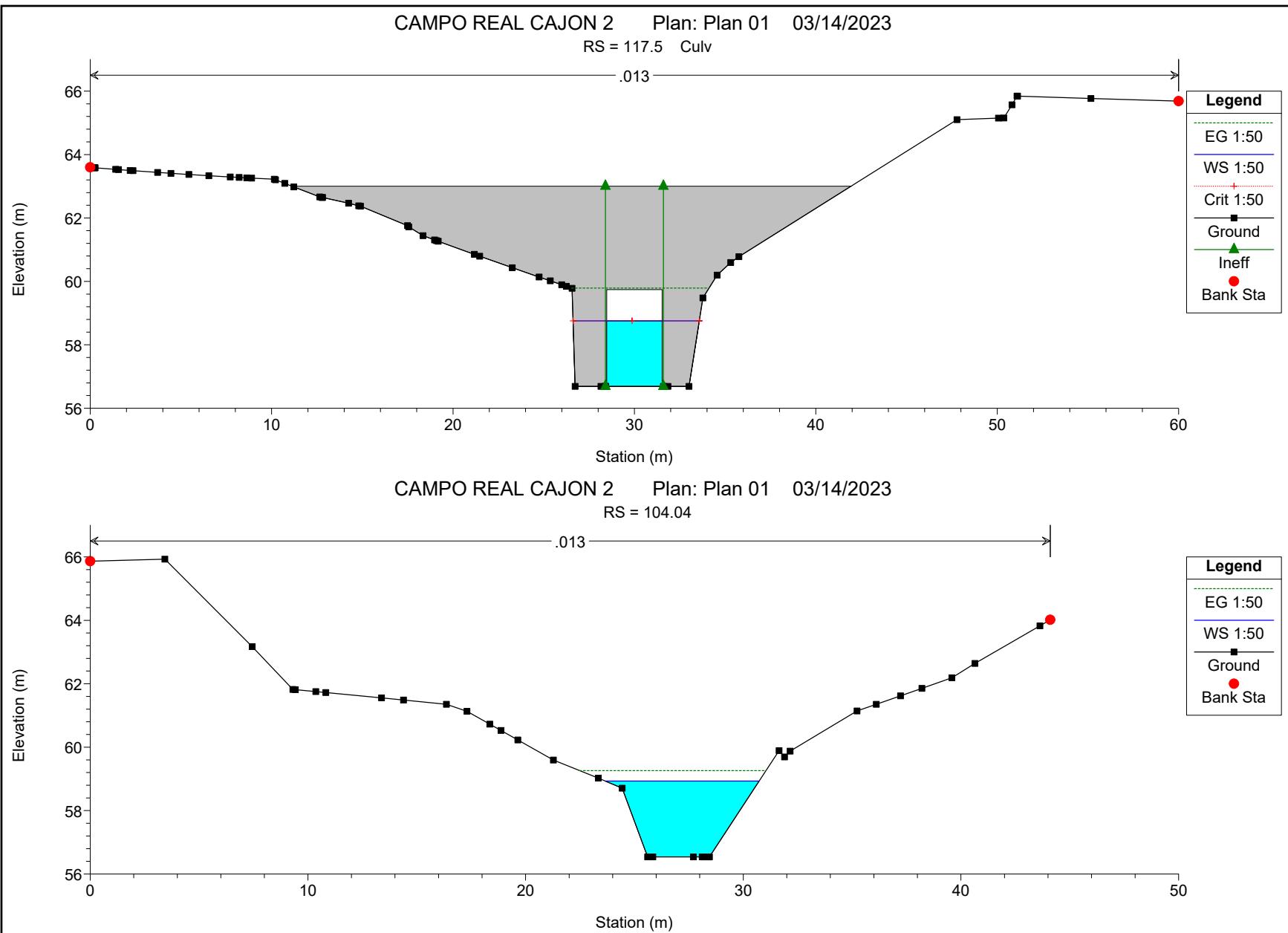


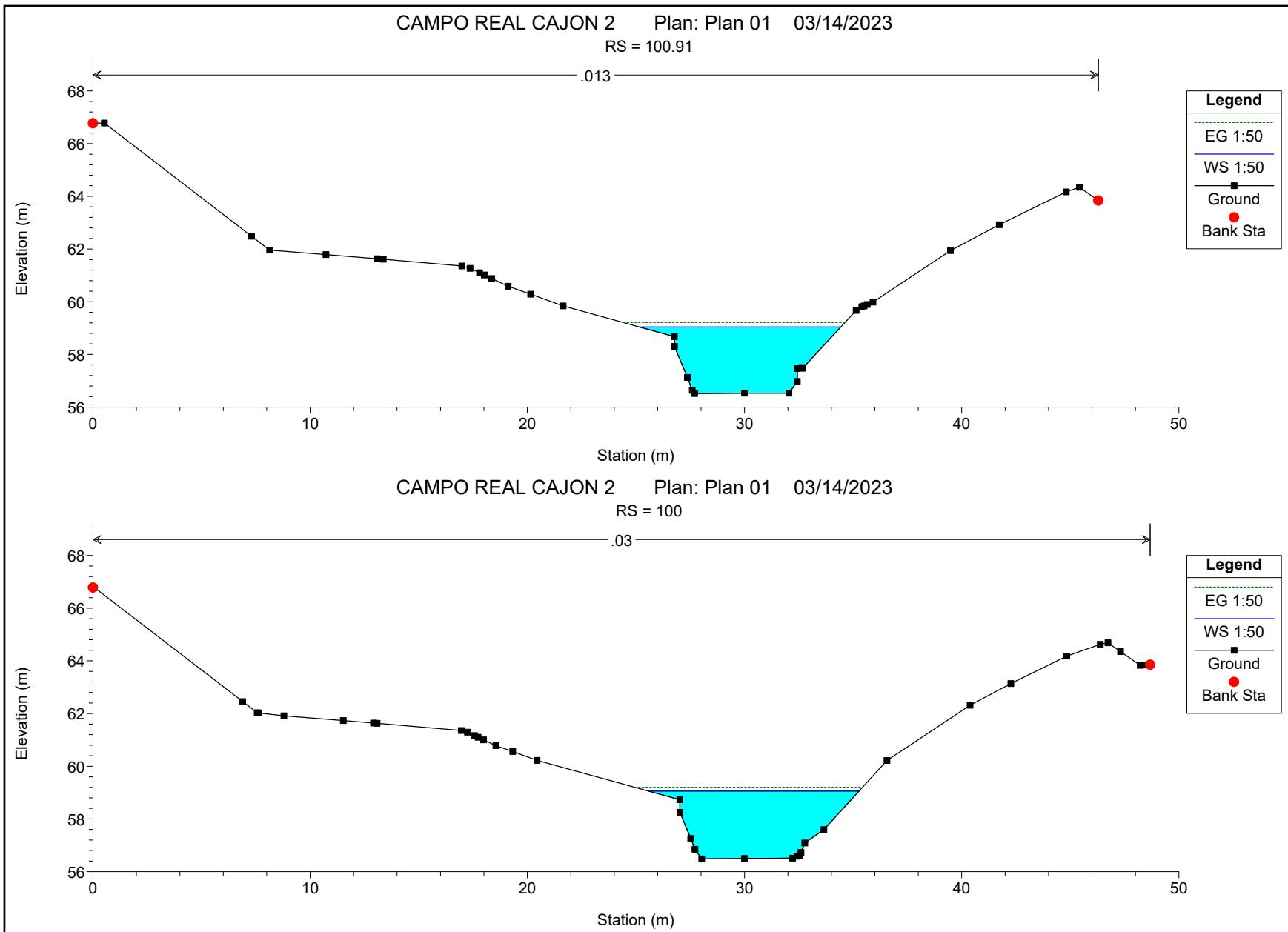


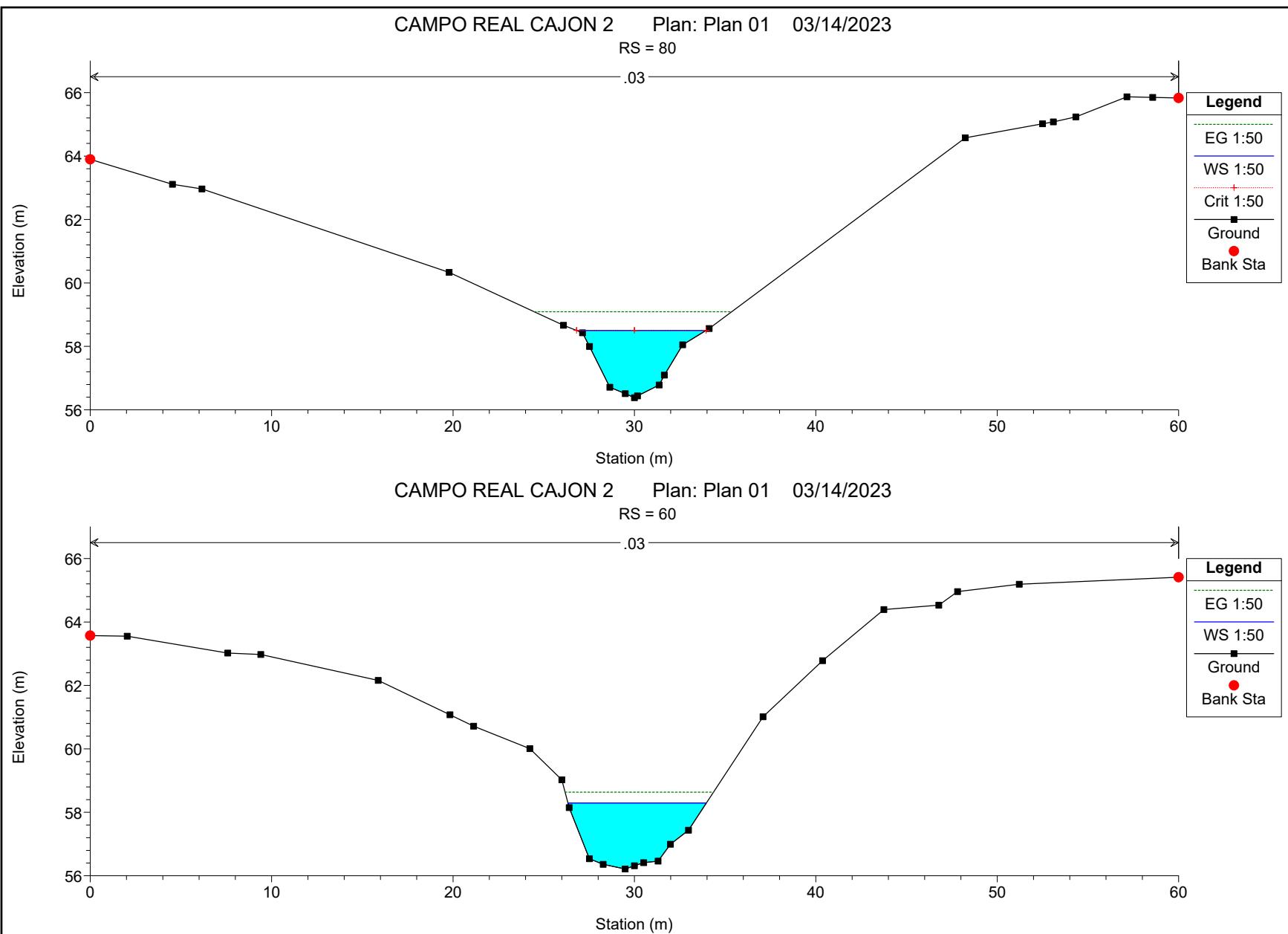


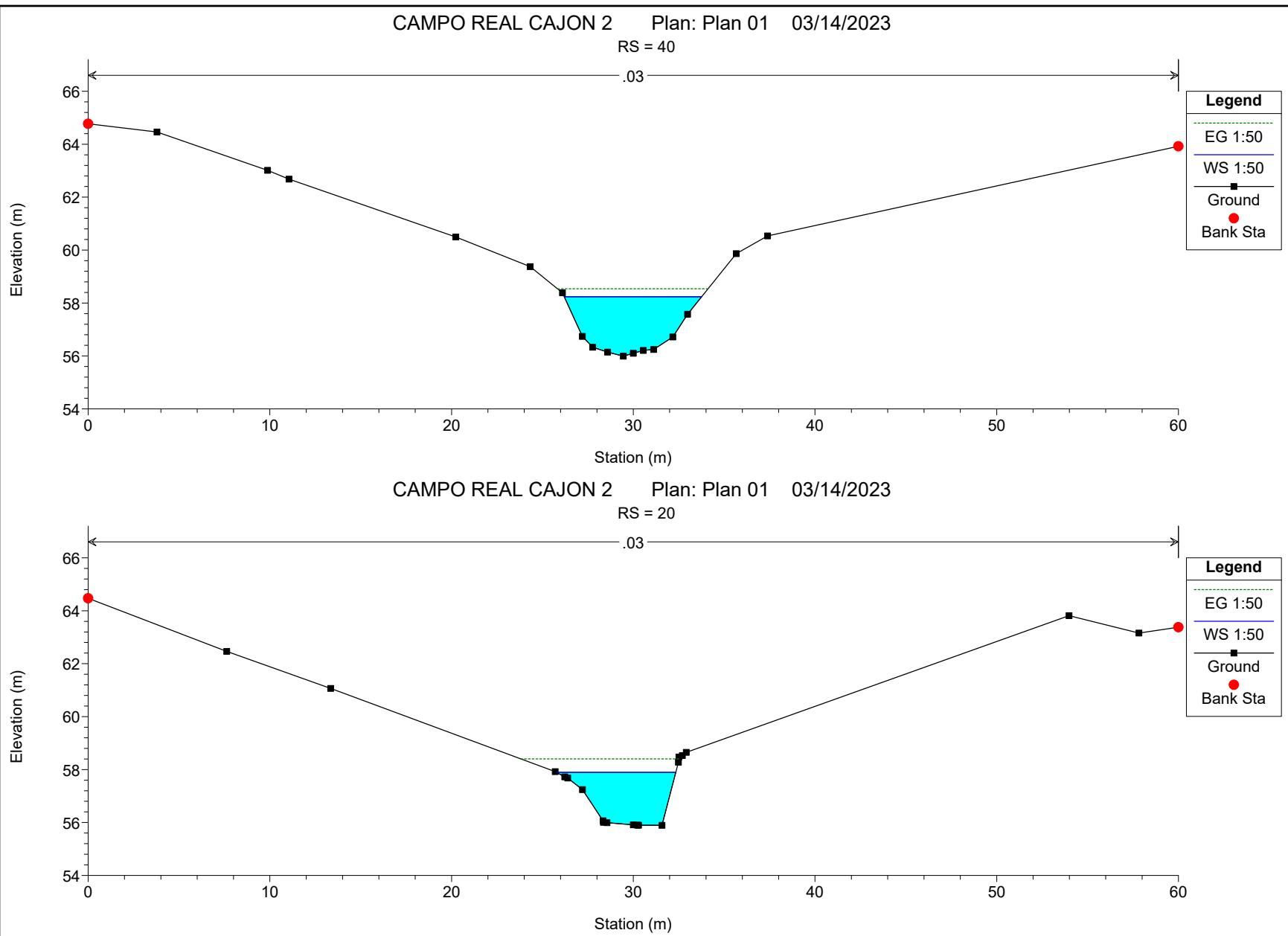








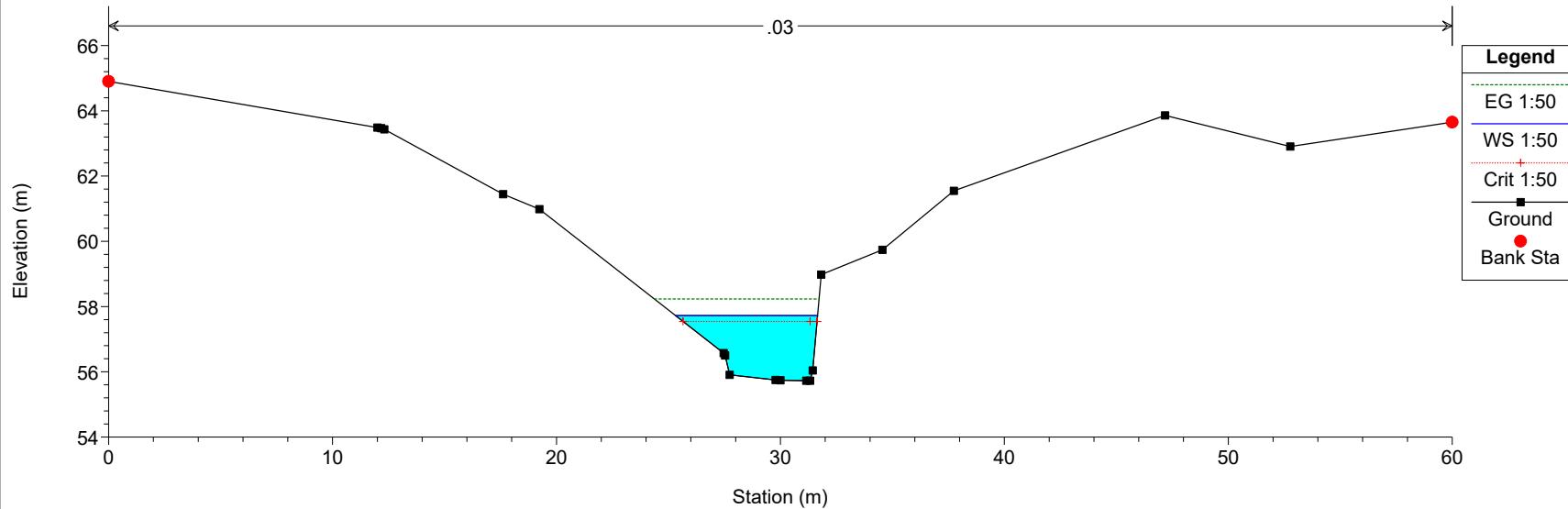




CAMPO REAL CAJON 2 Plan: Plan 01 03/14/2023

RS = 0

.03



## VIII. Conclusiones

- Se podrá utilizar, para su diseño y construcción de edificaciones, niveles mayores, pero no menores a los calculados, para un periodo de retorno de 1:50 años.
- El nivel de terracería propuesto, nos representa un factor de seguridad de 1.50 m mínimo sobre el nivel de aguas máximas extraordinarias, en este caso es mayor.
- EL cajón propuesto ha sido diseñado para un período de retorno de 1:50 años de acuerdo a las normas de aprobación de planos del MOP.
- El nivel de aguas máximas esperado (NAME), nos indica la referencia para establecer los niveles de terracería a utilizar.